

3D-Druck

David Jäckel

Jugend Hackt

20. 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

- ▶ 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)

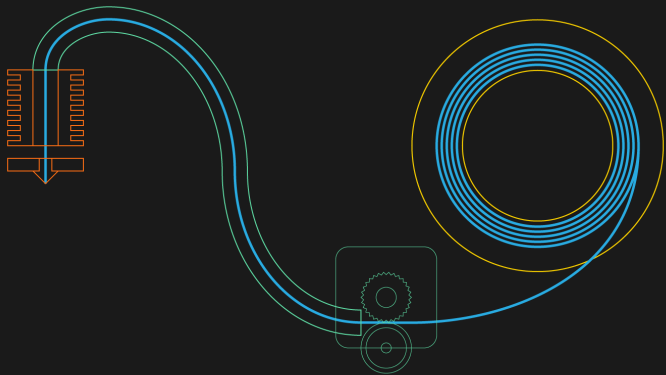
- ▶ **FDM** ist markenrechtlich geschützt
- ▶ Auch als **FFF** (Fused Filament Fabrication) bezeichnet.
- ▶ Schichtweises Auftragen von geschmolzenem Filament durch heiße Düse.
- ▶ Anwendung:
 - ▶ Rapid prototyping
 - ▶ Rapid tooling

FDM (Fused Deposition Modeling)

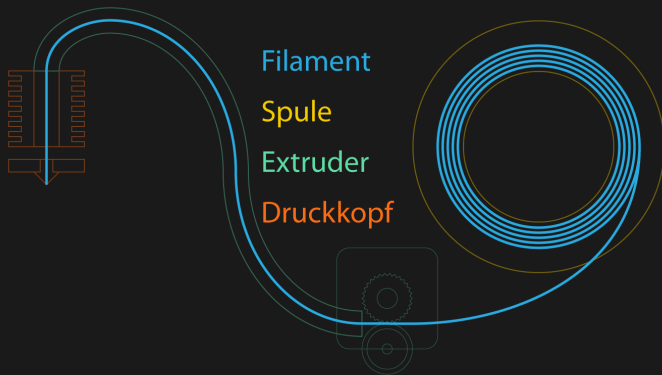
- ▶ **FDM** ist markenrechtlich geschützt
- ▶ Auch als **FFF** (Fused Filament Fabrication) bezeichnet.
- ▶ Schichtweises Auftragen von geschmolzenem Filament durch heiße Düse.
- ▶ Anwendung:
 - ▶ Rapid prototyping
 - ▶ Rapid tooling
- ▶ Materialien:
 - ▶ Kunststoffe (thermoplaste)

video

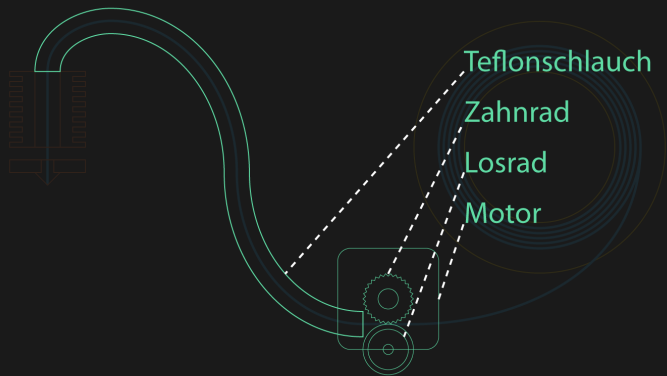
Wie funktioniert ein Drucker?



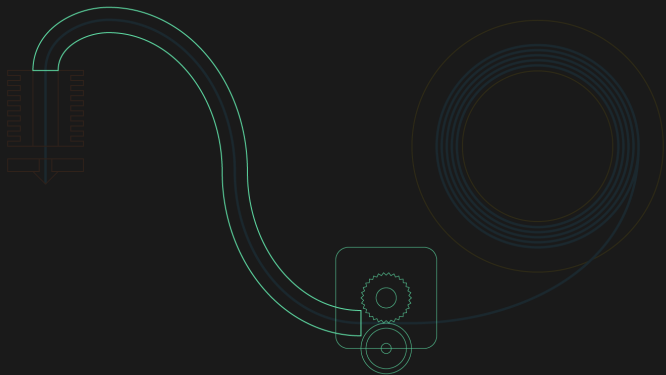
Wie funktioniert das mit dem Filament?



