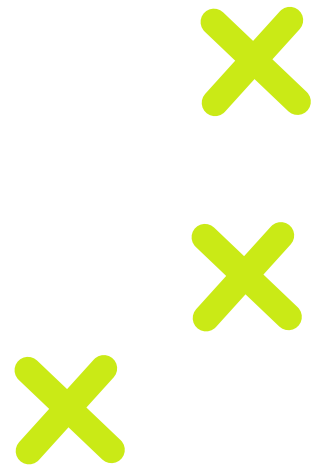




Der DIH SÜD
wird unterstützt von:



LAND  KÄRNTEN



DIH SÜD

Digitalisierung für KMU möglich machen

Filamentbasierter 3D-Druck



| Micro-Credential

Sandra Schulnig & Marius Laux

13.02.2026



© FH Kärnten, ADMiRE Research Center

MC Überblick





Tag 1 – Einführung in den Filament-3D-Druck

Datum: 13.02.2026 | Ort: Karnische Werkstätte

09:00 – 10:30	Was ist 3D-Druck? Wie funktioniert der 3D-Druck mit Filamenten? Materialien im Filament-3D-Druck	S. Schulnig
10:45 – 12:15	Druckerarten, Modelle und Preise	M. Laux
12:15 – 12:45	Pause	
12:45 – 14:15	Druckparameter verstehen	S. Schulnig
14:30 – 16:00	Wartung und Troubleshooting	M. Laux

Tag 2 – Konstruktion & 3D-Scan

Datum: 13.03.2026 | Ort: Karnische Werkstätte

09:00 – 12:00	CAD-Grundlagen für den Filament-3D-Druck	M. Laux
12:00 – 12:45	Pause	M. Laux
12:45 – 14:15	Vertiefung der CAD für den Filament-3D-Druck	M. Laux
14:30 – 16:00	3D-Scan – Funktionsweise und Anwendung	M. Laux



Tag 3 – Hands-on & Projektstart

Datum: 10.04.2026 | Ort: Karnische Werkstätte

09:00 – 12:00	Gemeinsame Druckbeispiele	M. Laux S. Schulnig
12:00 – 12:45	Pause	
12:45 – 13:30	Definition der Projekte	M. Laux S. Schulnig
13:30 – 16:00	Eigenständiges Scannen, Konstruieren und 3D-Drucken	M. Laux S. Schulnig

Tag 4 – Show & Discuss

Datum: 29.05.2026 | Ort: Karnische Werkstätte

09:00 – 09:45	Keynote: Aus der Perspektive eines industriellen Anwenders	C. Hueter
09:45 – 12:00	Präsentation und Diskussion der Projekte	Teilnehmer*innen
12:00 – 12:45	Pause	
12:45 – 14:30	Präsentation und Diskussion der Projekte	Teilnehmer*innen
14:30 – 16:00	Feedbackgespräch und Zertifikatsverleihung	M. Laux S. Schulnig



Lernziele

- ✓ Verständnis für Materialien, Druckerarten und -parameter im filamentbasierten 3D-Druck.
- ✓ Fähigkeit zur Konstruktion und zum 3D-Scannen einfacher Geometrien.
- ✓ Praktische Erfahrung im Umgang mit Filament-3D-Druckern.
- ✓ Projektarbeit mit Präsentation und Peer-Feedback.

Vortragende

- ✓ Sandra Schulnig, FH Kärnten - ADMiRE, s.schulnig@fh-kaernten.at
- ✓ Marius Laux, FH Kärnten - ADMiRE, m.laux@fh-kaernten.at
- ✓ Christian Hueter, d4pro GmbH, c.hueter@d4pro.at

Abschluss

- ✓ Zertifikat
- ✓ Micro Credential (1,5 ECTS)

Ausbildungskosten

- ✓ € 1.650,- | 100% Förderung über DIH SÜD für KMUs
- ✓ ÖH-Beitrag € 25,20



Verpflegung

Frischer Kaffee sowie Tee stehen bei uns jederzeit bereit (gegen freiwillige Spende). Wasser und Gläser befinden sich ebenfalls vor Ort.

Kleine Snacks erhalten Sie im Dorflodn im Erdgeschoss.

Für die Mittagspause befinden sich SPAR und BILLA in unmittelbarer Nähe.

Die Pizzeria La Formica beim Rathaus ist ebenfalls gut erreichbar (nur Abholung möglich). Die Speisekarte liegt bei uns auf, Vorbestellung ist möglich. Bitte beachten Sie: ausschließlich Barzahlung.

Wenn Sie ein Menü bevorzugen, empfiehlt sich die Thurner Säge – dort geht es erfahrungsgemäß am schnellsten; auch Abholung ist möglich (bitte vorab telefonisch reservieren). Es gibt immer nur 2 Menüs. Auf der morgigen Tageskarte steht entweder gegrilltes Forellenfilet oder Käsespätzle.

