

MINT4SCHOOL – BEGEISTERUNG FÜR 3D-DRUCK



BEGEISTERUNG FÜR 3D-DRUCK

- Diese Präsentation gibt einen grundlegenden Einblick in das Thema 3D-Druck. Es wird erklärt, was 3D-Druck ist und woraus ein solcher Drucker besteht. Danach wird gezeigt, wie der Ablauf von einer Idee zum fertigen Druckteil ist.
- Anschließend laden Anleitungen zum Nachmachen und selbst Ausprobieren ein und Daten können heruntergeladen werden.
- Die Präsentation wird durch diverse externe Videos unterstützt

BEGEISTERUNG FÜR 3D-DRUCK - INHALTE

- FH CAMPUS 02 – Automatisierungstechnik
- Additive Fertigung
- Funktionsweise eines 3D-Druckers
- Der Druckprozess
- Videotutorials zum Nachmachen
- Hard- und Software für den 3D-Druck

FH CAMPUS 02

A modern building with a large sign that says "CAMPUS". The building has a curved facade and is surrounded by greenery. The sign is in a white box with a black border. The building is supported by two large, angled concrete pillars. The foreground is a grassy area with some trees and a fence. The sky is blue with some clouds.

CAMPUS

FH CAMPUS 02 – der akademische Weg

CAMPUS 02



FH CAMPUS 02 – Studienrichtungen

-  AUTOMATISIERUNGSTECHNIK
-  INNOVATIONSMANAGEMENT
-  INFORMATIONSTECHNOLOGIEN & WIRTSCHAFTSINFORMATIK
-  RECHNUNGSWESEN & CONTROLLING
-  MARKETING & SALES

FH CAMPUS 02

AUTOMATISIERUNGS- TECHNIK

FH CAMPUS 02 – Studienrichtung AT

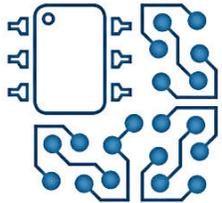


Welche
3 Disziplinen
vereint die
Automatisierungstechnik



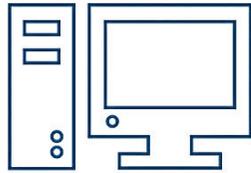
FH CAMPUS 02 – Automatisierungstechnik

 berufsbegleitend – praxisorientiert - individualisierbar



ELEKTRONIK

+



INFORMATIK

+



MASCHINENBAU

=



ERFOLG IN DER WIRTSCHAFT

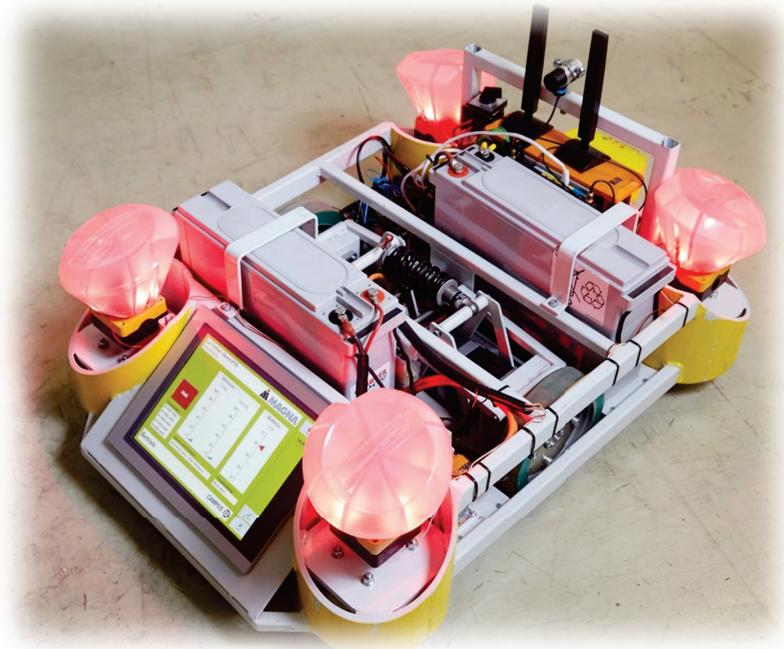


 Bachelor – 6 Semester (BSc)

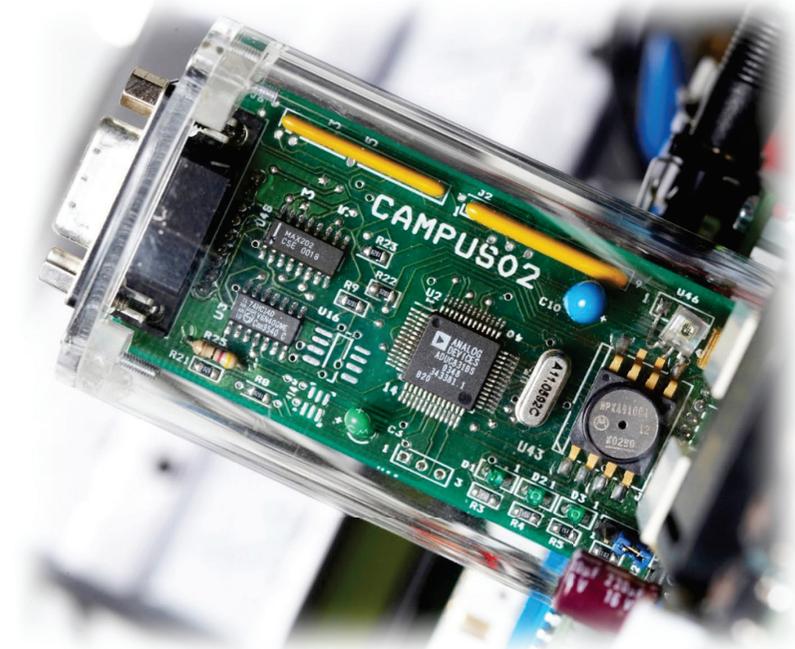
 Master – 3 Semester (DI)

FH CAMPUS 02 – Automatisierungstechnik

Praxisbeispiele



fahrerloser Transportwagen



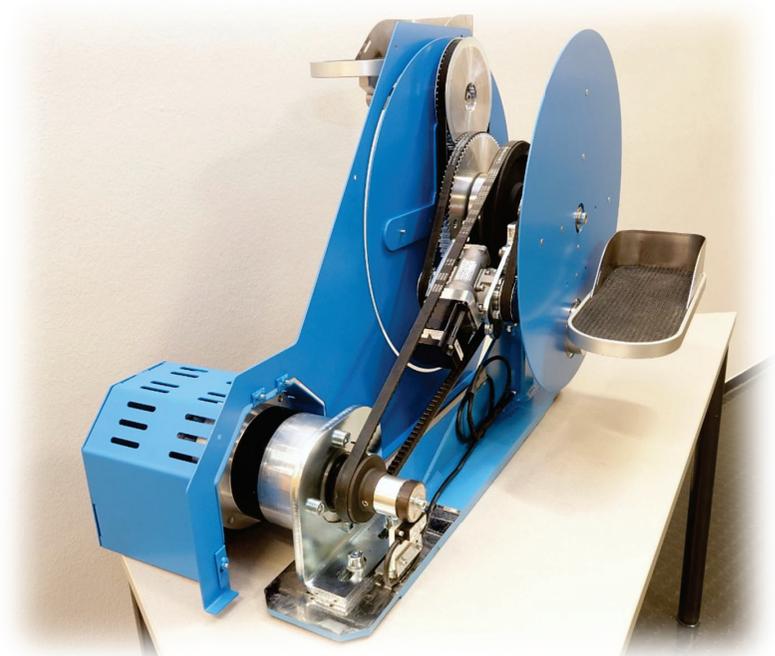
Platine (Eigenanfertigung)

FH CAMPUS 02 – Automatisierungstechnik

Praxisbeispiele



3D-gedruckte Roboter-Greifbacken



therapeutische Fahrrad-Bandsäge

FH CAMPUS 02 – Automatisierungstechnik

Praxisbeispiele



Funktionsprototyp - Prozessentwicklung



Robotik

FH CAMPUS 02 – Automatisierungstechnik



FH CAMPUS 02 – Automatisierungstechnik

Fachbereich Maschinenbau

- erfolgreiche Umsetzung von mechatronischen Projekten im Automatisierungslabor
- Entwicklung von Versuchsaufbauten und Demonstratoren mittels virtueller Methoden und Simulation
- Rapid-Prototyping-Labor für die schnelle bauliche Umsetzung von Prototypen und Funktionsmuster



DI Dr. Christian GASSER
Lehre und Forschung
*Koordinator Fachbereich
Maschinenbau*



Thomas THIEBET, BSc
Studien- und
Projektassistentz



Florian STANGL, BSc
Studien- und
Projektassistentz

DI DR. TECHN. CHRISTIAN
GASSER

 +43 316 6002-8118

 christian.gasser@campus02.at

 Raumnummer: CR 337

 <https://www.campus02.at/automatisierungstechnik/fe-projekte/fachbereich-maschinenbau/>

ADDITIVE FERTIGUNG

ADDITIVE FERTIGUNG - INHALT

- Im folgenden Kapitel wird die additive Fertigung erklärt und gezeigt, warum man oft Stützmaterial beim Druck benötigt.
- Anhand eines kleinen Modells wird das Ergebnis mit und ohne Stützmaterial gezeigt. Auf Zeitraffer-Videos ist zu erkennen, was das beim Druck bedeutet und was daneben gehen kann.

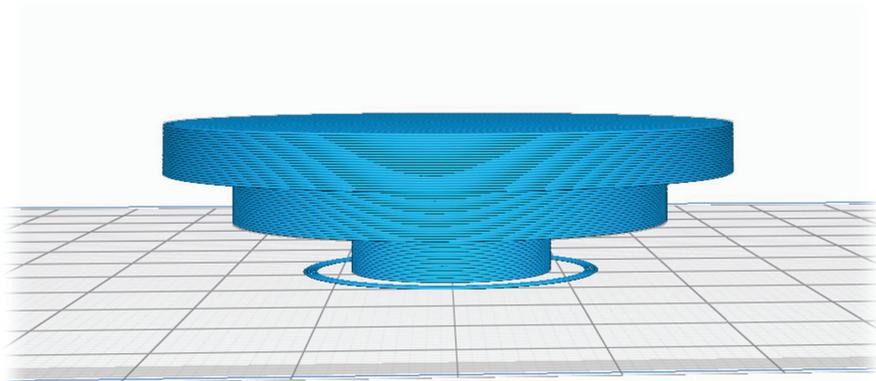
Was ist additive Fertigung? - Schichtaufbau

Die additive Fertigung (englisch: additive manufacturing) ist eine umfassende Bezeichnung für alle Fertigungsverfahren, bei denen dreidimensionale Objekte durch schichtweisen Materialauftrag – vorzugsweise Schichten - entstehen.

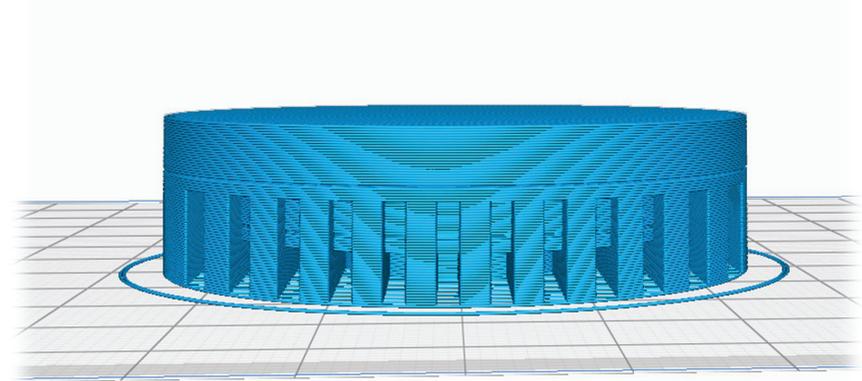


Was ist additive Fertigung? - Support

Durch diesen Schichtaufbau ist es notwendig, überhängende Bereiche mit sogenanntem *Support* zu stützen. Ansonsten wird Material in die Luft gedruckt, was unweigerlich zu einem Druckfehler führt und das Ablösen des Bauteils vom Drucker zu Folge haben kann.