Bowden Extruder

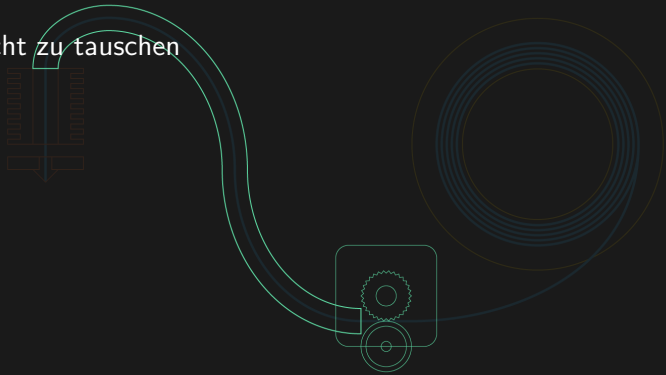


Bowden Extruder



Bowden Extruder

- ▶ Leicht zu tauschen



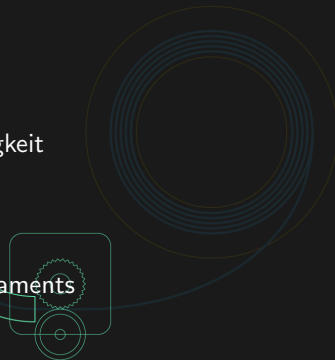
Bowden Extruder

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



Bowden Extruder

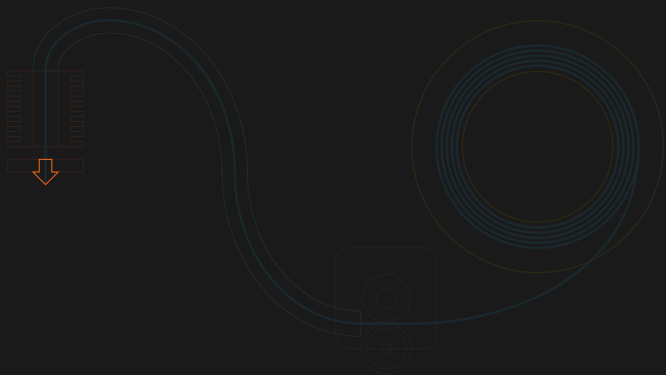
- ▶ Leicht zu tauschen
- ▶ Weniger Masse am Druckkopf
 - ▶ Schnellere Bewegungen
 - ▶ Schnellere Druckgeschwindigkeit
 - ▶ Höhere Genauigkeit
- ▶ Langer Bowdentube
 - ▶ Reibung
 - ▶ Dehnung/Stauchung des Filaments



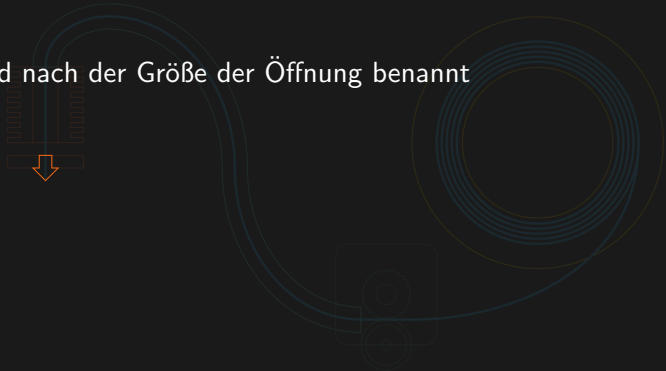
Druckkopf



Nozzle

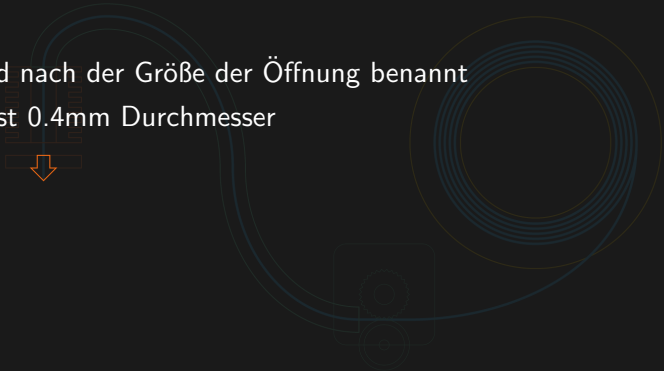


- ▶ Wird nach der Größe der Öffnung benannt



Nozzle

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

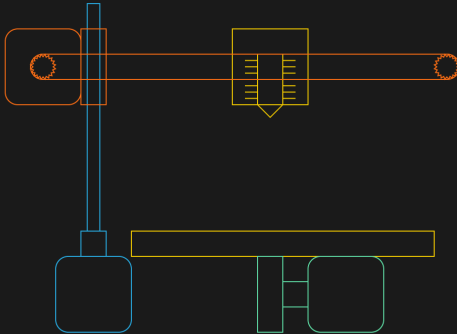


Nozzle

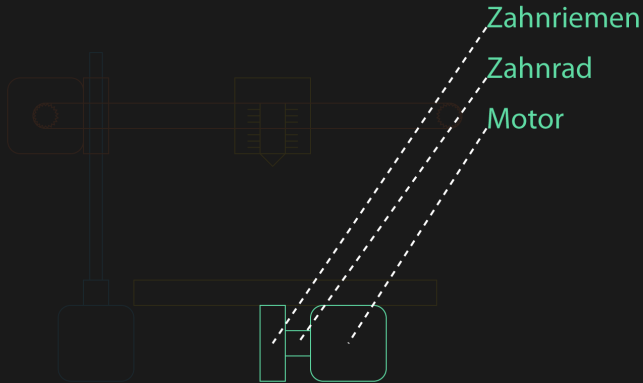
- ▶ Wird nach der Größe der Öffnung benannt
- ▶ Meist 0.4mm Durchmesser
- ▶ Gibt Schichtdicke und Wandbreite vor

- ▶ 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

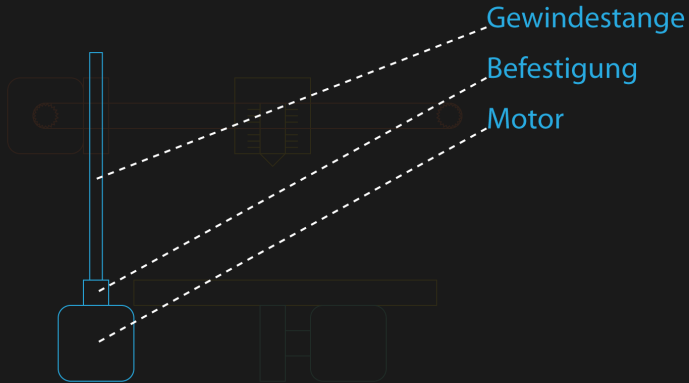
Wie wird der Druckkopf bewegt?