Unterlagen & Infos

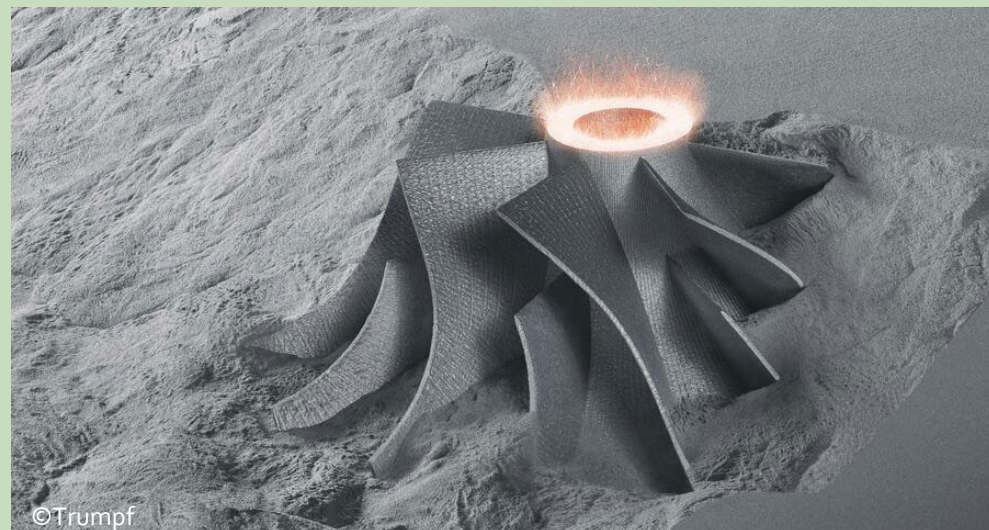
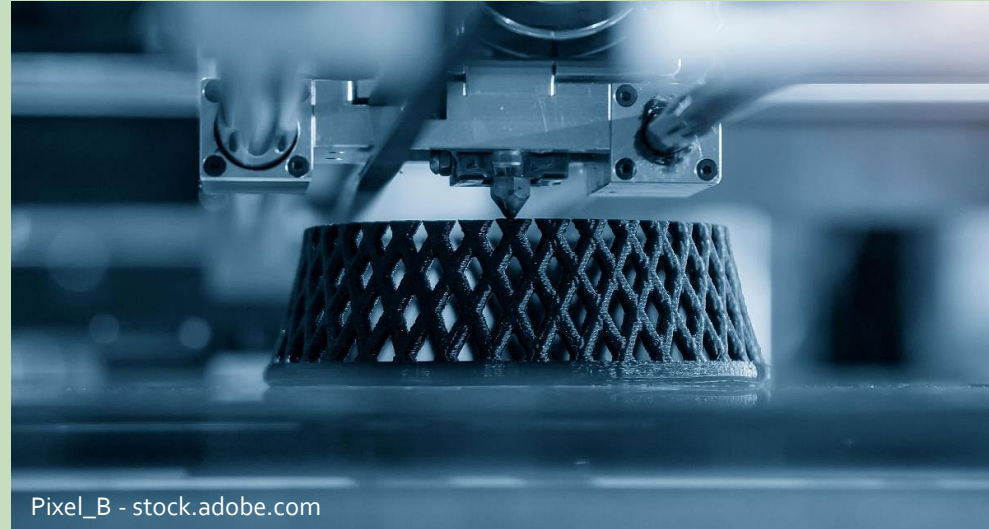
Alle Unterlagen und Infos zu den Kurstagen werden per Mail an die Teilnehmenden verschickt

Was ist 3D-Druck?





*Schichtweise Herstellung von
Produkten durch Hinzufügen
von Material*





Der 3D-Druck bietet uns gegenüber herkömmlichen Fertigungsmethoden eine Reihe einzigartiger Vorteile, darunter:

- ❖ Gestaltungsfreiheit
- ❖ Maßgeschneiderte Produkte
- ❖ Komplexität des Designs und Teilekonsolidierung
- ❖ Fertigung auf Abruf
- ❖ Nachhaltigkeit
- ❖ Funktionsorientiertes Design
- ❖ Verbesserte Funktionalität

Bei der Konstruktion für den 3D-Druck ist eine neue Denkweise erforderlich, um diese neue Technologie optimal zu nutzen.

Diese neue Methode wird als „Thinking Additively“ bezeichnet – also das Denken in einzelnen Schichten in einem Bottom-up-Ansatz. Damit können wir alle Vorteile des 3D-Drucks nutzen.





Der 3D-Druck bietet eine **beispiellose** – fast unbegrenzte – **Gestaltungsfreiheit**. Als Designer können Sie alle Ihre Ideen in **tatsächliche physische Objekte** umsetzen, egal wie **komplex oder kompliziert** sie auch sein mögen.

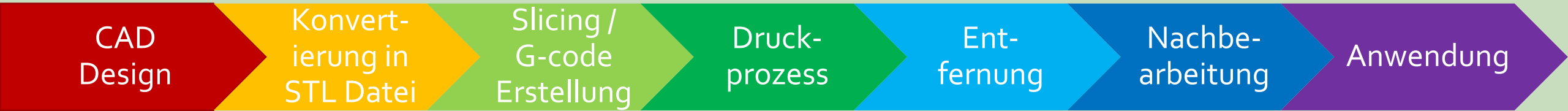
Wir müssen uns beim Design nicht mehr auf die Einschränkungen der Fertigung konzentrieren, sondern können uns stattdessen auf die Funktionalität konzentrieren, was uns **Innovationen** ermöglicht, die bisher nicht möglich waren. Stellen Sie sich nur einmal vor, Sie würden versuchen, diese komplizierten USB-Sticks mit herkömmlichen Fertigungsmethoden herzustellen!

Natürlich gibt es gewisse Einschränkungen (wie die Notwendigkeit, Opfermaterial zu verwenden, oder Begrenzungen hinsichtlich des Bauvolumens und der Genauigkeit der Teile), diese sind jedoch weitaus weniger einschränkend als bei herkömmlichen Fertigungsmethoden. Darüber hinaus sind sie für Konstrukteure leichter zu verstehen und einzuhalten, ohne die Konstruktionsabsicht wesentlich zu beeinträchtigen.