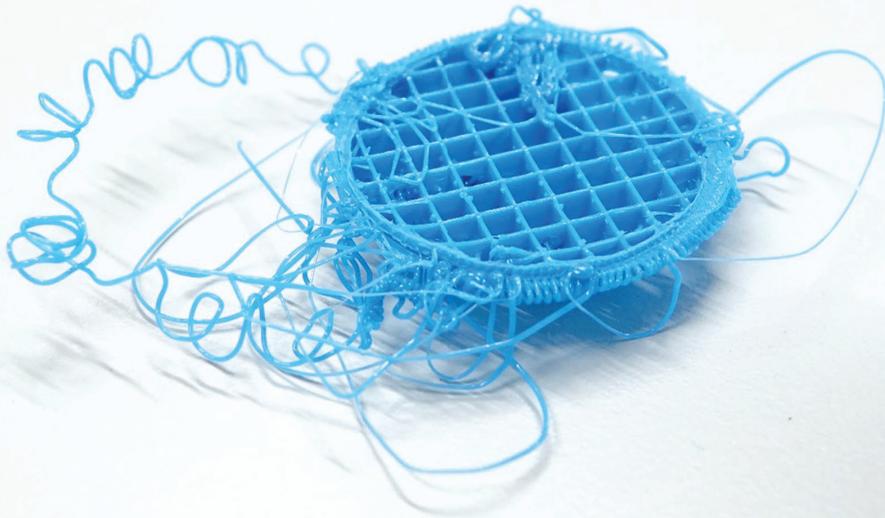
Bauteil ohne Support



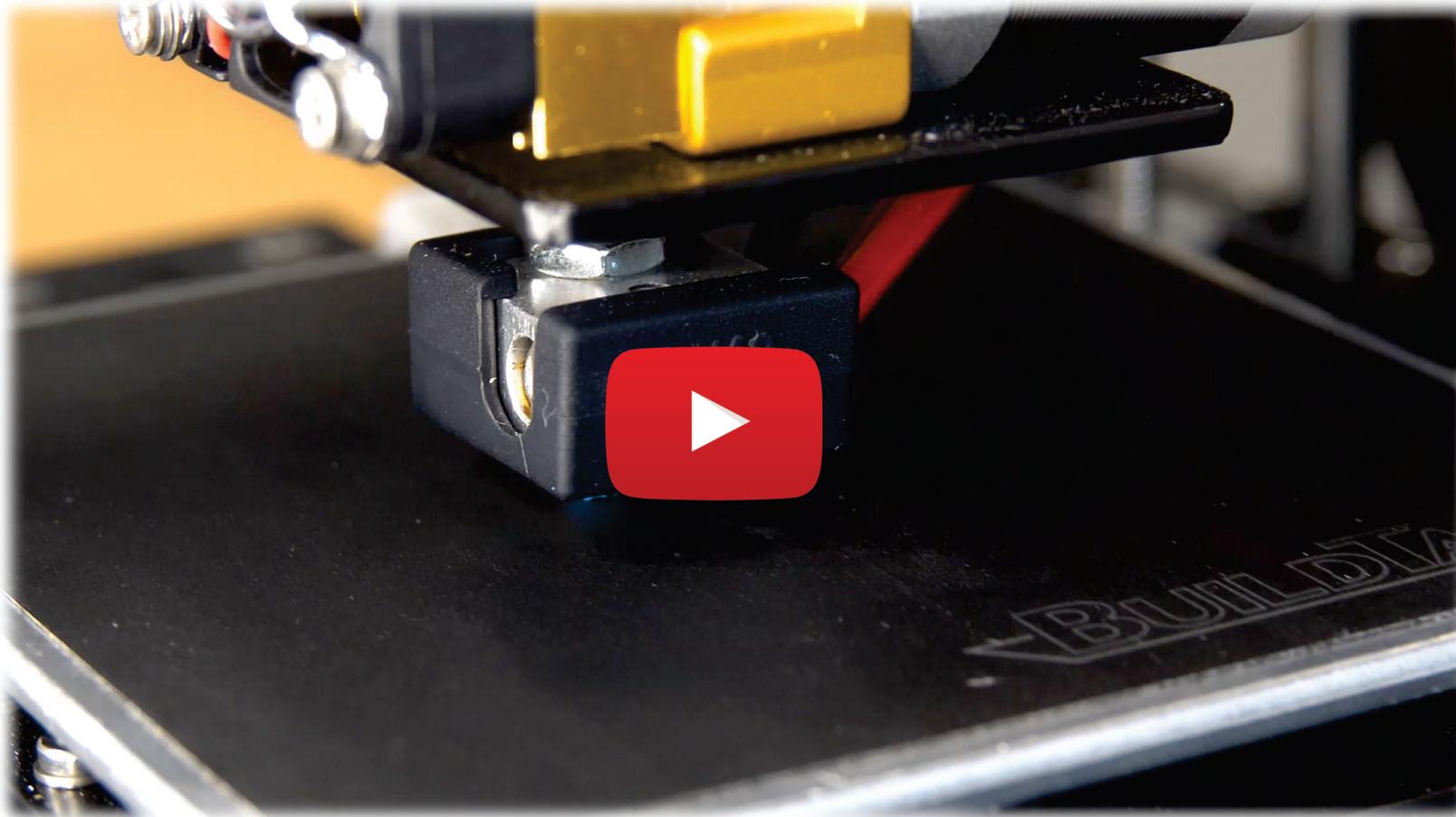
Bauteil mit Support

Was ist additive Fertigung? - Support

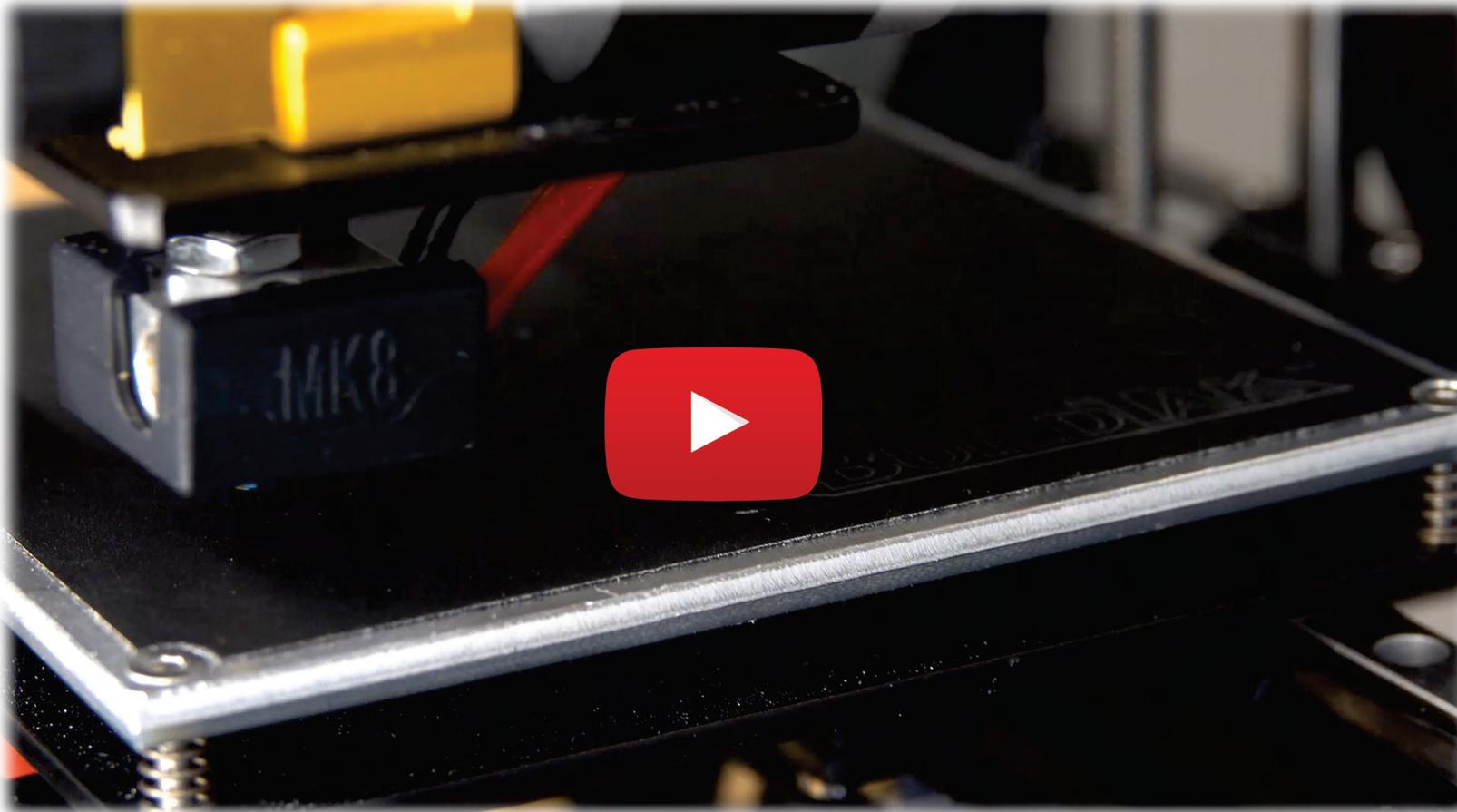
Auf dem Foto unten links ist der Druck ohne den nötigen Support zu sehen. Das Material wurde rundum in die Luft extrudiert und ist unkontrolliert erstarrt. Das Teil wurde dann von der Plattform losgerissen. Auf der rechten Seite ist das gleiche Teil mit Support.



Was ist additive Fertigung? – ohne Support

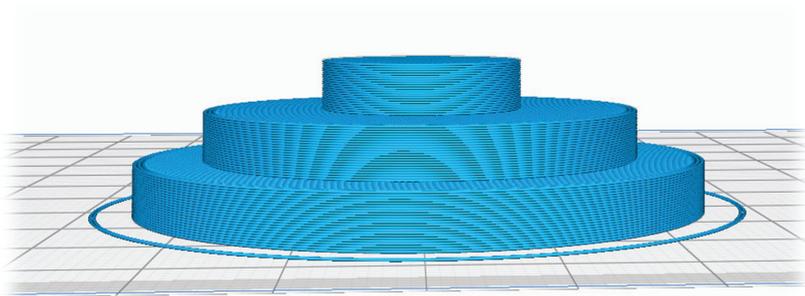


Was ist additive Fertigung? – mit Support



Was ist additive Fertigung? - Ausrichtung

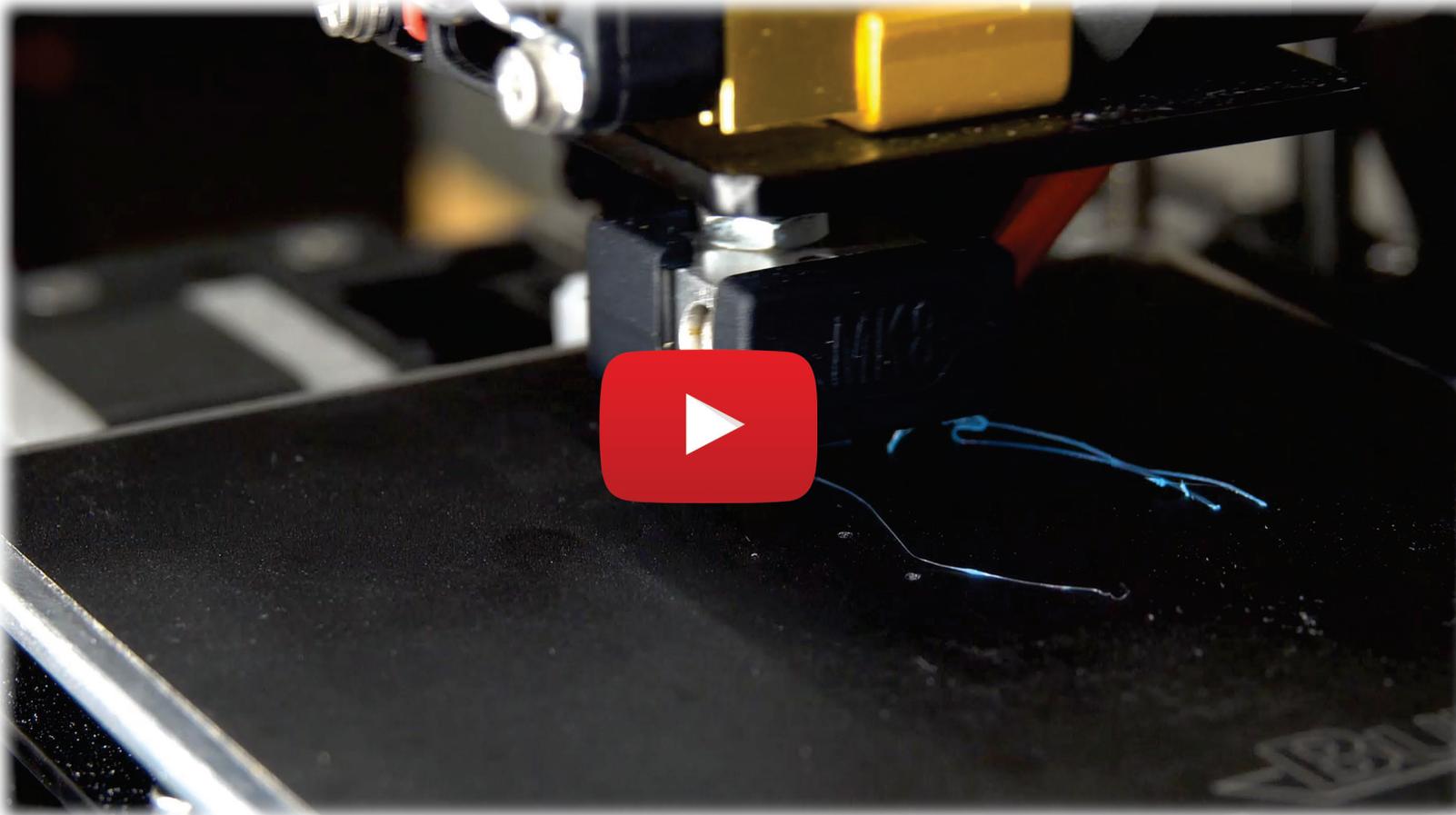
Je nach Bauteilgeometrie ist es möglich, die Ausrichtung so vorzunehmen, dass kein Stützmaterial nötig ist. Hierbei baut jede Schicht auf einen vorherigen Layer und es gibt keine oder nur sehr geringe Überhänge, wie z. B. eine leichte Schräge.