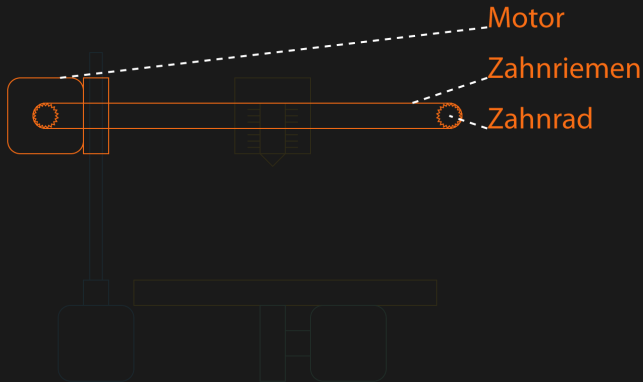
Y-Achse

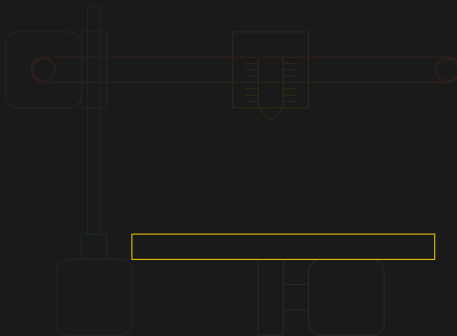


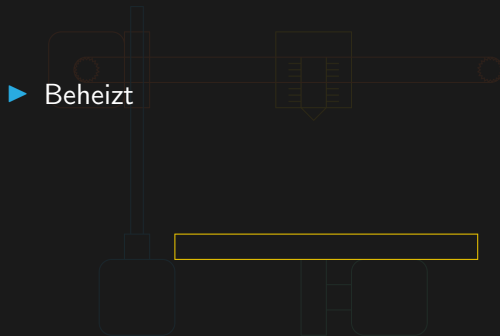
Z-Achse



X-Achse

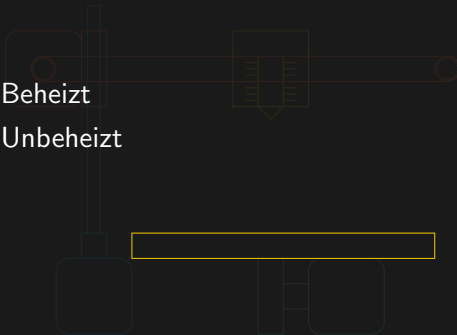


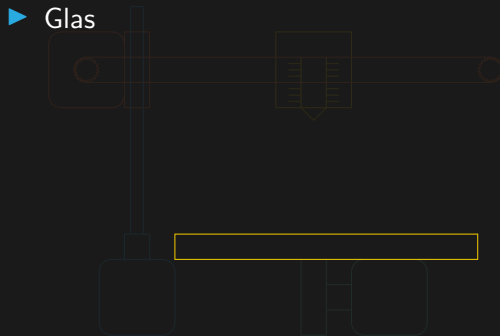




Druckbett

- ▶ Beheizt
- ▶ Unbeheizt

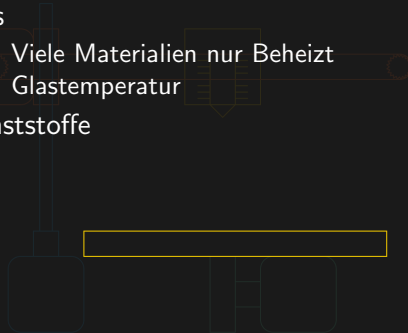




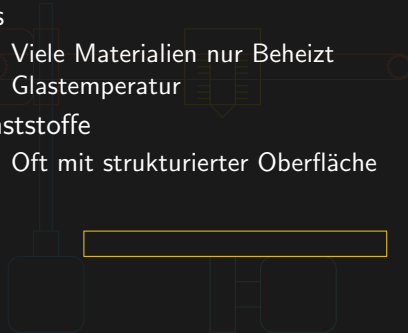
- ▶ Glas
 - ▶ Viele Materialien nur Beheizt
 - ▶ Glastemperatur



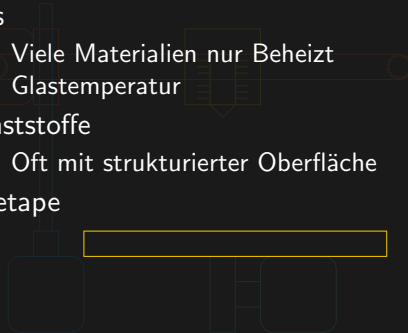
- ▶ Glas
 - ▶ Viele Materialien nur Beheizt
 - ▶ Glastemperatur
- ▶ Kunststoffe