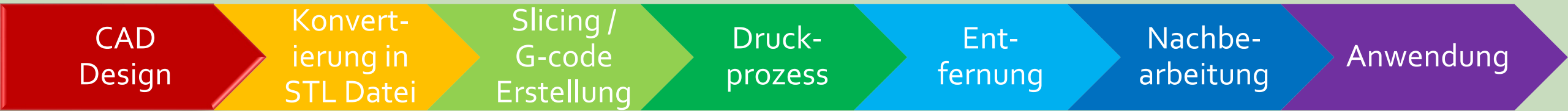


Prozesskette





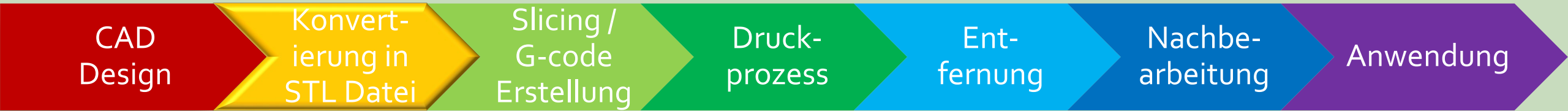
Prozesskette



- Wie erhält man ein 3D-Modell?
 - Download
 - 3D-Scan
 - Konstruktion mit CAD (Computer-aided design) Programm → **Material, Prozess und Anwendung verstehen → Design entwickeln (kein Kopieren!)**
 - CAD-Formate wie STEP und IGES beinhalten zahlreiche Detail-Informationen, aber Slicer-Programme benötigen Meshformate
 - Meshformate erlauben direkten Druck (STL, OBJ/3mf, WRL/VRML und PLY)



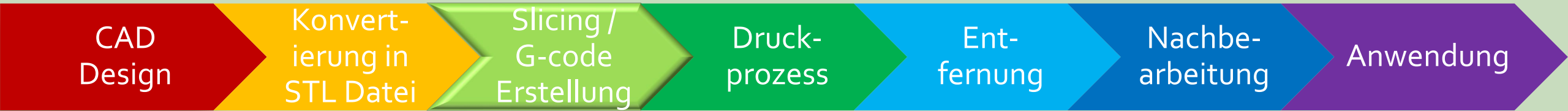
Prozesskette



- STL-Dateien
 - Von 3D Systems entwickelt
 - Beschreiben Oberfläche eines Teils, indem Sie diese in Dreiecke unterteilen
 - Bevorzugter und standardmäßiger Dateityp zur Verwendung beim 3D-Druck
 - Tessellation ist das Verfahren zur Unterteilung der Oberfläche eines Teils in Dreiecke (zu geringe Auflösung → gekrümmte Oberflächen erscheinen facettenartig – auch am gedruckten Teil)



Prozesskette



- CAM (computer-aided manufacturing) Programm (Slicer)
 - fügt Prozessparameter wie Drucktemperatur, Füllgrad, Druckgeschwindigkeit und stützende Strukturen zur STL Datei hinzu
 - Zerlegung des Objekts unter Einflussnahme eingestellter Parameter in einzelne Schichten → Erzeugung eines G-Codes (Maschinencode für 3D-Drucker)
 - Slicer-Programm muss mit 3D-Drucker kompatibel sein, um optimal zu funktionieren (oft wird Software kostenlos zum Drucker mitgeliefert)



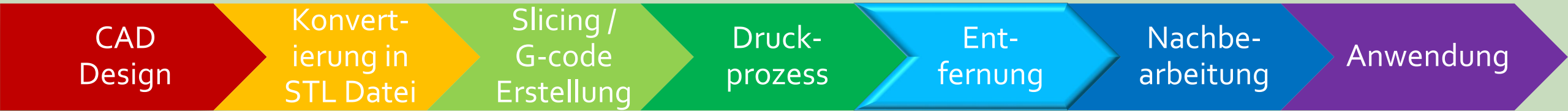
Prozesskette



- Bauteil wird dreidimensional gedruckt
 - Bei manchen Druckern kann man während des 3D-Drucks noch eingreifen und kleine Einstellungen vornehmen
 - Automatische Fehlerdetektion
 - Kameraaufnahme



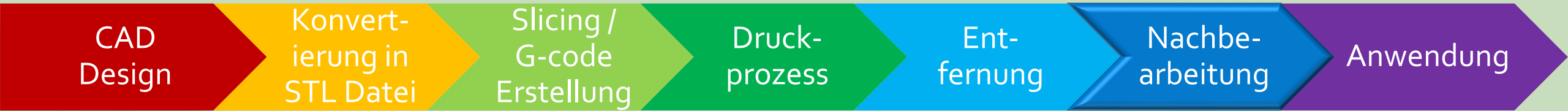
Prozesskette



- Nach Fertigstellung kann das gedruckte Bauteil aus dem Druckraum entnommen werden
 - Oftmals Wartezeit vor Entnahme
 - Druckplattform sollte nicht beschädigt werden
 - Reinigung des Systems nach dem Drucken



Prozesskette



- Mechanische, thermische oder chemische Nachbearbeitung
 - Stützstrukturen entfernen
 - Qualitätskontrolle
 - Veredelung (Strahlen, Schleifen, Polieren, Einfärben, Lackieren, Beschichten, etc.)

Geschichte



Gilt als „Erfinder des 3D-Drucks“, weil er sowohl SLA als auch das .stl-Format entwickelt und kommerzialisiert hat



1986
Erstes Industrie-
patent für
SLA durch
Hull

1988
3D-Systems
verkauft
ersten Rapid
Prototyping
Drucker
(SLA-1)



1995
Zcorp
präsentiert
3D-Druck
auf Basis des
Tintenstrahl
drucks
(MIT-
Patent)

1980
Erstes
„Patent“
durch Kodama
für „Rapid
Prototyping“

1983
Hull erfindet
erste SLA
Maschine

1987
Deckard
reicht Patent
für SLS ein -
Übernahme
von DTM -
später Kauf
durch 3D-
Systems

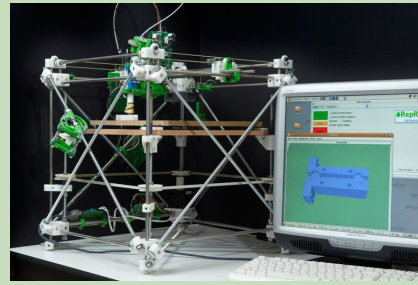
1989
Entwicklung
des FDM-
Verfahrens
(Stratasys) /
Gründung
eos GmbH in
Deutschland