Ausrichtung ohne Stützbedarf

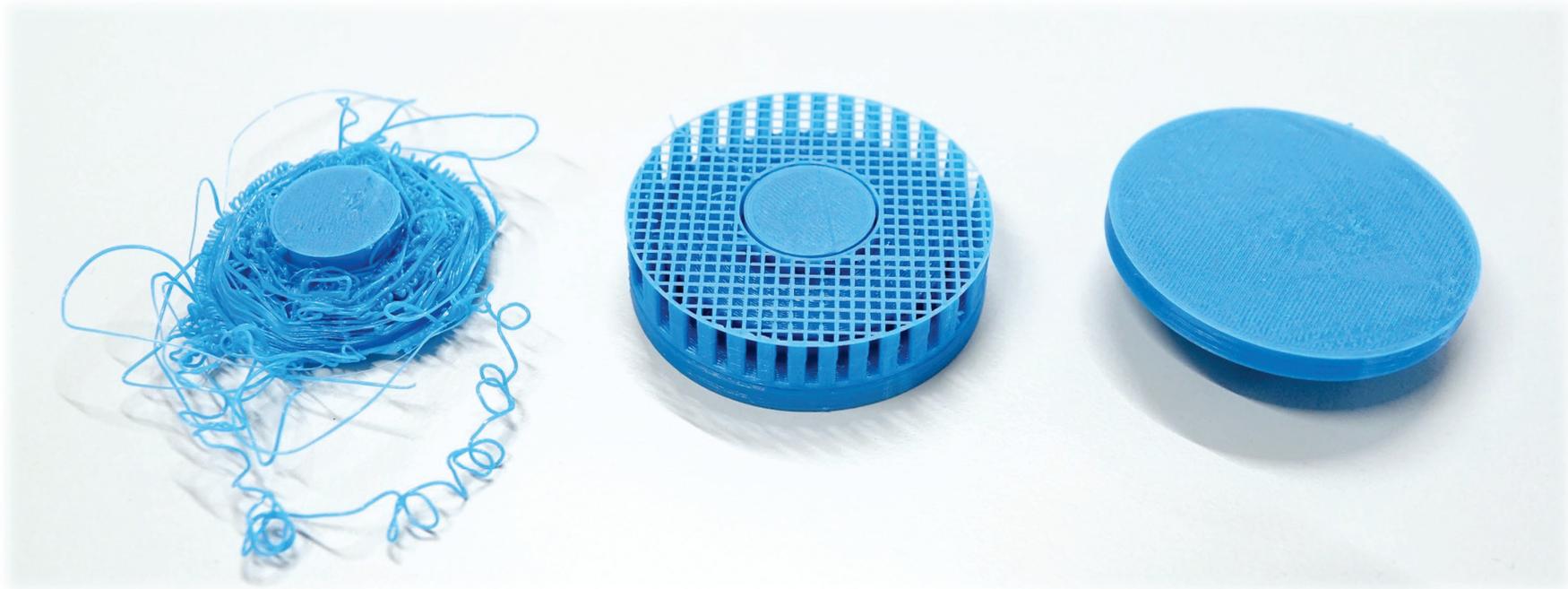


Was ist additive Fertigung? – andere Ausrichtung



Was ist additive Fertigung?

Auf dem Foto sind die drei Druckvarianten (Unterseiten) nochmals dargestellt. Druck ohne Stützstruktur, Druck mit Stützstruktur und Ausrichtung des Teils ohne Stützbedarf.



Was ist additive Fertigung? - Anwendung

Durch die Vielzahl an unterschiedlichen Druckverfahren, Materialeigenschaften und der geringen konstruktiven Einschränkungen, können Dienstleistungen für beinahe jede technische Sparte umgesetzt werden – immer stärker auch in der Medizintechnik.



Quelle: <https://www.addmag.de/additiv-gefertigt-raketentriebwerk-mit-aerospike-duese>



Quelle: Disruptive Magazine

FUNKTIONSWEISE EINES 3D-DRUCKERS

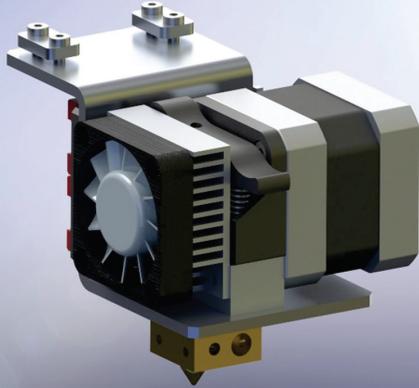
FUNKTIONSWEISE 3D-DRUCKER - INHALT

- Auf den folgen Seiten wird ein Vergleich der Grundbestandteile eines 3D-Druckers mit dem menschlichen Körper angestellt.
- Diese Vergleiche ermöglichen ein einfaches Verständnis der Funktionen, ohne zu sehr ins Detail zu gehen.

Funktionsweise eines 3D-Druckers

◆ Druckkopf mit heißer Düse

◆ 3D-Pen mit heißer Düse



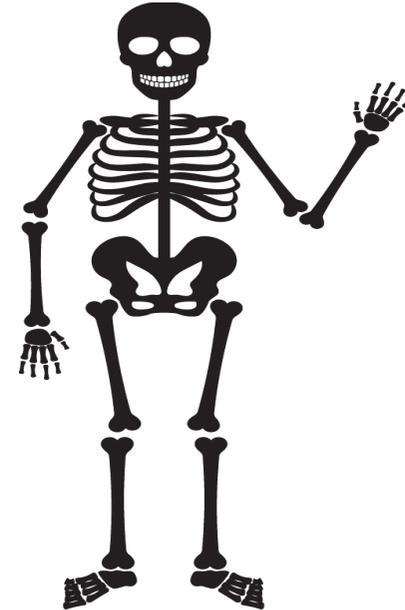
Druckkopf und 3D-Pen schmelzen das Material und drücken es aus einer heißen Düse

Funktionsweise eines 3D-Druckers

 Rahmen aus Alu-Profilen



 Skelett aus Knochen



Rahmen und Skelett bilden das Grundgerüst und sorgen für die nötige Stabilität

Funktionsweise eines 3D-Druckers

 Beweglichkeit durch Führungen

 Beweglichkeit durch Gelenke

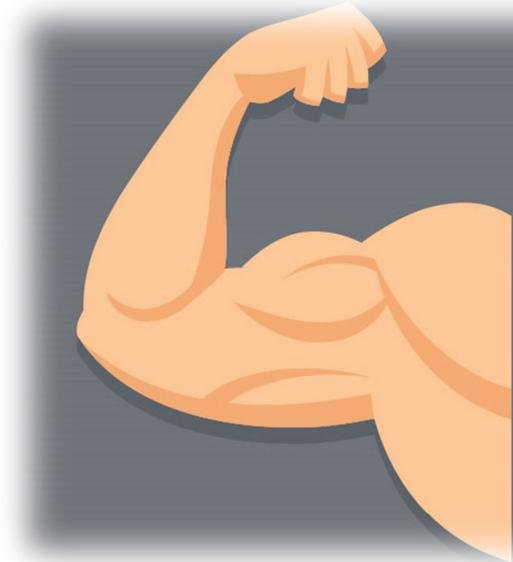
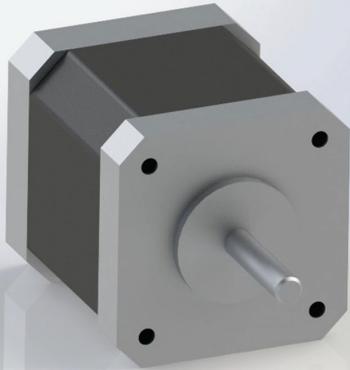


Führungen und Gelenke ermöglichen eine Bewegung in eine bestimmte Richtung

Funktionsweise eines 3D-Druckers

❖ Kraft kommt von den Schrittmotoren

❖ Kraft kommt von den Muskeln

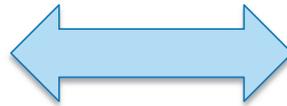
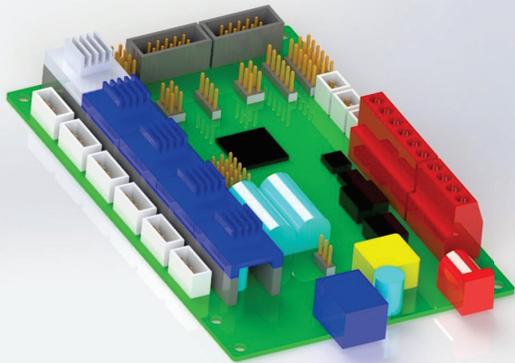


Schrittmotoren und Muskeln können eine Kraft aufbringen und damit Dinge bewegen

Funktionsweise eines 3D-Druckers

Platine steuert Befehle

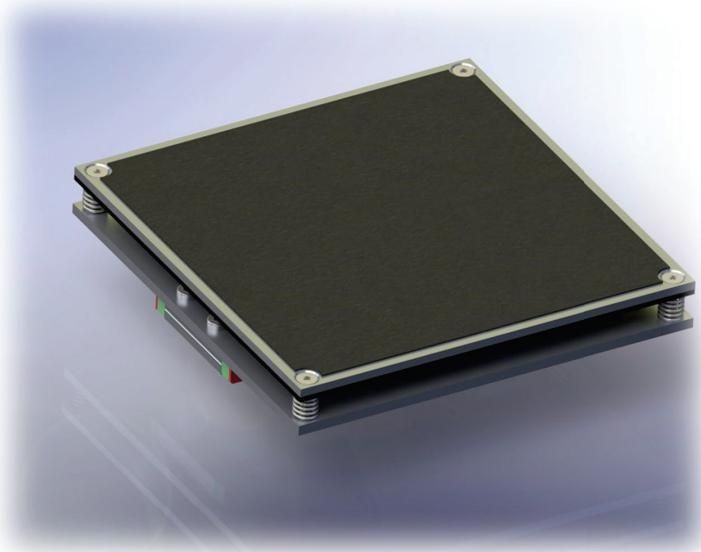
Gehirn steuert Bewegungen



Platine und Gehirn steuern mit Befehlen die Bewegung der Schrittmotoren bzw. Muskeln

Funktionsweise eines 3D-Druckers

◆ Ebenes Druckbett



◆ Ebene Arbeitsfläche



Druckkopf und 3D-Pen brauchen eine ebene Fläche, um das Modell aufzubauen

Funktionsweise eines 3D-Druckers

◆ Filament-Halter des Druckers



◆ Filament-Halter des 3D-Pens ;-)



Druckkopf und 3D-Pen benötigen einen Halter, auf dem das Material aufgewickelt ist

Funktionsweise eines 3D-Druckers

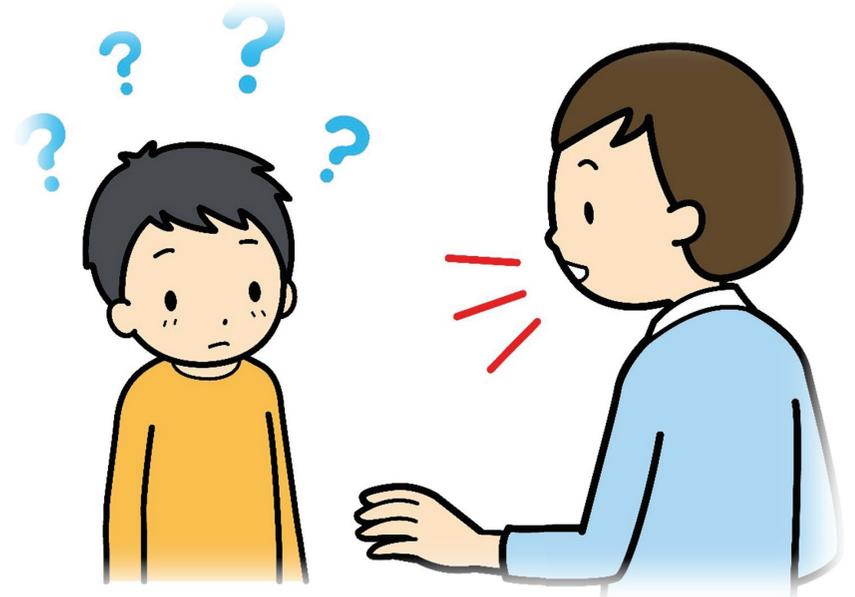
◆ Sprache des Druckers

```

1 G0 X0 Y0 Z10
2 G0 X-10 Y-10 Z0
3 G1 X10 Y-10 Z0 F1000
4 G1 X10 Y10 Z0
5 G1 X-10 Y10 Z0
6 G1 X-10 Y-10 Z0
7 G0 X-10 Y-10 Z-0.2
8 G1 X10 Y-10 Z-0.2
9 G1 X10 Y10 Z-0.2
10 G1 X-10 Y10 Z-0.2
11 G1 X-10 Y-10 Z-0.2
12 G0 X0 Y0 Z10
  