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

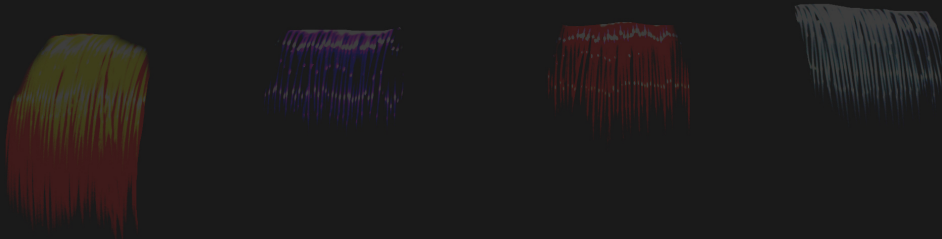


- ▶ Glas
 - ▶ Viele Materialien nur Beheizt
 - ▶ Glastemperatur
- ▶ Kunststoffe
 - ▶ Oft mit strukturierter Oberfläche
- ▶ Bluetape



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

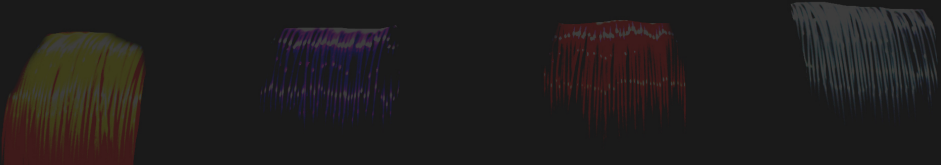
Was ist Filament?



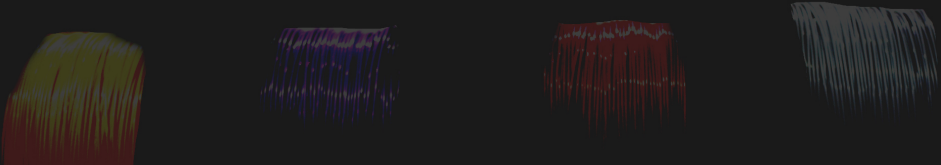
Was ist Filament?

- ▶ Ein faden aus Thermoplastischem Kunststoff

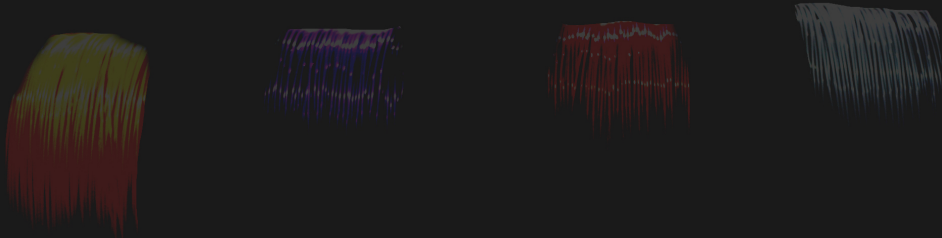
Was ist Filament?

- 
- ▶ 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

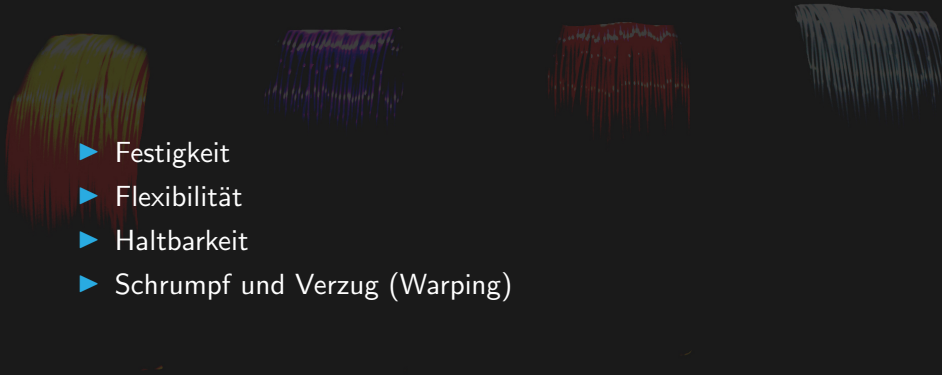
Physikalische Eigenschaften

- ▶ Festigkeit
- ▶ Flexibilität

Physikalische Eigenschaften

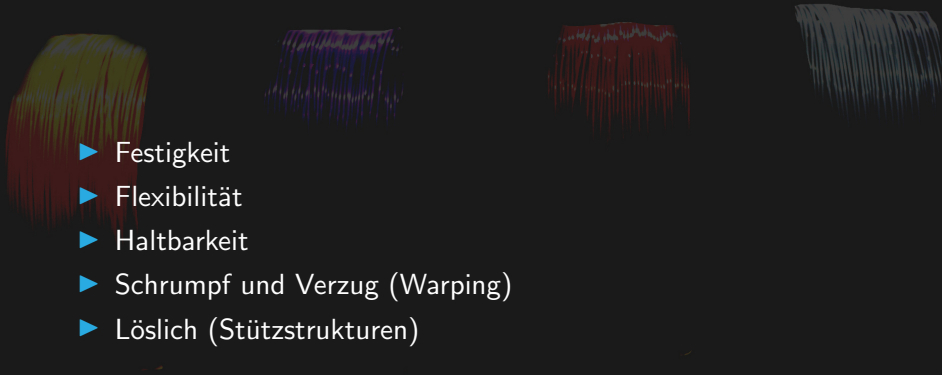
- ▶ Festigkeit
- ▶ Flexibilität
- ▶ Haltbarkeit