Geschichte



2008

Erster 3D-Drucker („Darwin“) der mit Hilfe des RepRap-Konzepts entwickelt wurde kommt auf den Markt



2013

Stratasys kauft Makerbot auf

2015

Cellink bringt Bio-Ink (Algen) und Bioprinter auf den Markt



2009

FDM Patent läuft aus / Makerbot bringt Thingiverse ins Leben

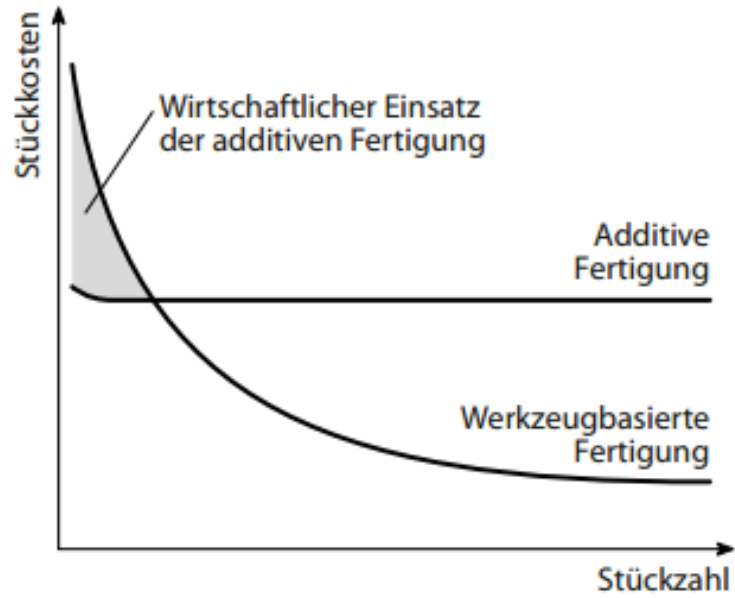
2005

Bowyer entwickelt RepRap open-source Konzept für einen selbst-replizierenden 3D-Drucker

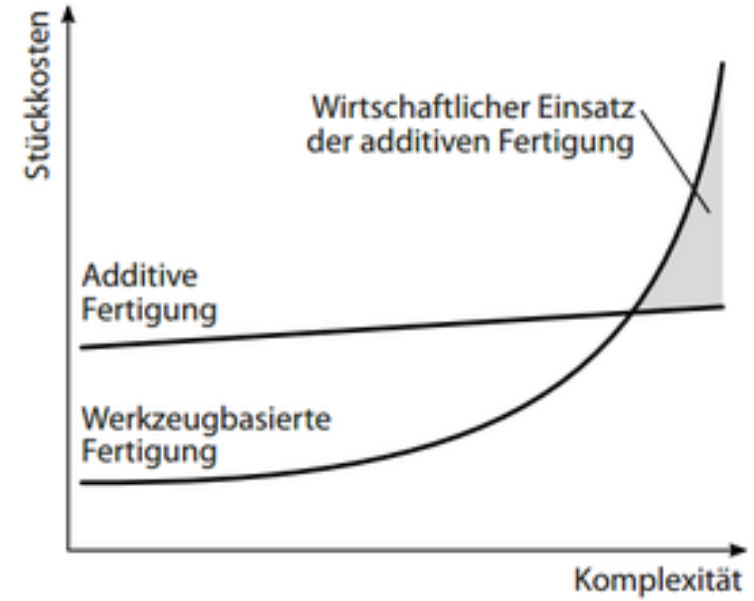


"[RepRap] has been called the invention that will bring down global capitalism, start a second industrial revolution and save the environment..."