```



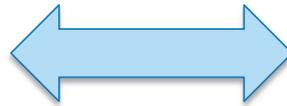
◆ Sprache des Kindes



Drucker und Kind müssen eine Sprache verstehen, um sich verständigen zu können

Funktionsweise eines 3D-Druckers

- ◆ 3D-Pen → Druckkopf
- ◆ Skelett → Grundrahmen
- ◆ Gelenke → Führungen
- ◆ Muskeln → Schrittmotoren
- ◆ Gehirn → Platine
- ◆ Unterlage → Druckbett
- ◆ Material → Filamentspule
- ◆ Idee → Maschinensprache (GCode)



◆ Kind mit 3D-Pen



◆ 3D-Drucker

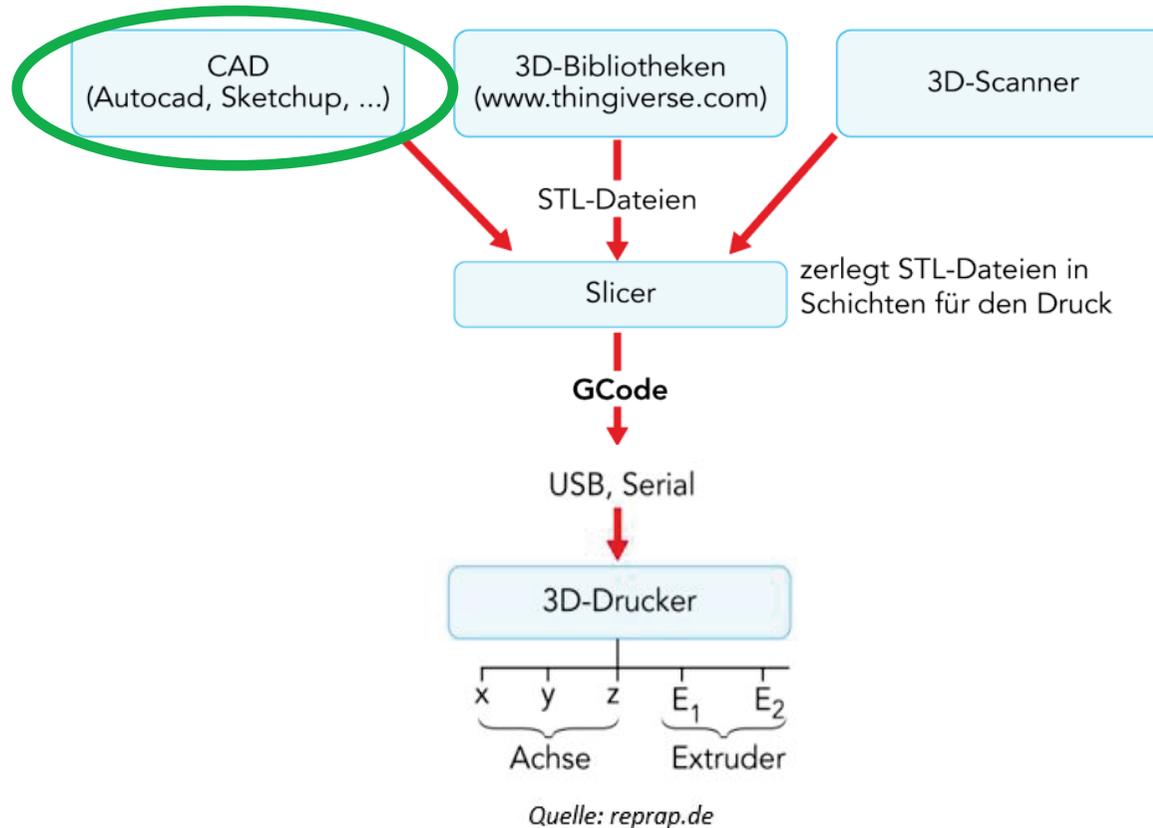
Jeder Teil ist wichtig und übernimmt eine bestimmte Aufgabe!

DER DRUCKPROZESS

DER DRUCKPROZESS - INHALT

- Im Kapitel *Der Druckprozess* wird auf die nötigen Schritte eingegangen, die nötig sind, um ein Bauteil drucken zu können.
- Die Konstruktion mit einem CAD-Programm oder der Download von speziellen Webseiten, das Zerlegen in Schichten mit Druck-Software, die Maschinensprache *Gcode* und der Druck an sich.
- Vom Schichtaufbau und dem Druck sind Videos enthalten.

Prozesskette des 3D-Druckverfahrens



Geometrien aus CAD-Programmen

Vorteile

- Modell individuell erstellbar
- Anpassung der Geometrie an jeweilige Erfordernisse
- keine Einschränkungen in der Konstruktion
- bei einfachen Modellen sehr schnell

Nachteile

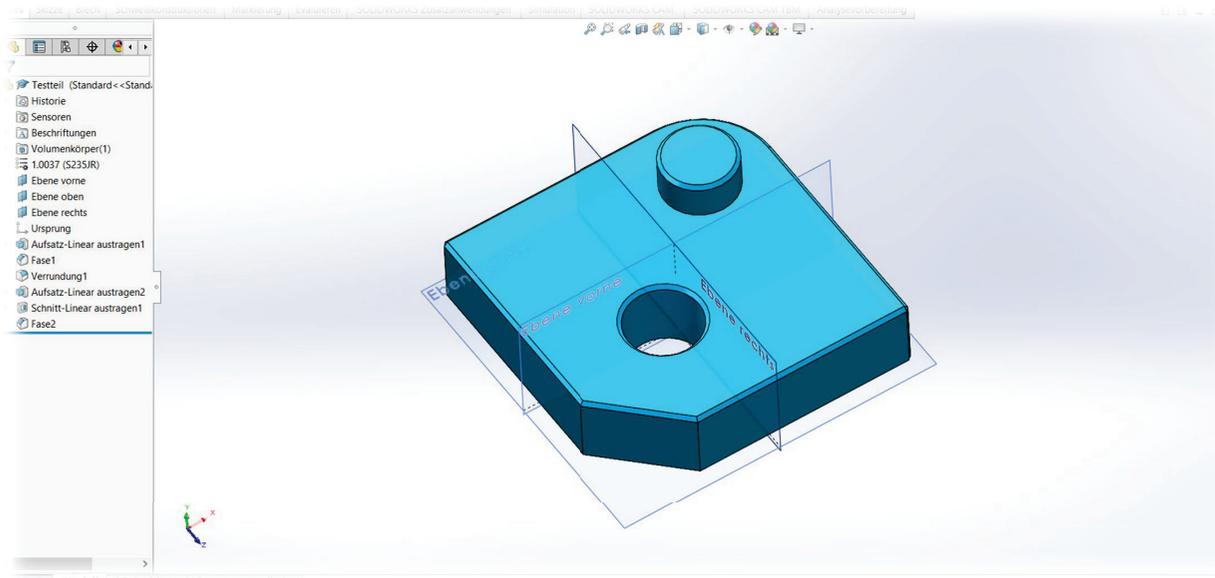
- gewisse Übung im Programm notwendig
- umfangreiche Programme recht teuer
- Erstellen komplexerer Geometrien erfordert Erfahrung



Die Software muss das Modell im .STL-Format exportieren können,
um es später im Slicer in Schichten zerlegen zu können

Geometrien aus CAD-Programmen

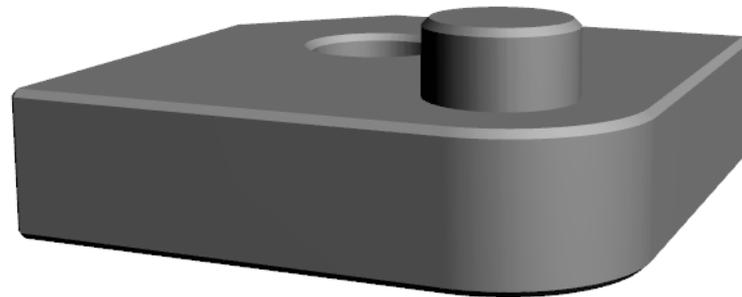
- Um das gewünschte Modell zu drucken, muss es zuerst als 3D-Modell in einer CAD-Software erstellt werden. Dabei ist auf Konstruktionskriterien zu achten.