Physikalische Eigenschaften



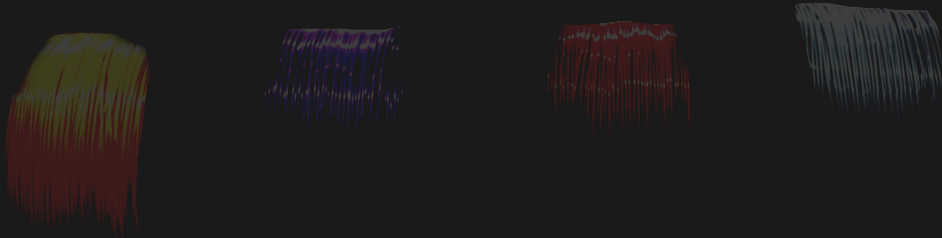
- ▶ Festigkeit
- ▶ Flexibilität
- ▶ Haltbarkeit
- ▶ Schrumpf und Verzug (Warping)

Physikalische Eigenschaften

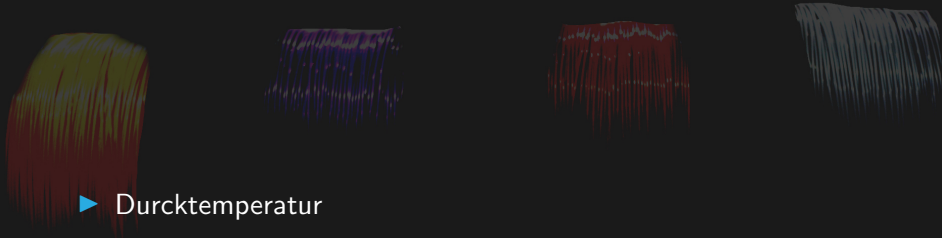


- ▶ Festigkeit
- ▶ Flexibilität
- ▶ Haltbarkeit
- ▶ Schrumpf und Verzug (Warping)
- ▶ Löslich (Stützstrukturen)