Vergleich zu konventionell



ab-3d.com





Einteilung in 7 Familien nach ISO/ASTM 52900

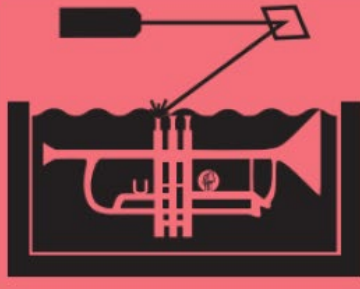
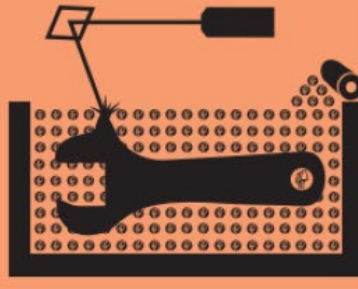
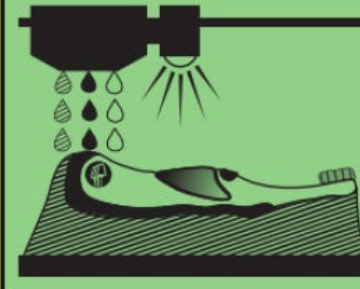
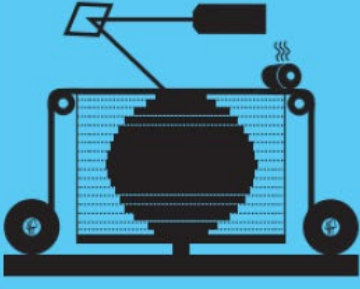
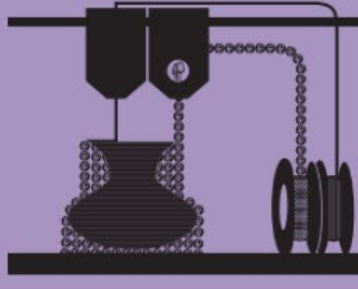
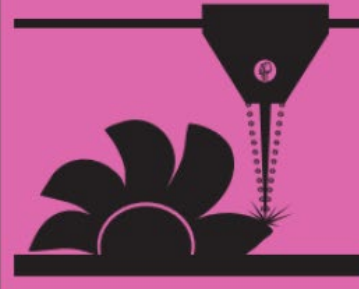
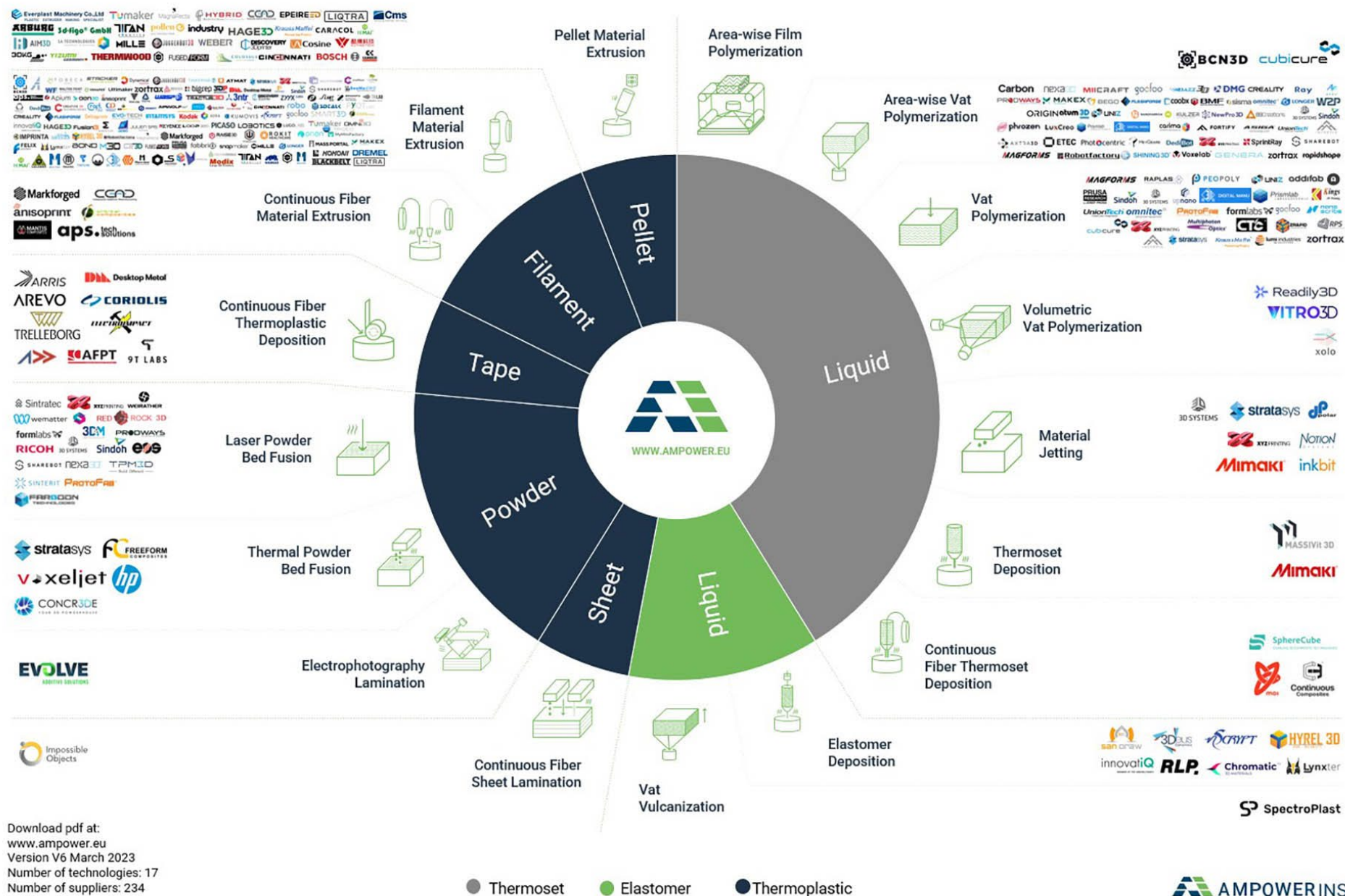
			
VAT PHOTOPOLYMERIZATION	POWDER BED FUSION (PBF)	BINDER JETTING	MATERIAL JETTING
Alternative Names: SLA™ - Stereolithography Apparatus DLP™ - Digital Light Processing 3SP™ - Scan, Spin, and Selectively Photocure CLIP™ - Continuous Liquid Interface Production	Alternative Names: SLS™ - Selective Laser Sintering; DMLS™ - Direct Metal Laser Sintering; SLM™ - Selective Laser Melting; EBM™ - Electron Beam Melting; SHS™ - Selective Heat Sintering; MJF™ - Multi-Jet Fusion	Alternative Names: 3DP™ - 3D Printing ExOne Voxeljet	Alternative Names: Polyjet™ SCP™ - Smooth Curvatures Printing MJM - Multi-Jet Modeling Projet™
			
SHEET LAMINATION	MATERIAL EXTRUSION	DIRECTED ENERGY DEPOSITION (DED)	
Alternative Names: LOM - Laminated Object Manufacture SDL - Selective Deposition Lamination UAM - Ultrasonic Additive Manufacturing	Alternative Names: FFF - Fused Filament Fabrication FDM™ - Fused Deposition Modeling	Alternative Names: LMD - Laser Metal Deposition LENS™ - Laser Engineered Net Shaping DMD™ - Direct Metal Deposition	

Image courtesy of Hybrid Manufacturing Technologies

Polymer Additive Manufacturing technology landscape

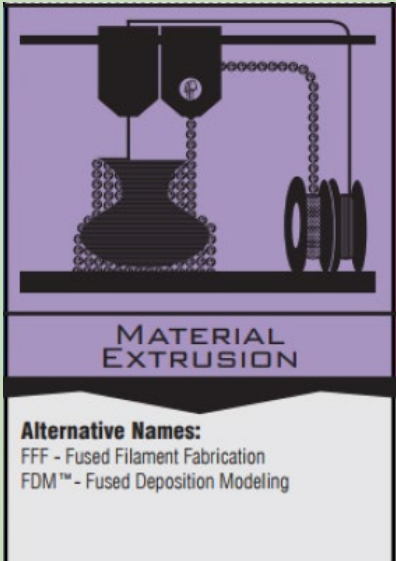


Download pdf at:
www.ampower.eu
 Version V6 March 2023
 Number of technologies: 17
 Number of suppliers: 234

Wie funktioniert 3D-Druck mit
Filamenten?