Bauteil wurde mit „SolidWorks“ erstellt

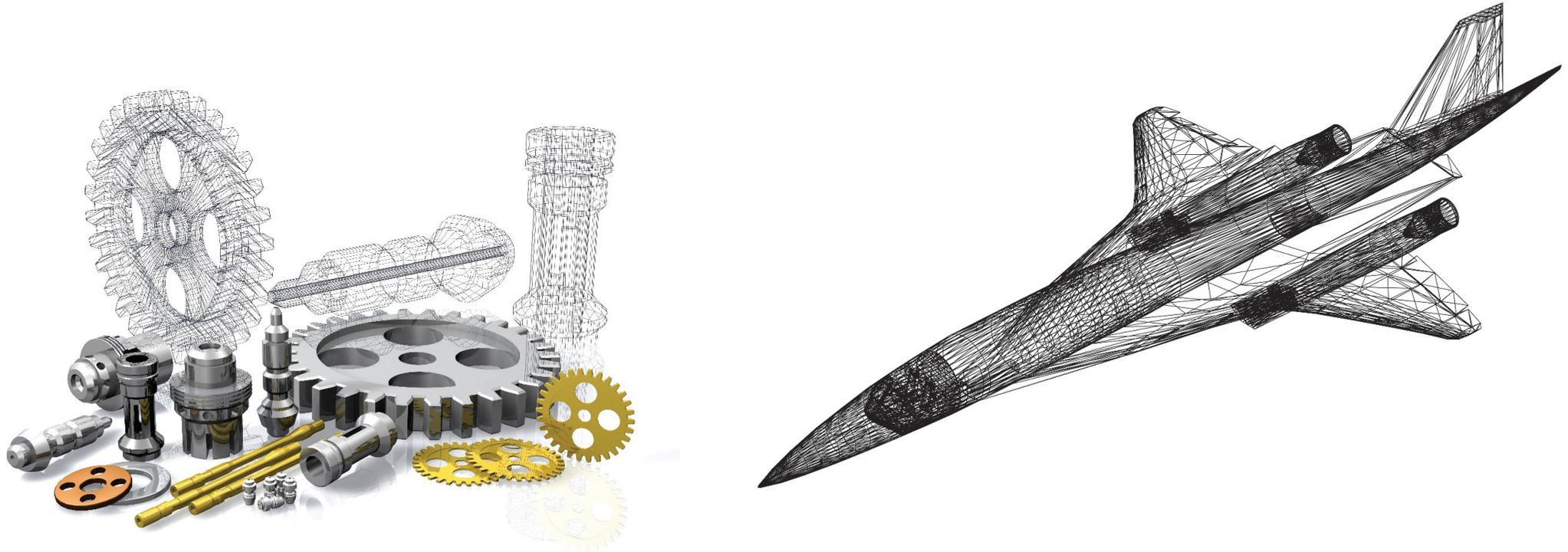
Geometrien aus CAD-Programmen

- 3D Modell zum Drehen, Schwenken und Zoomen

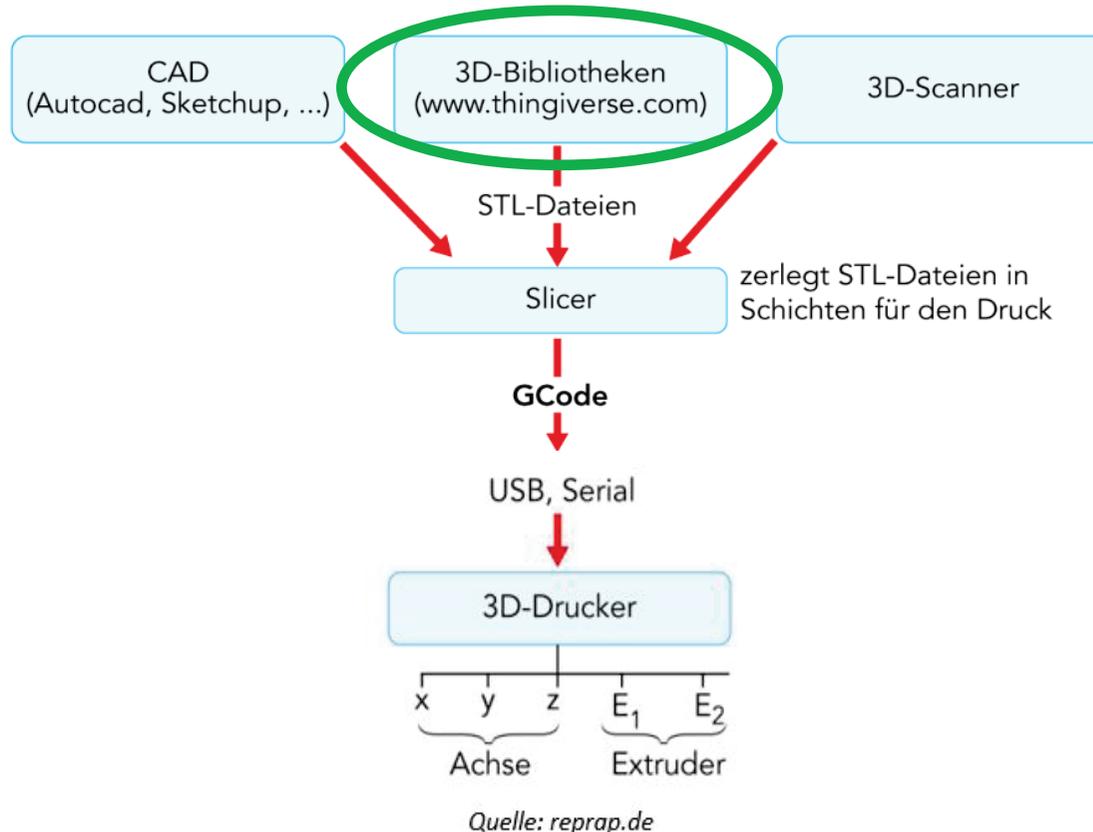


Geometrien aus CAD-Programmen

Beispiele für komplexe Bauteilgeometrien



Geometrien aus Online-Datenbanken



Geometrien aus Online-Datenbanken

Vorteile

- ◆ Modelle fertig konstruiert
- ◆ riesige Auswahl an Bauteilen
- ◆ Deko- und Funktionsteile
- ◆ wird von Usern laufend ergänzt
- ◆ auch hochkomplexe Modelle
- ◆ kostenlos

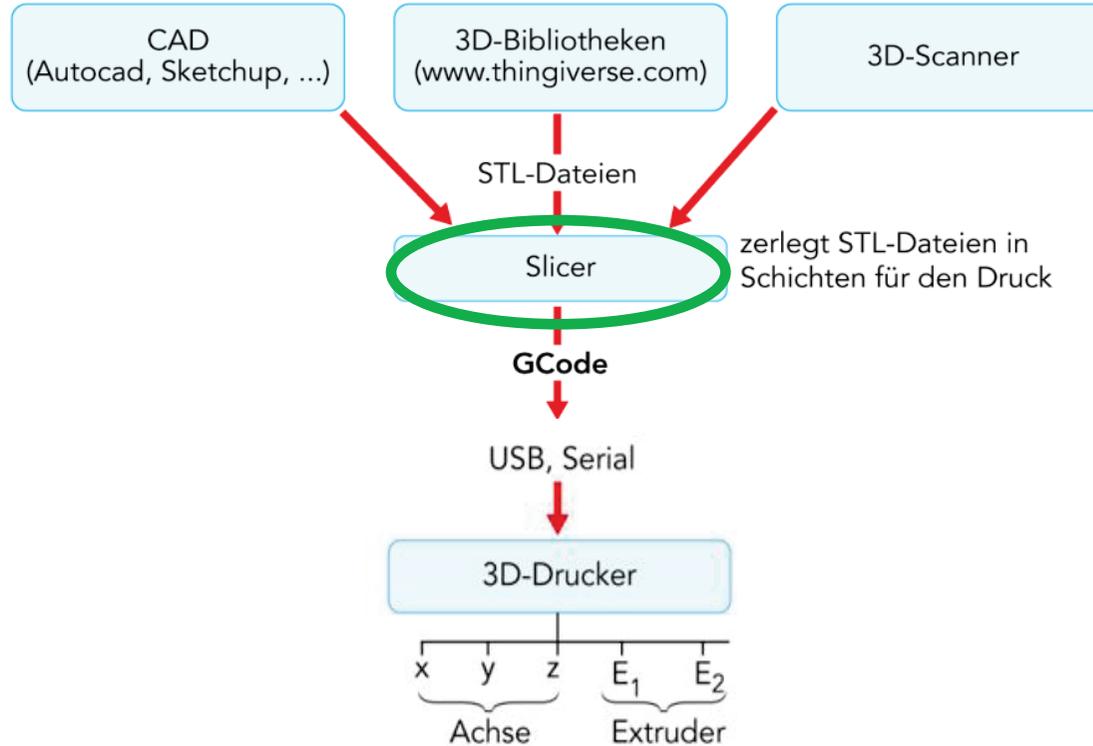
Nachteile

- ◆ Modelle schwer änderbar
- ◆ nicht für jede Notwendigkeit gibt es auch ein Modell
- ◆ teilweise fehlerhaft
- ◆ schwer kombinierbar



Diverse Plattformen im Internet (z.B. <https://www.thingiverse.com/>) bieten kostenlose Modelle

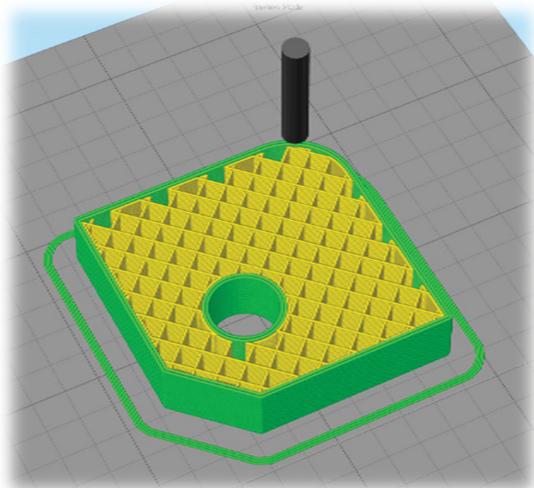
3D-Druck Software - sogenannte „SLICER“



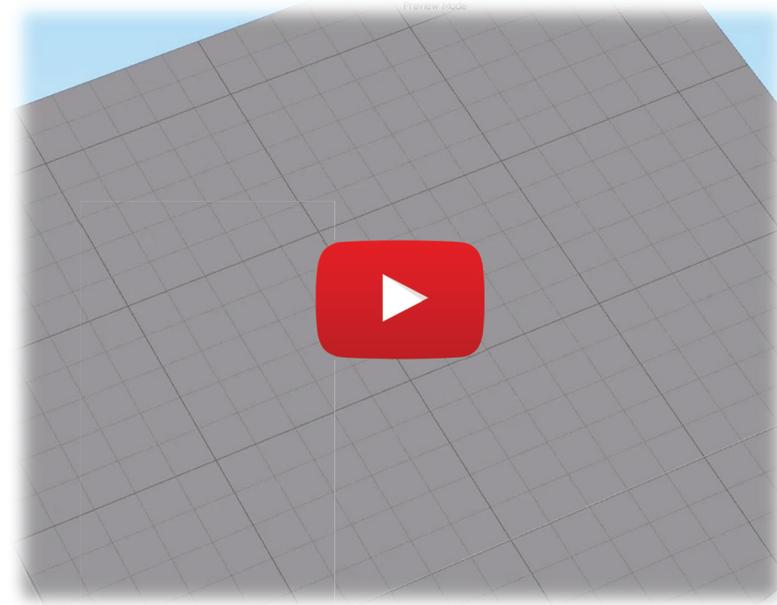
Quelle: reppap.de

3D-Druck Software – Zweck und Aufgabe

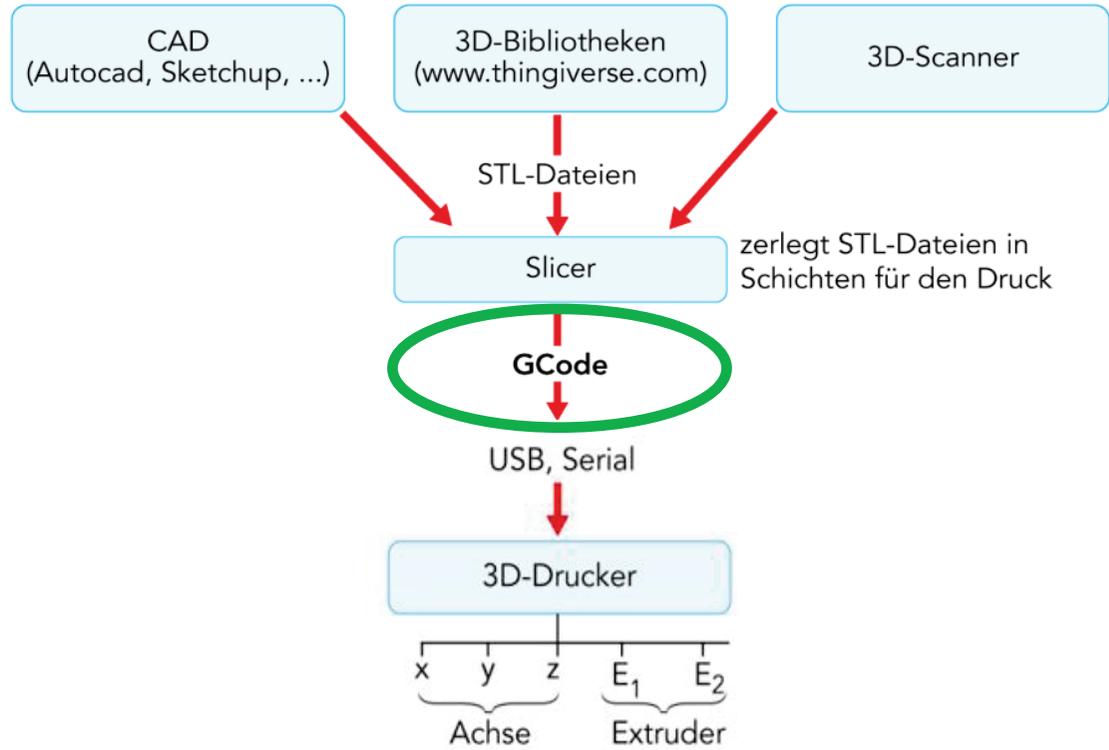
- Die Aufgabe des Slicers besteht darin, den Volumenkörper des Modells in Schichten und diese anschließend in einzelne Linien zu zerlegen. Im Programm werden auch sämtliche Druckeinstellungen vorgenommen und Materialparameter festgelegt. Beim Export des Druckauftrages werden diese Schichten in einen maschinenlesbaren Code (z. B. GCode) umgewandelt.