Verarbeitungseigenschaften

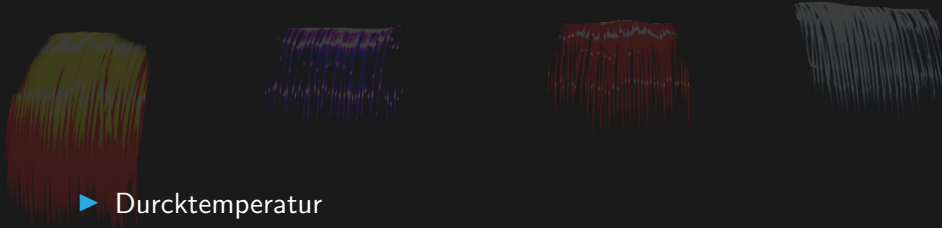


Verarbeitungseigenschaften



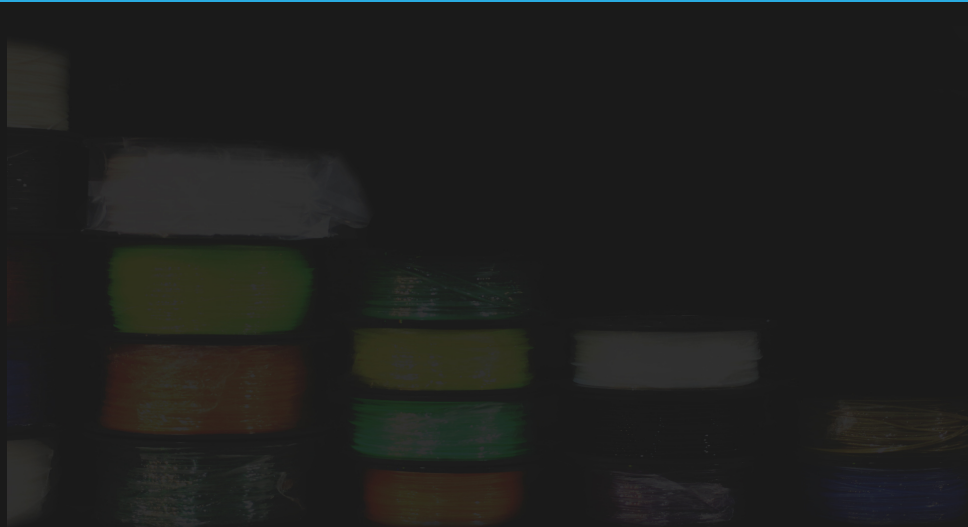
► Drucktemperatur

Verarbeitungseigenschaften



- ▶ Drucktemperatur
- ▶ Glasktemperatur/Druckbetttemperatur

PLA

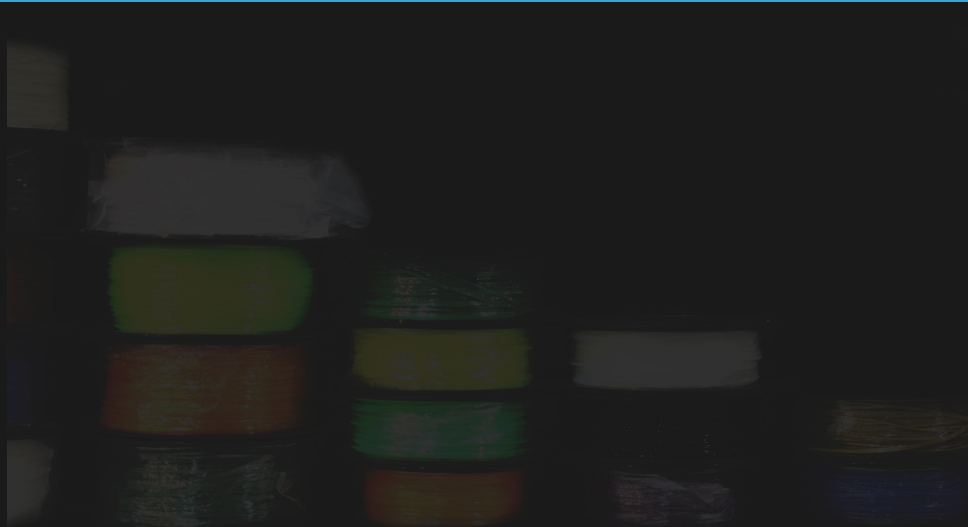


- ▶ Das am häufigsten verwendete Filament

- ▶ 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

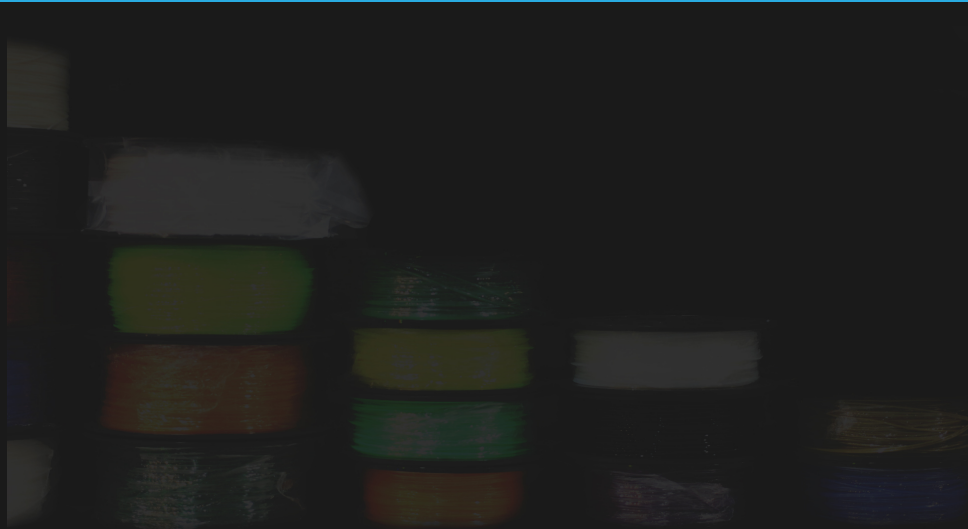
Eigenschaften



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

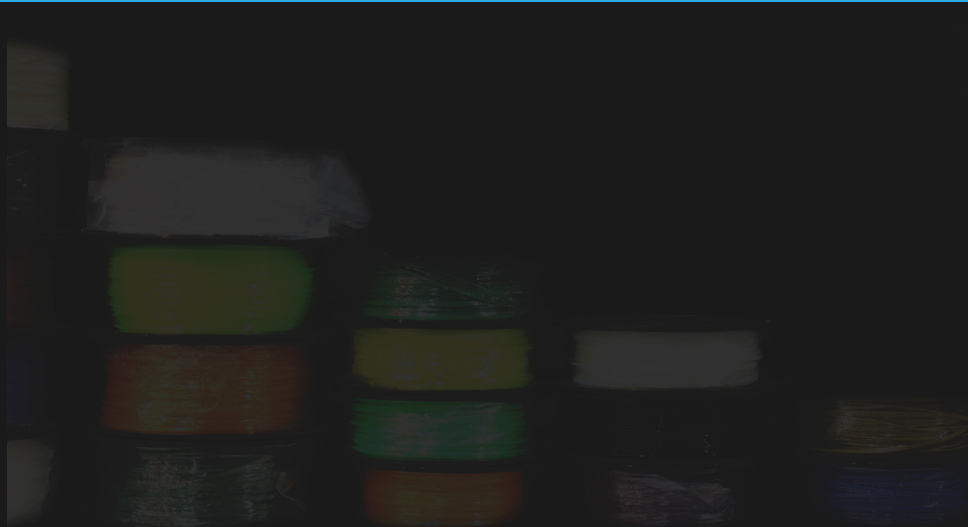


- ▶ Robuster Kunststoff