Material Extrusion



Material wird selektiv durch eine Düse oder Öffnung extrudiert

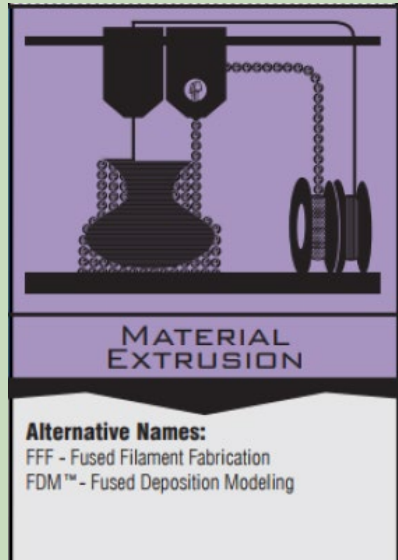
FDM™

Die Materialextrusionstechnologie wurde erstmals in den 1980er Jahren von S. Scott Crump unter dem eingetragenen Namen Fused Deposition Modeling (FDM) entwickelt. Der Begriff Fused Deposition Modeling und seine Abkürzung FDM sind Markenzeichen von Stratasys Inc, einem Unternehmen, das von Scott Crump mitbegründet wurde.

FFF

Fused Filament Fabrication (FFF) ist eine weitere Technologie dieser Kategorie, die von den Mitgliedern des RepRap-Projekts entwickelt wurde und deren Nutzung nicht auf bestimmte Personen beschränkt ist.