Bauteil wurde mit „Simplyfy3D“ gesliced



Maschinensprache – GCODE



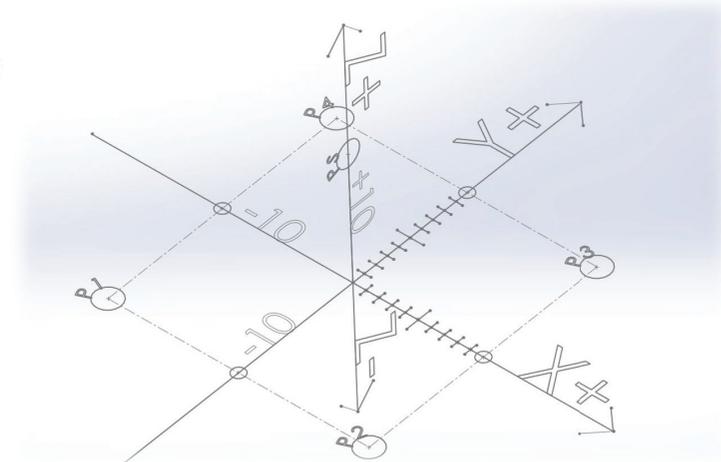
Quelle: reppap.de

Maschinensprache – GCODE

Beispielcode aus einem Druckprozess

```

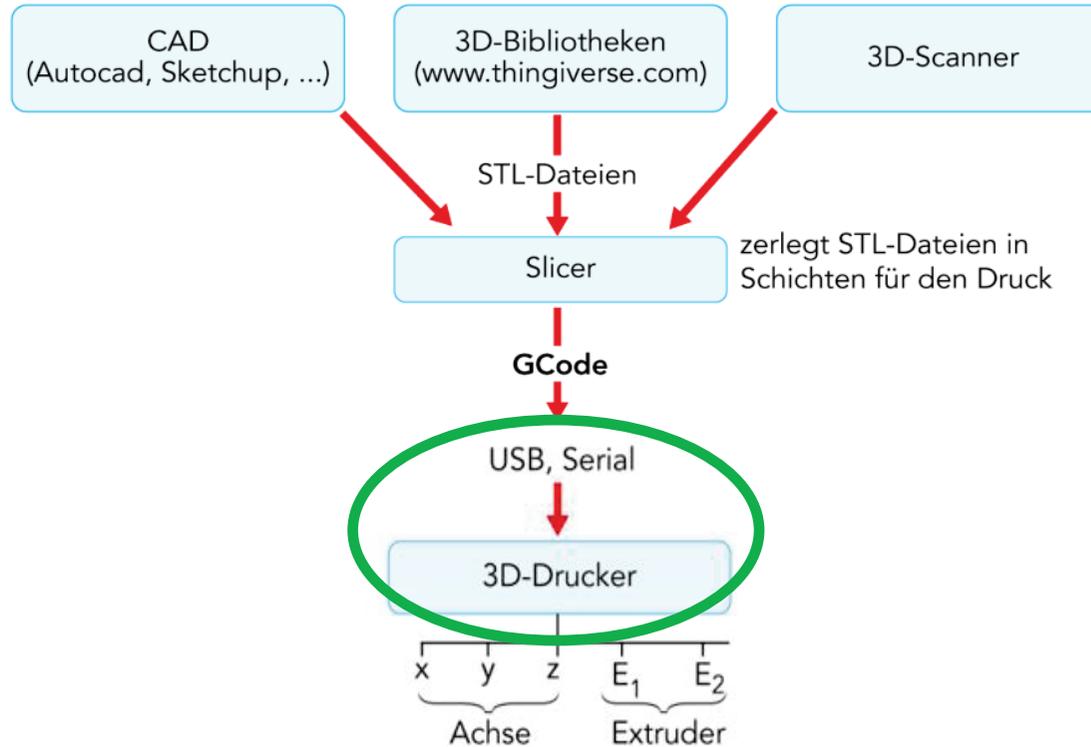
1 G0 X0 Y0 Z10           ; PS Positionierung des Extruders über dem Maschientisch
2 G0 X-10 Y-10 Z0        ; P1 Anfahren der Startposition
3 G1 X10 Y-10 Z0 F1000   ; P2 Beginn des Extrusionsprozesses zum ersten Punkt
4 G1 X10 Y10 Z0          ; P3
5 G1 X-10 Y10 Z0         ; P4
6 G1 X-10 Y-10 Z0        ; P1 Endpunkt der Kontur
7 G0 X-10 Y-10 Z-0.2     ; P1 Zustellung des Tisches in Z Richtung um 0.2 mm Layerhöhe
8 G1 X10 Y-10 Z-0.2      ; P2
9 G1 X10 Y10 Z-0.2       ; P3
10 G1 X-10 Y10 Z-0.2     ; P4
11 G1 X-10 Y-10 Z-0.2    ; P1 Endpunkt der Kontur erreicht
12 G0 X0 Y0 Z10          ; PS Extruder fährt auf Ausgangsposition zurück
  
```



Koordinatensystem eines 3D-Druckers

Der GCode enthält die Befehlsabfolge des Drucks inkl. aller Bewegungen, Temperaturen, etc.

Übertragen des GCODE auf den 3D-Drucker



Quelle: reppap.de

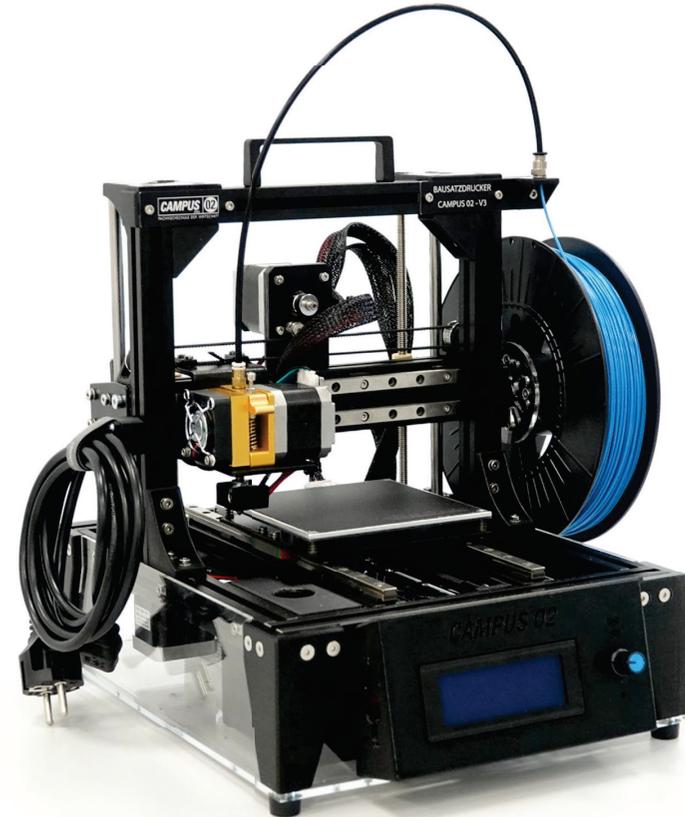
Der Druckvorgang – Sicherheit

- ❖ Während des Drucks nicht in den Bauraum greifen – Quetschgefahr!
- ❖ Druckprozess nicht händisch beeinflussen
- ❖ Druck nur ordnungsgemäß über das Menü abbrechen
- ❖ Sicherheitshinweise des Herstellers beachten
- ❖ Düse nur in abgekühltem Zustand berühren – Verbrennungsgefahr!



Der Druckvorgang – vor dem Druck

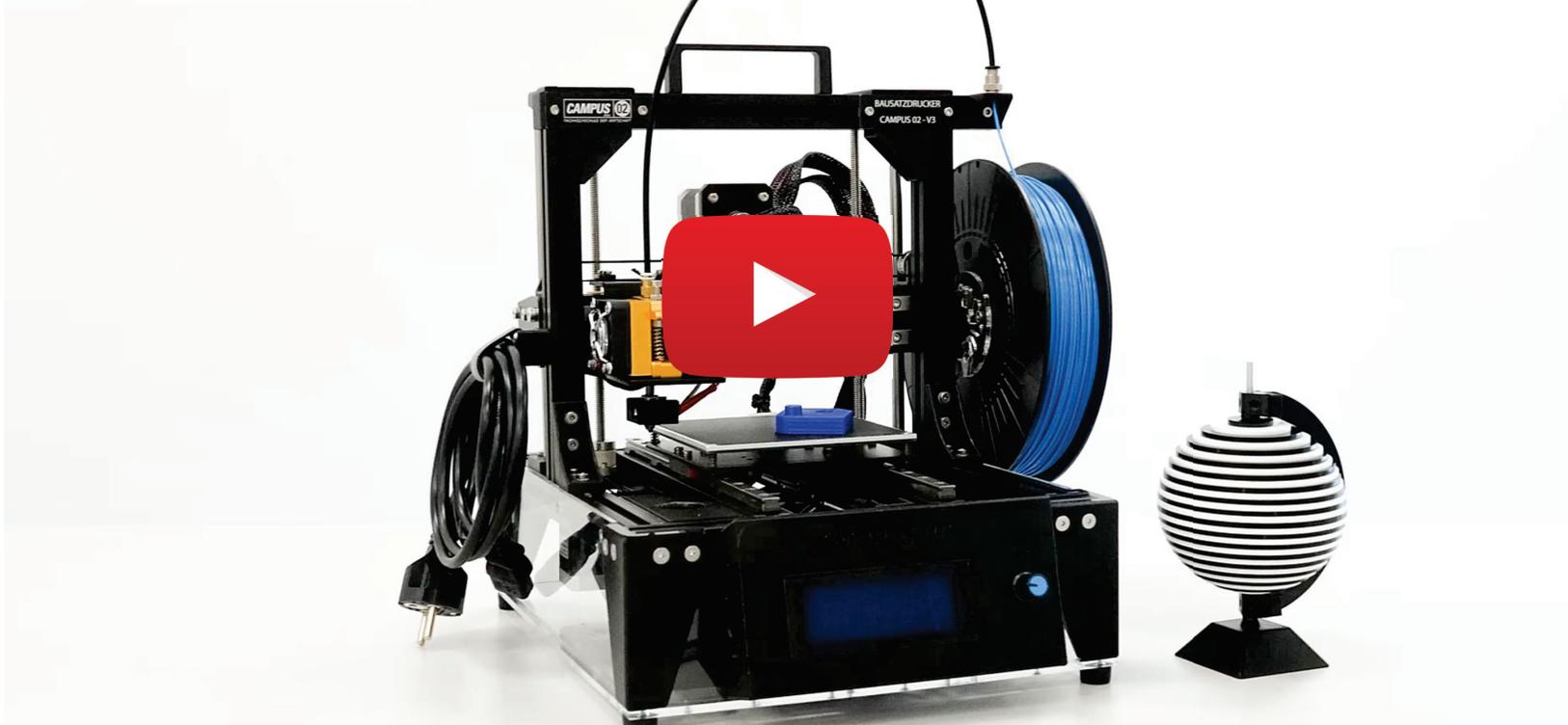
- ◆ Drucker ordnungsgemäß in Betrieb nehmen
- ◆ Düse auf Verstopfungen überprüfen
- ◆ Verwendung des richtigen Druckmaterials
- ◆ Überprüfung des Druckbetts
- ◆ Ausreichend Filament einlegen



Der Druckvorgang – während des Drucks

- ❖ Druckprozess nicht händisch beeinflussen
- ❖ Drucker nur ordnungsgemäß über das Menü bedienen
- ❖ für konstante Umgebungstemperaturen sorgen (keine Zugluft)
- ❖ Druck nicht unbeaufsichtigt lassen

Der Druckvorgang



Der Druckvorgang – nach dem Druck

- Entnahme aus dem Drucker
- Entfernen von Stützmaterial
- Inspektion auf Druckfehler
- Kontrolle der Maßhaltigkeit
- Durchführung der Nacharbeit