- ▶ 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

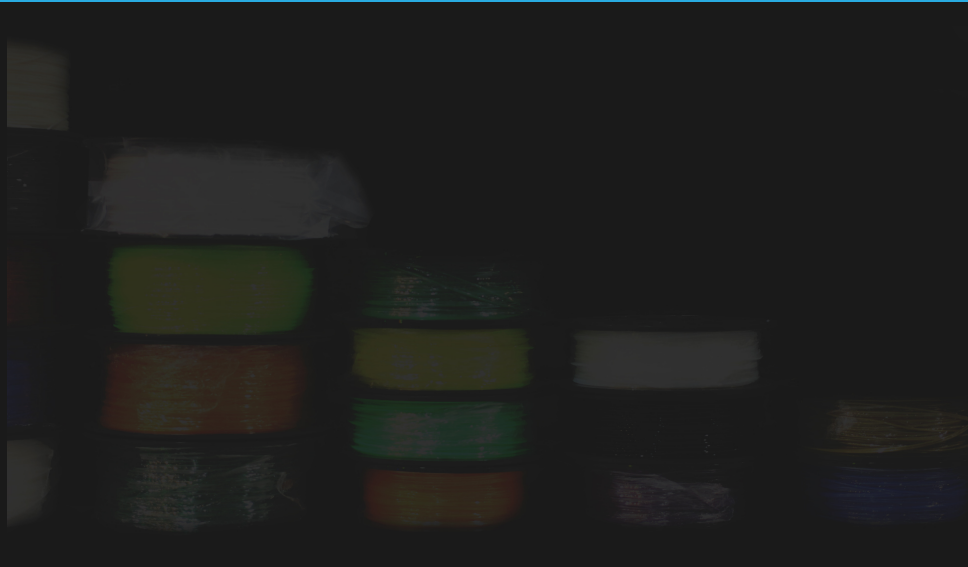
Eigenschaften



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



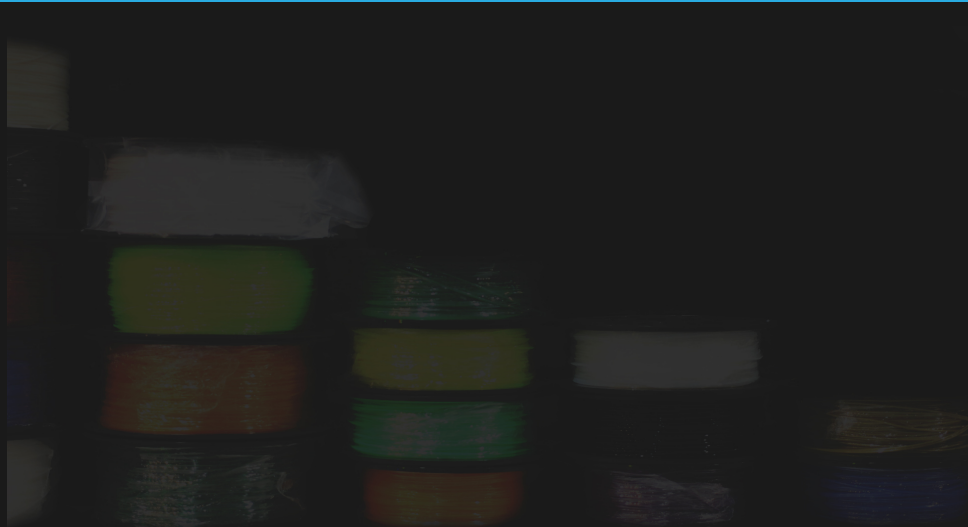
- ▶ Lebensmittelsicherheit fraglich (hormonaktive Eigenschaften?)

- ▶ 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)

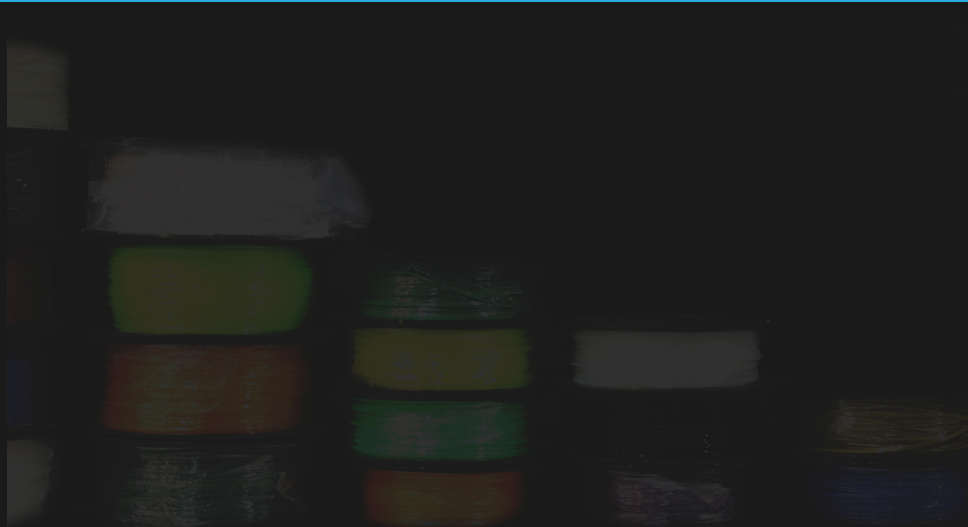
Eigenschaften



Eigenschaften

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

TPU



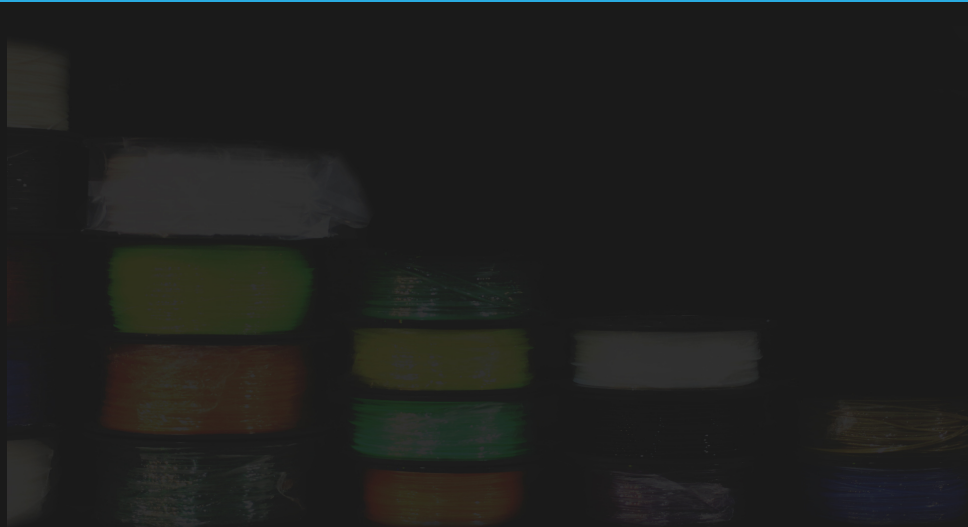
- ▶ Eine Form der Polyurethane

- ▶ 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?