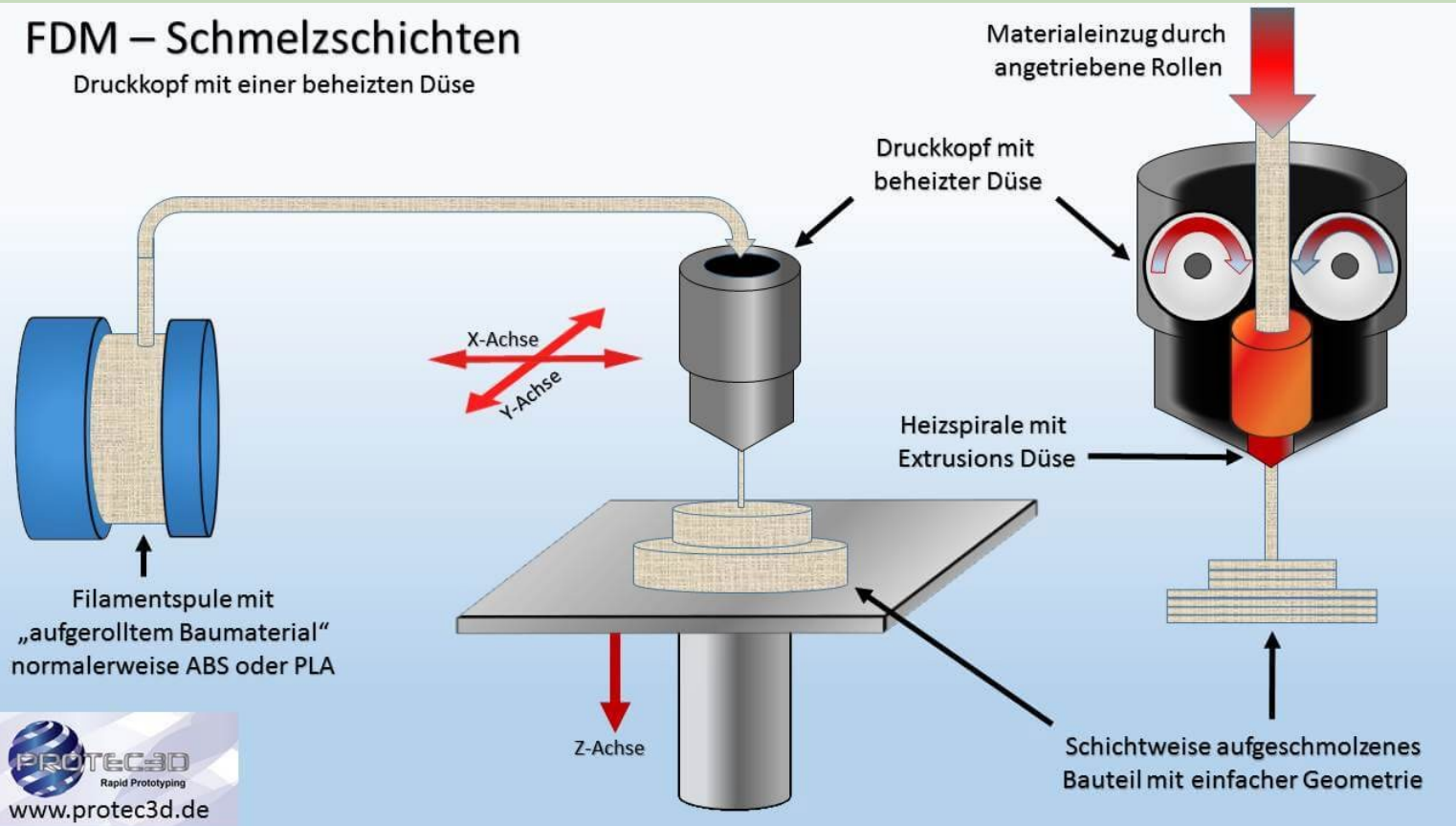
Material Extrusion



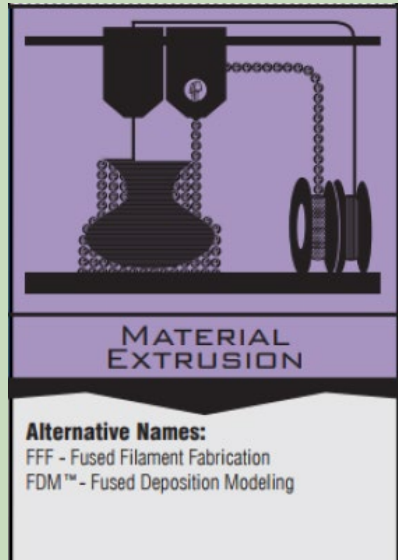
Fused Filament Fabrication (FFF) / Fused Deposition Modelling (FDM™)

FDM – Schmelzschichten

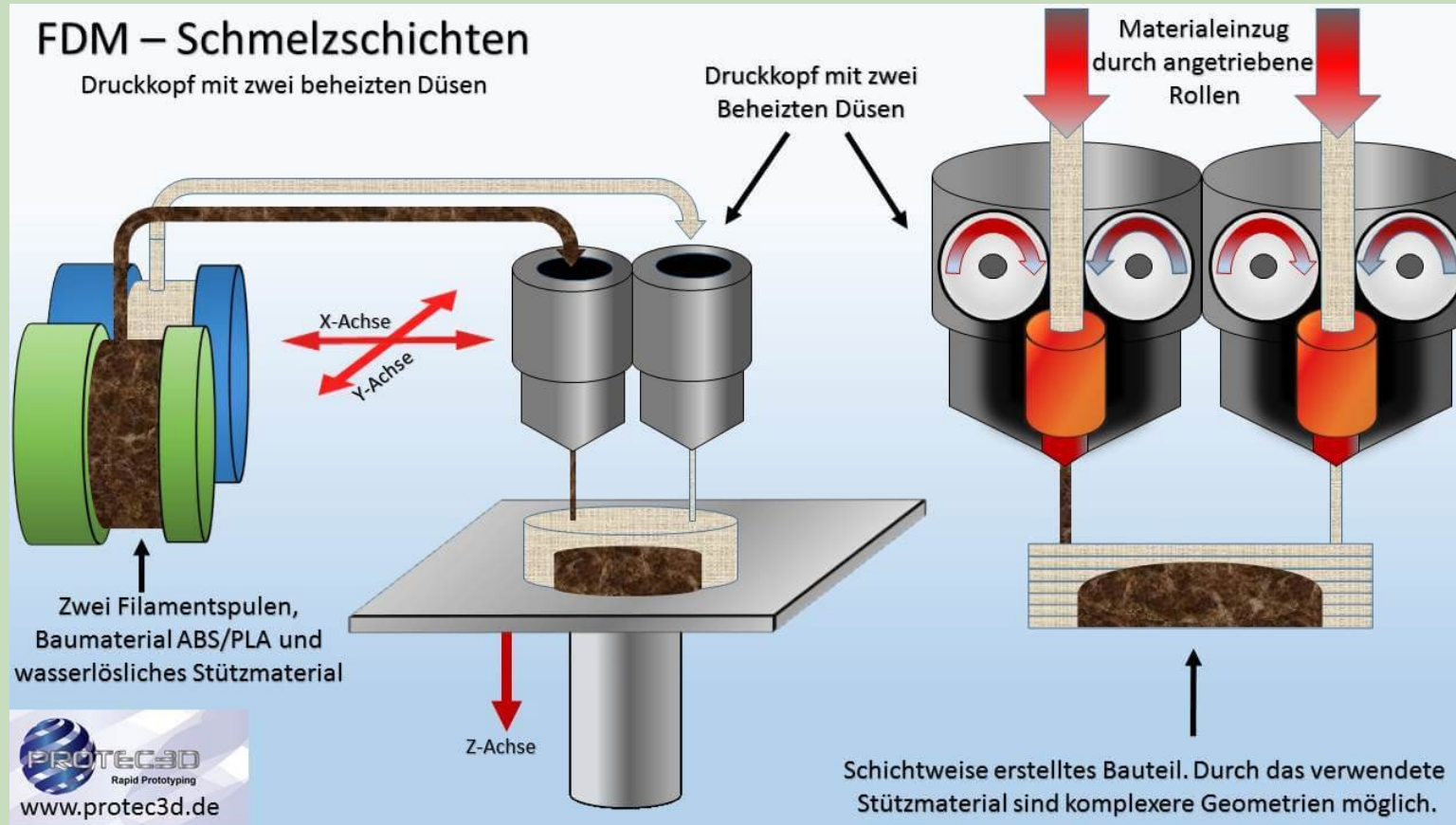
Druckkopf mit einer beheizten Düse



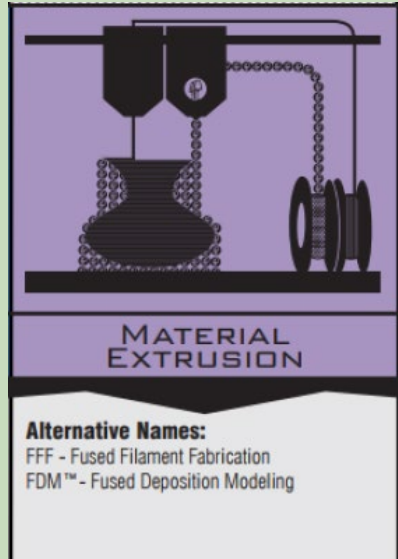
Material Extrusion



Fused Filament Fabrication (FFF) / Fused Deposition Modelling (FDM™)



Material Extrusion



Materialien:

- Thermoplastische Pellets oder Filamente
- Hochgefüllten Druckfarben mit hoher Viskosität

Vorteile:

- Materialien und Maschinen relativ günstig
- Breite Materialauswahl
- Einfachheit und Zugänglichkeit
- Multi-Material möglich

Nachteile:

- Sichtbaren Schichten auf der Oberfläche
- Eingeschränkte Detailgenauigkeit
- Längere Druckzeiten



MEX hat im Vergleich zu anderen 3D-Drucktechnologien eine niedrige Auflösung und ist daher nicht für Teile mit sehr kleinen Details geeignet.