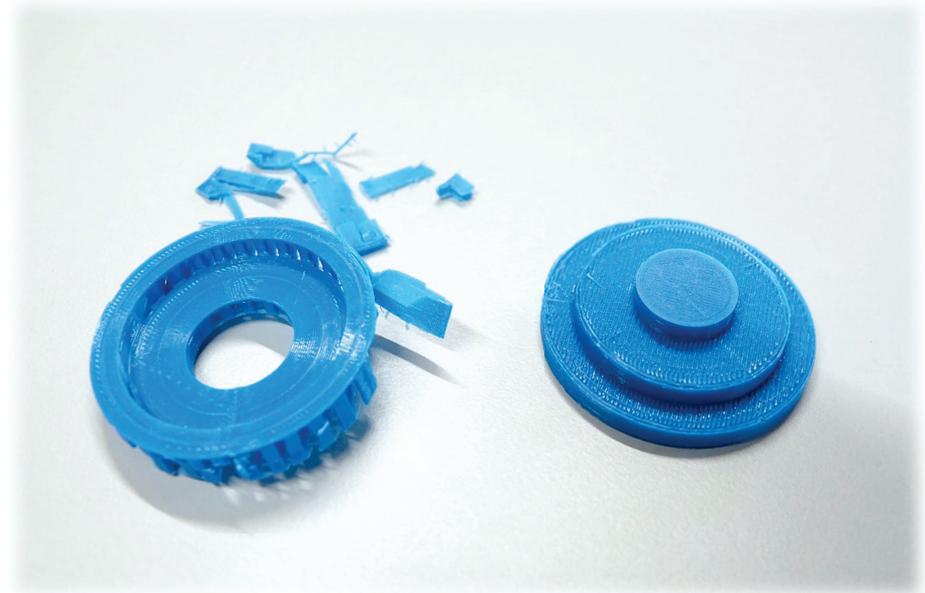
Der Druckvorgang – nach dem Druck

- Entfernen von Stützmaterial



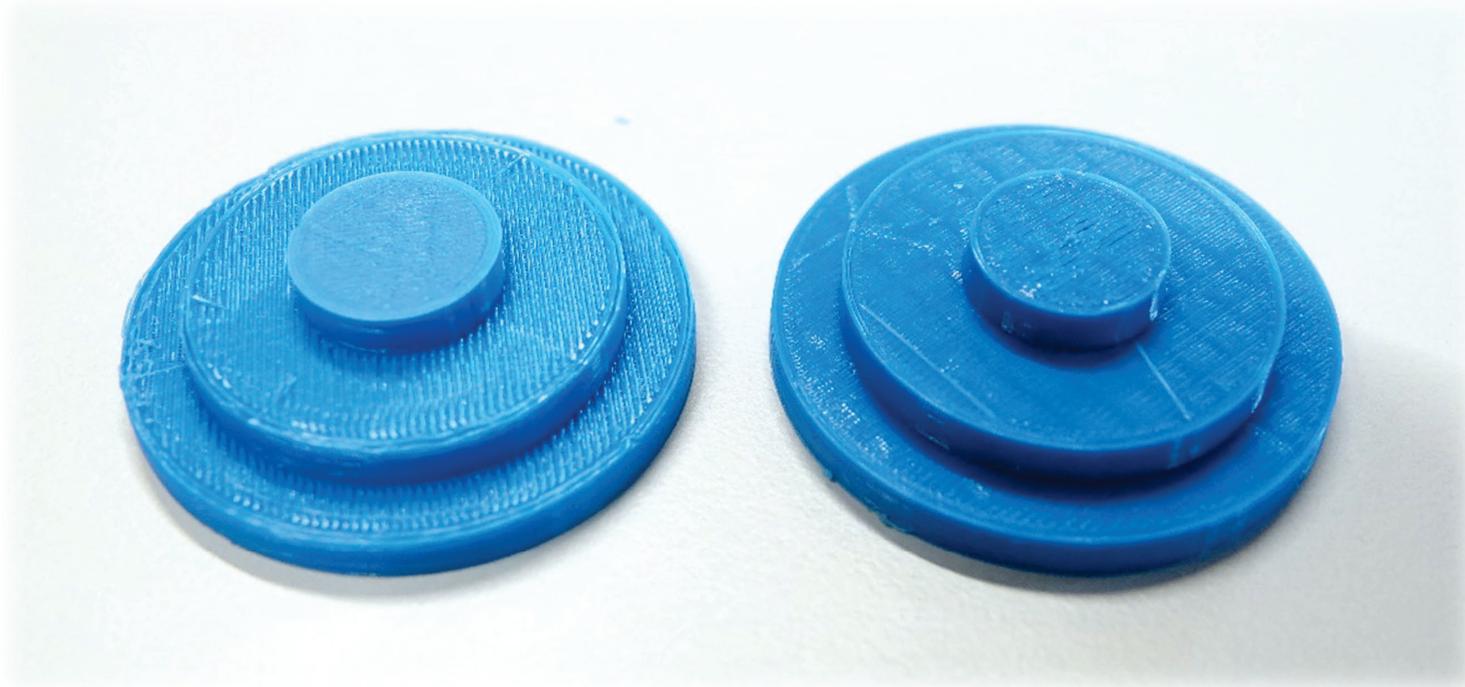
Der Druckvorgang – nach dem Druck

- Entfernen von Stützmaterial



Der Druckvorgang – nach dem Druck

- Vergleich der Oberflächenqualität: gestützte Fläche – gedruckte Fläche



VIDEOTUTORIALS ZUM NACHMACHEN

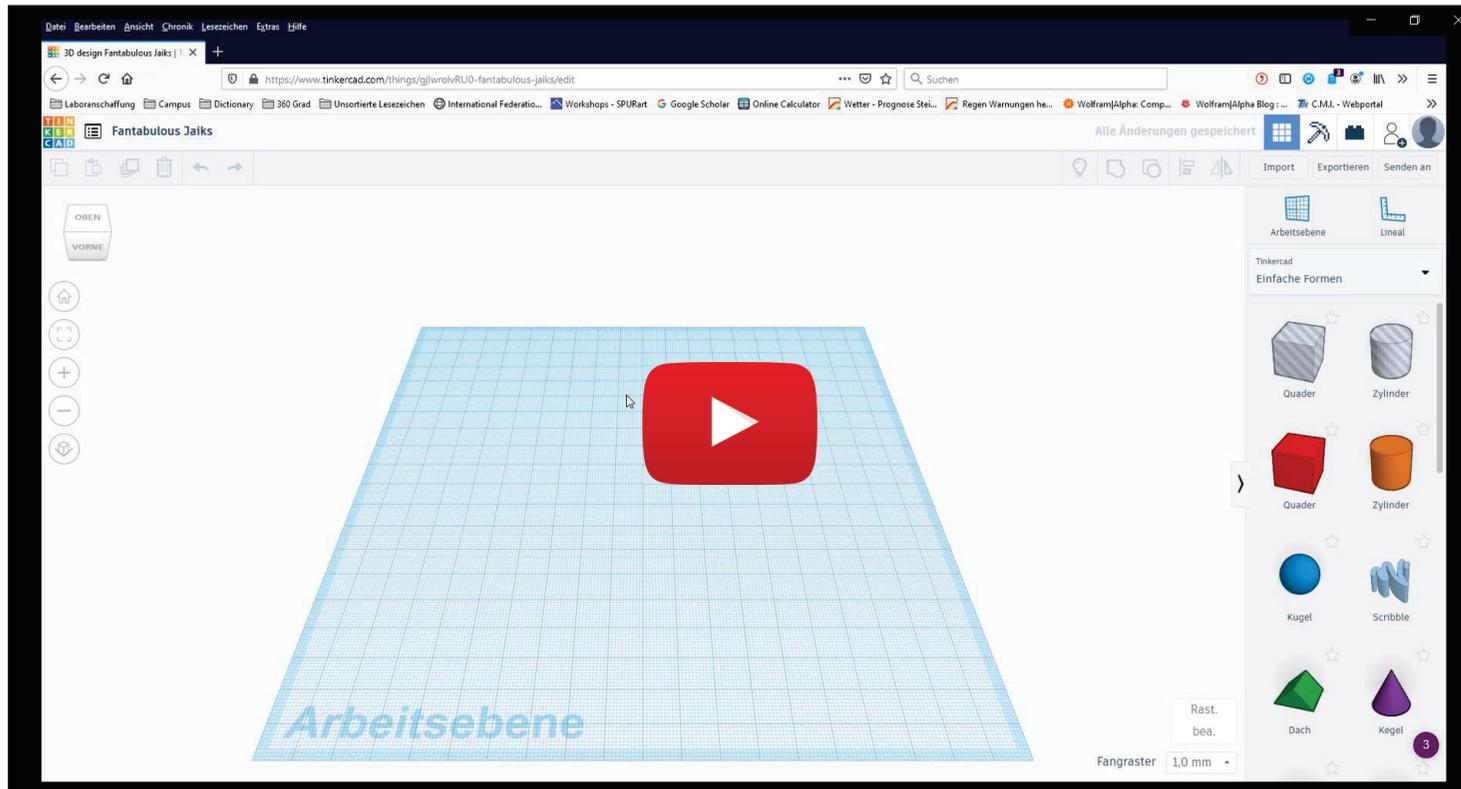
VIDEOTUTORIALS ZUM NACHMACHEN - INHALT

- 
 In folgendem Kapitel werden schrittweise Videos für die Konstruktion eines Teils in *TinkerCad* und das anschließende Zerlegen in Schichten in *Cura* gezeigt. *Cura* ist kostenlos als Download erhältlich, *TinkerCad* läuft direkt im Browser.
- 
 Alle Zwischenstände und Daten (3D-Modell, Slicer) können heruntergeladen werden, falls etwas beim eigenen Versuch nicht ganz klappen sollte.

VIDEOTUTORIALS ZUM NACHMACHEN - VERSION

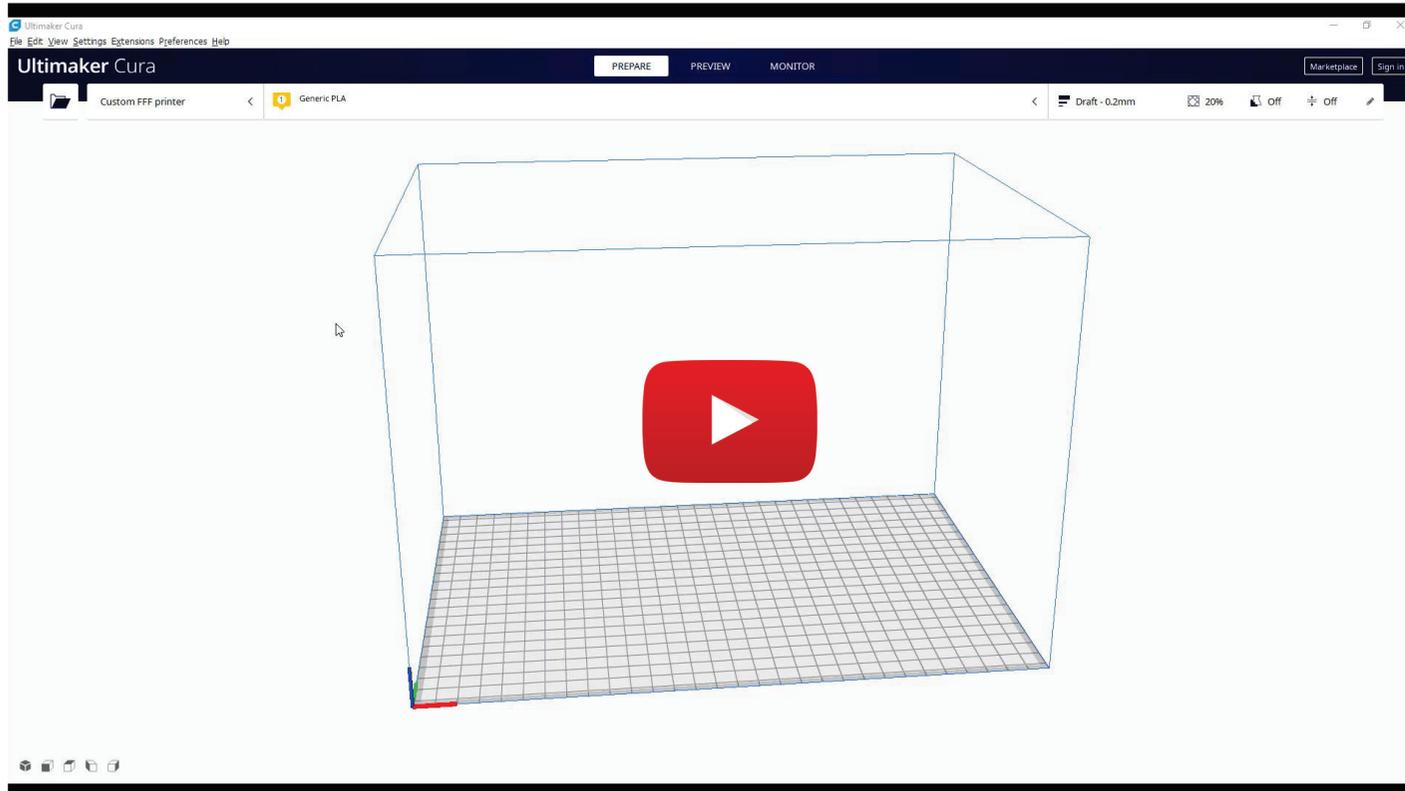
- 
 Für das kostenlose Slicer-Programm *Cura* werden häufig Updates und neue Versionen veröffentlicht. Dabei ändern sich regelmäßig einzelne Bedienoberflächen oder Funktionalitäten. Die Vorgängerversionen sind danach jedoch weiter erhältlich.
- 
 Um die selbe Oberfläche wie im Videotutorial zu haben, ist es notwendig, die Version 4.8.0 herunterzuladen. Natürlich kann aber auch mit der neuesten Version gearbeitet werden.
- 
 Downloadlink: Cura Versionen Link: TinkerCad

CAD-KONSTRUKTION IN TINKERCAD



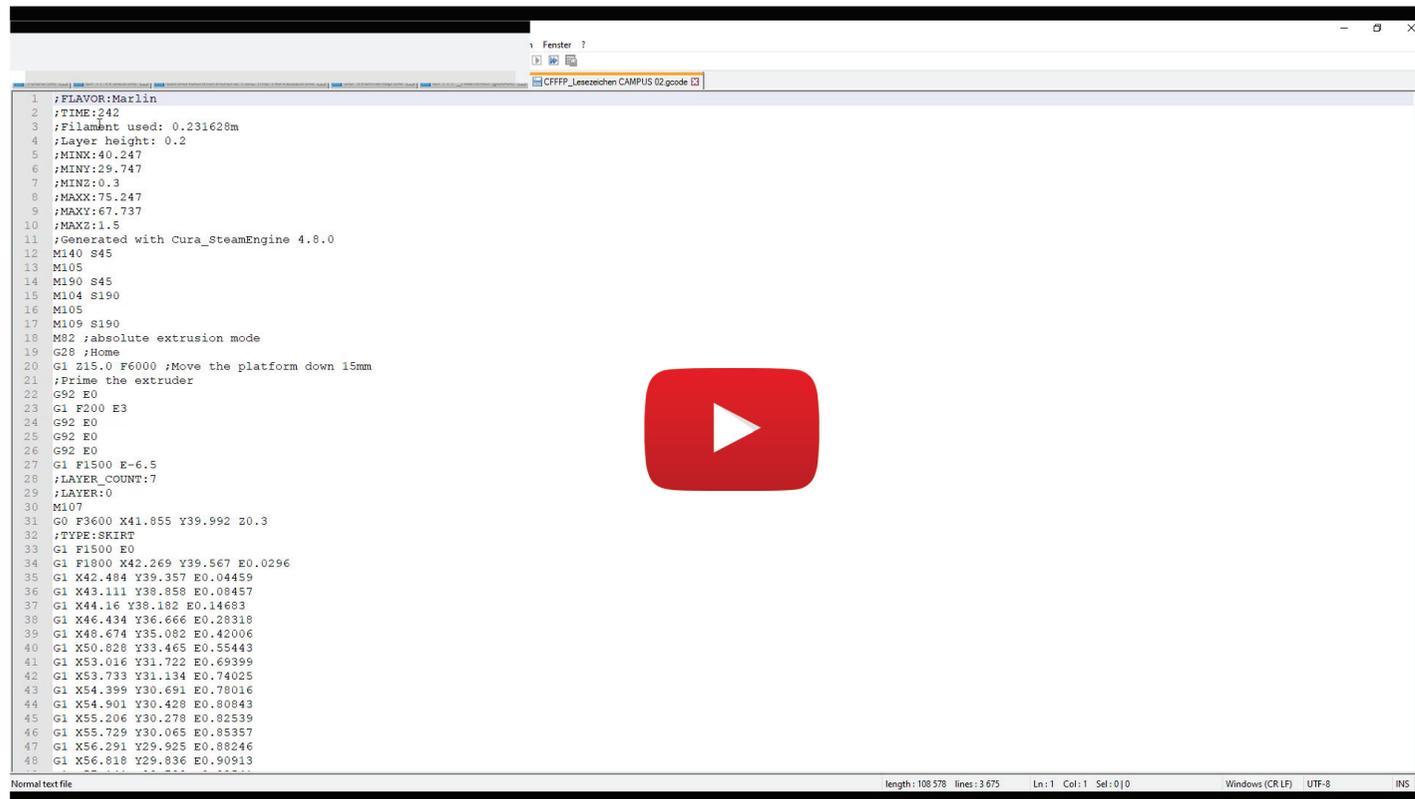
 Downloadlink für die Tinkercad-3D-Daten