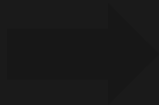
3D Programm



3D Programm



► Modellierungsprogramm

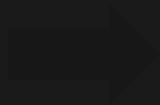


3D Programm

3D Programm

- ▶ Modellierungsprogramm

- ▶ Blender



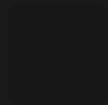
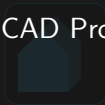
3D Programm

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

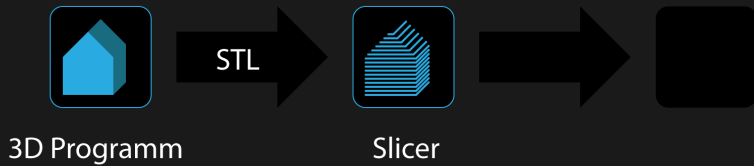
- ▶ Modellierungsprogramm
 - ▶ Blender
- ▶ CAD Programm
 - ▶ FreeCAD
- ▶ Objektbibliothek
 - ▶ Thingiverse

STL Datei



3D Programm





► Vorbereitung für den Druck

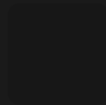


3D Programm

STL

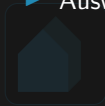


Slicer



- ▶ Vorbereitung für den Druck

- ▶ Auswahl des Druckers



3D Programm

STL

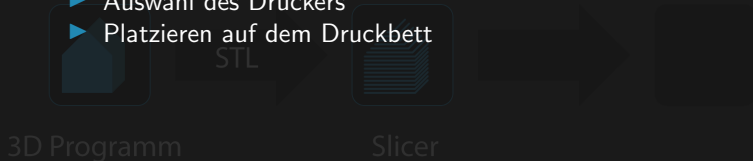


Slicer



- ▶ 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

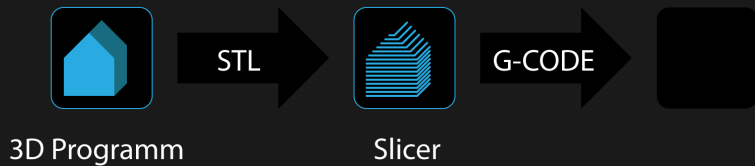
- ▶ Vorbereitung für den Druck
 - ▶ Auswahl des Druckers
 - ▶ Platzieren auf dem Druckbett
 - ▶ Einstellen der Schichtdicke
 - ▶ Einstellen der Parameter für das Filament

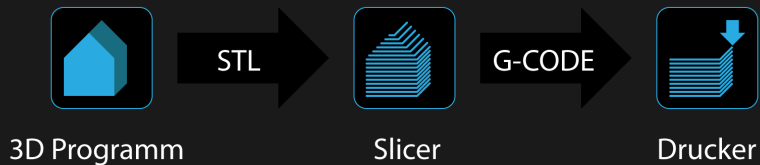
3D Programm

Slicer

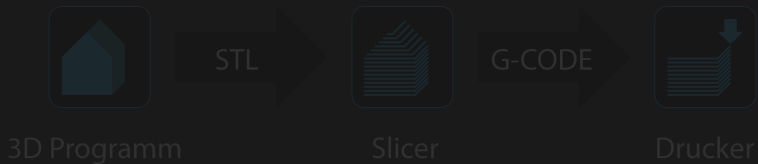
- ▶ Vorbereitung für den Druck
 - ▶ Auswahl des Druckers
 - ▶ Platzieren auf dem Druckbett
 - ▶ Einstellen der Schichtdicke
 - ▶ Einstellen der Parameter für das Filament
 - ▶ Steuerkommandos für den jeweiligen Drucker

G-Code Datei



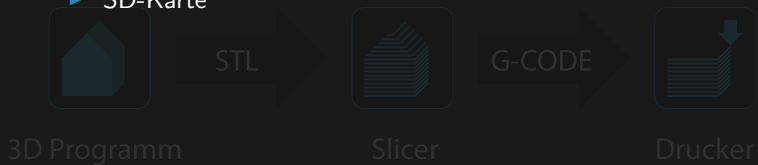


► Übertragen der G-Code Datei



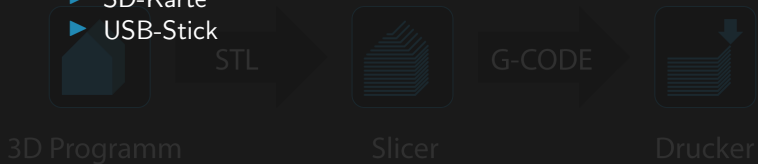
- ▶ Übertragen der G-Code Datei

- ▶ SD-Karte



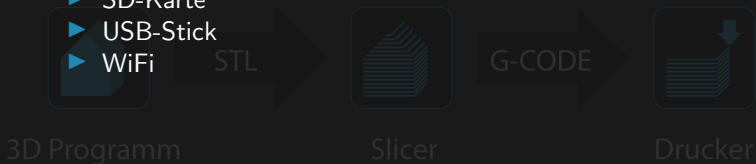
- ▶ Übertragen der G-Code Datei

- ▶ 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!