SCHICHTENZERLEGUNG (SLICEN) IN CURA



 Downloadlink für die Slicer-Daten aus Cura

EXPORT VON MASCHINENLESBAREM CODE



```

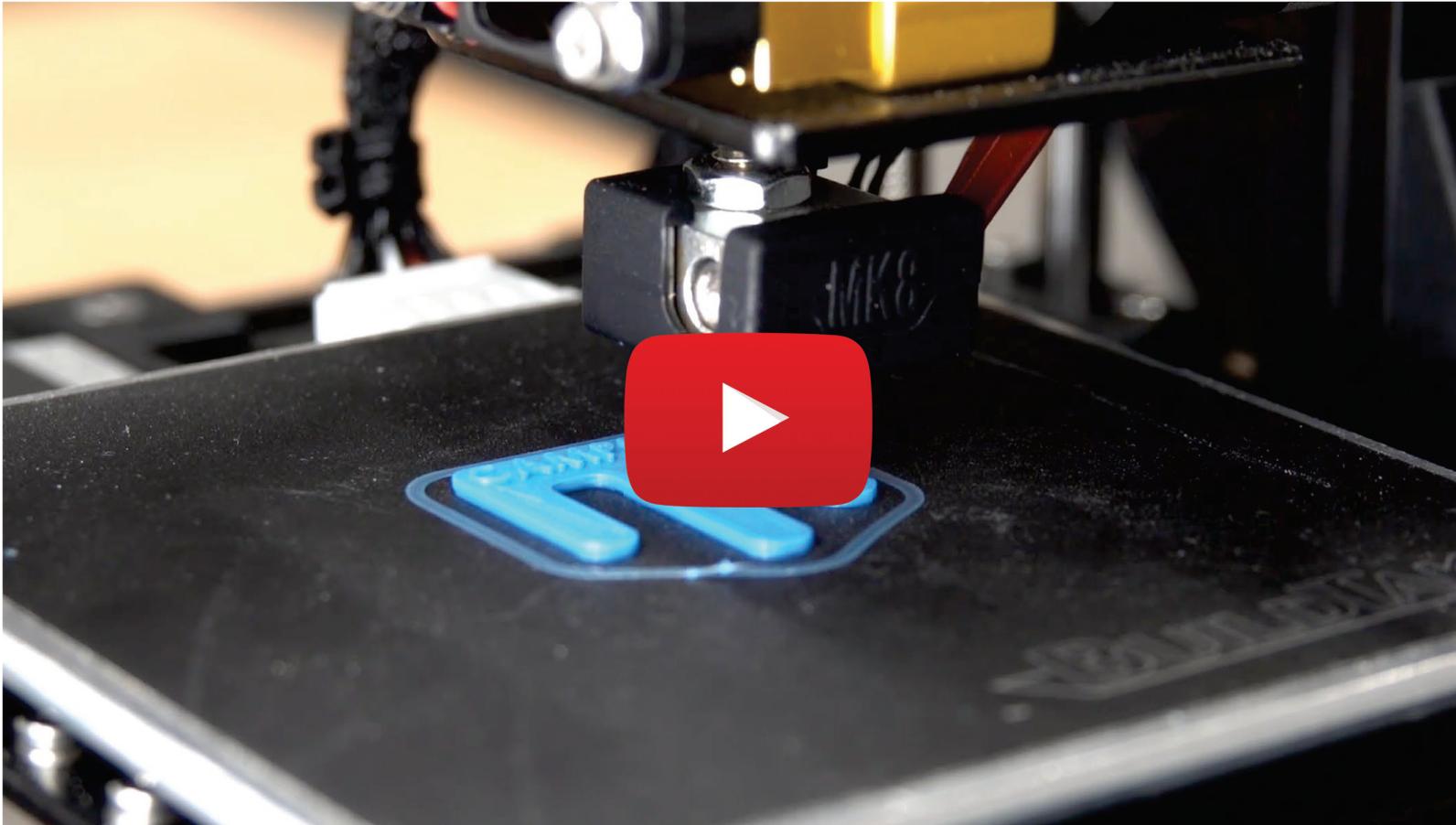
1 ;FLAVOR:Marlin
2 ;TIME:242
3 ;Filament used: 0.231628m
4 ;Layer height: 0.2
5 ;MINX:40.247
6 ;MINY:29.747
7 ;MINZ:0.3
8 ;MAXX:75.247
9 ;MAXY:67.737
10 ;MAXZ:1.5
11 ;Generated with Cura_SteamEngine 4.8.0
12 M140 S45
13 M105
14 M190 S45
15 M104 S190
16 M105
17 M109 S190
18 M82 ;absolute extrusion mode
19 ;G28 ;Home
20 G1 Z15.0 F6000 ;Move the platform down 15mm
21 ;Prime the extruder
22 G92 E0
23 G1 F200 E3
24 G92 E0
25 G92 E0
26 G92 E0
27 G1 F1500 E-6.5
28 ;LAYER_COUNT:7
29 ;LAYER:0
30 M107
31 G0 F3600 X41.855 Y39.992 Z0.3
32 ;TYPE:SKIRT
33 G1 F1500 E0
34 G1 F1800 X42.269 Y39.567 E0.0296
35 G1 X42.484 Y39.357 E0.04459
36 G1 X43.111 Y38.858 E0.08457
37 G1 X44.16 Y38.182 E0.14683
38 G1 X46.434 Y36.666 E0.28318
39 G1 X48.674 Y35.082 E0.42006
40 G1 X50.828 Y33.465 E0.55443
41 G1 X53.016 Y31.722 E0.69399
42 G1 X53.733 Y31.134 E0.74025
43 G1 X54.399 Y30.691 E0.78016
44 G1 X54.901 Y30.428 E0.80843
45 G1 X55.206 Y30.278 E0.82539
46 G1 X55.729 Y30.065 E0.85357
47 G1 X56.291 Y29.925 E0.88246
48 G1 X56.818 Y29.836 E0.90913

```

Normal text file length: 108 578 lines: 3 675 Ln: 1 Col: 1 Sel: 0|0 Windows (CRLF) UTF-8 INS

 [Downloadlink für den Gcode als Textdatei](#)

DRUCK DES KONSTRUIERTEN BAUTEILS



HARD- UND SOFTWARE FÜR DEN 3D-DRUCK

HARD- UND SOFTWARE FÜR DEN 3D-DRUCK - INHALT

- Im letzten Abschnitt werden ein paar Modelle von 3D-Druckern gezeigt, die häufig von Privatpersonen verwendet werden und die verschiedene Preisklassen abdecken.
- Zudem finden sich Links zu diverser CAD- und Slicer-Software. Diese wird für Einsteiger, Fortgeschrittene und professionelle Anwender eingeteilt, um den Überblick zu erleichtern.

Hardware FFF (Fused Filament Fabrication)

Druckmaterial – Kunststoff-Filament



PRUSA i3 mk3 – Preis ca. € 400,00

Quelle: <https://makezine.com/product-review/3dprinters/prusa-i3-mk3/>



CREALITY CR10-Max – Preis ca. € 900,00

Quelle: <https://www.3djake.at/creality-3d-drucker-ersatzteile/cr-10-max>



ULTIMAKER 2 – Preis ca. € 2600,00

Quelle: <https://www.conrad.at/de/p/ultimaker-2-3d-drucker-1417150.html>

CAD Software

Kostenlose 3D-Software – browserbasiert (ohne Installation):

TinkerCAD, SketchUp Free, BlocksCAD, uvm...

Kostenlose 3D-Software – desktopbasiert:

FreeCAD, Meshmixer, 3D Slash, uvm...

Kostenpflichtige 3D-Software für Fortgeschrittene:

Solid Works, Fusion 360, PTC Creo, uvm...



Links:

<https://www.tinkercad.com/> <https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/sketchup-free> <https://www.blockscad3d.com/>

<https://www.freecadweb.org/> <http://www.meshmixer.com/> <https://www.3dslash.net/index.php>

<https://www.solidworks.com/de> <https://www.autodesk.de/products/fusion-360/overview> <https://www.ptc.com/de/products/creo>

Slicer Software

Kostenlose Slicer-Software – browserbasiert (ohne Installation):

SliceCrafter, 3DPrinterOS, SelfCAD, uvm...

Kostenlose Slicer-Software – desktopbasiert:

Cura, Slic3r, MakerBot Print, uvm...

Kostenpflichtige Slicer-Software für Fortgeschrittene:

Simplify3D, Netfabb Standard, Self CAD, uvm...

Links:

<https://icesl.loria.fr/slicecrafter/> <https://www.3dprinter0s.com/> <https://www.selfcad.com/>

<https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura> <https://slic3r.org/> <https://www.makerbot.com/3d-printers/apps/makerbot-print/>

<https://www.simplify3d.com/> <https://www.autodesk.de/products/netfabb/overview> <https://www.selfcad.com/>



3D-Druck ist nicht gleich 3D-Druck

Drucktechnologien:

! Man muss die passende
Technologie wählen

■ Neben dem vorgestellten FFF-Druckverfahren existieren eine Vielzahl an anderen Technologien. Diese arbeiten z. B. mit Kunstharzen oder Pulvermaterialien und verschmelzen die einzelnen Schichten mit Laserstrahlen oder Infrarotlampen. Hier ein kurze Auflistung der gängigsten Verfahren. Es gibt jedoch noch viele weitere hochspezialisierte Technologien wie Beton- oder Keramikdruck, faserverstärkte Drucke bis hin zum Druck von lebenden Zellen.

- FFF – Fused Filament Fabrication
- SLA – Stereolithographie
- MJM – Multi Jet Modelling
- 3DP – 3dimensional Printing
- SLS – Selektives Lasersintern
- SLM – Selective Lasermelting



Quelle: Disruptive Magazine

Professioneller 3D-Druck

FFF-Verfahren in der Industrie:

! 3D-Druck ist
 industriell relevant

Mittlerweile beschäftigen sich eine Vielzahl von Unternehmen - wie z. B. die steirische Firma HAGE3D - mit 3D-Druck für industrielle Anwendungen. Dabei reichen die Betätigungsfelder von der Forschung und Entwicklung von z. B. medizinischen Anwendungen oder dem Druck von Gebäudestrukturen bis hin zum Sondermaschinenbau, der individuelle industrielle Drucker mit bis zu 5-Achsen herstellt. Immer mehr Unternehmen bieten professionellen 3D-Druck als Dienstleistung an und verwenden gedruckte Bauteile in verschiedensten Bereichen.

- ◆ Link:
 industrielle Anwendungsbeispiele
 für 3D-Druck der Firma HAGE3D

- ◆ Das Video rechts zeigt einen FFF-Druckprozess
 mit 5 Achsen. Dadurch sind große Überhänge
 ohne Stützstrukturen möglich



Quelle: <https://www.hage3d.com/>

BEGEISTERUNG FÜR 3D-DRUCK

erstellt von der Studienrichtung Automatisierungstechnik
der CAMPUS 02 Fachhochschule der Wirtschaft



Produziert im Rahmen des Kooperationsprojekts WTZ-Süd –MINT4School,
gefördert durch die aws, aus Mitteln der
Nationalstiftung für Forschung, Technologie und Entwicklung (Österreich-Fonds)