Der Füllgrad hat ebenfalls Einfluss auf die Festigkeit eines Teils. Die meisten Drucker produzieren Teile mit einem Füllgrad von 20 %. Ein höherer Füllgrad führt zu einem festeren Teil, erhöht jedoch die Bauzeit und die Kosten.

Das schichtweise Druckverfahren bedeutet auch, dass MEX-Teile wahrscheinlich sichtbare Schichtlinien aufweisen und oft eine Nachbearbeitung erfordern, wenn eine glatte Oberflächenbeschaffenheit gewünscht ist.



MEX dient als schnelles, kostengünstiges Werkzeug für die **Prototypenerstellung und Designüberprüfung**. Es eignet sich auch für die Herstellung von Funktionsteilen, die hauptsächlich für den nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt sind. In diesem Abschnitt werden einige der gängigsten Anwendungen von MEX-Druckern vorgestellt.

Feingussmodelle

Die geringen Kosten der MEX-Materialien und die Geometrien, die mit diesem Verfahren hergestellt werden können, machen es zu einer guten Lösung für Feingussmodelle.

Da die in MEX-Teilen gedruckte Füllstruktur nicht massiv ist, kann auch weniger Material verwendet werden, was das Ausbrennen während des Gießprozesses erleichtert.





Elektronikgehäuse

Elektronikgehäuse oder -gehäuse sind eine der beliebtesten Anwendungen für den MEX-Druck. Mit MEX kann ein Konstrukteur innerhalb weniger Stunden einen Prototyp oder ein endgültiges Design erstellen, und das zu wesentlich geringeren Kosten als bei herkömmlichen Fertigungsmethoden.

3D-gedruckte Gehäuse bieten eine effektive Methode zur Überprüfung der Konstruktionsgeometrie, und mehrere der für den Druck von Gehäusen verwendbaren Materialien eignen sich für Endanwendungen.





Form- und Passformtests

Form- und Passformdesigns werden verwendet, um die Geometrie zu veranschaulichen und dem Designer haptisches Feedback zu geben. MEX ermöglicht die Erstellung von Kurven und organischen Formen, die mit herkömmlichen Fertigungstechniken nur schwer herzustellen wären.

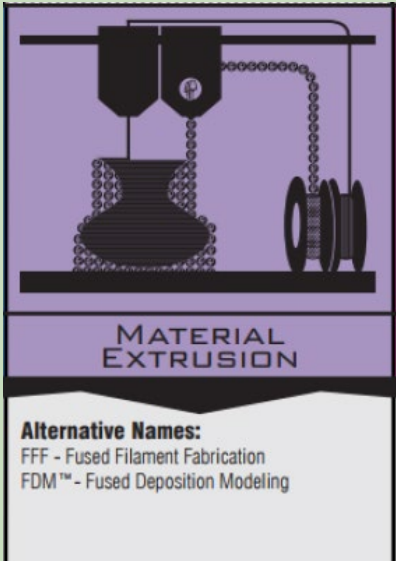
Vorrichtungen und Halterungen Der hohe Grad an Individualisierung und Komplexität, den MEX in einem Design ermöglicht, gepaart mit der Geschwindigkeit und Genauigkeit, mit der Teile hergestellt werden können, machen es für die Herstellung von Griffen, Vorrichtungen und Halterungen geeignet.



Materialien im Filament 3D- Druck



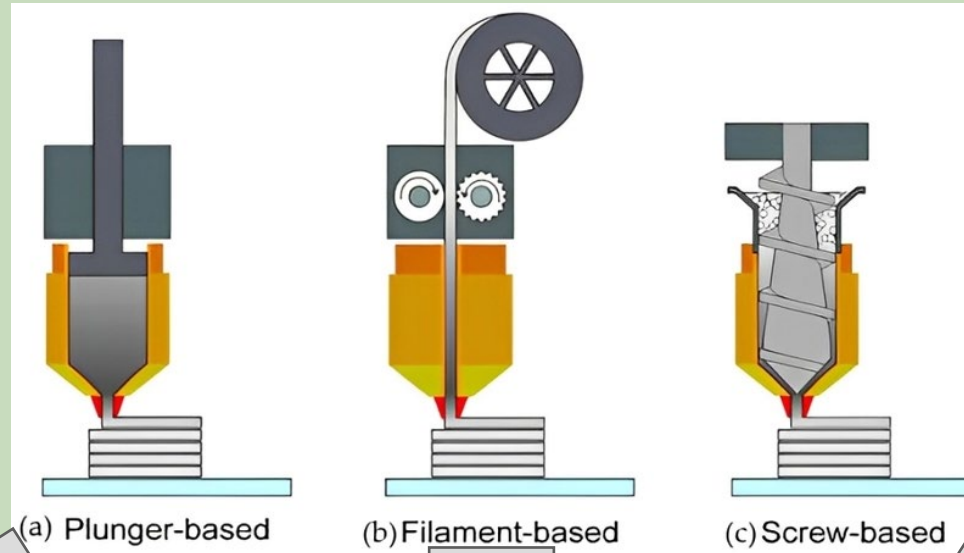
Material Extrusion



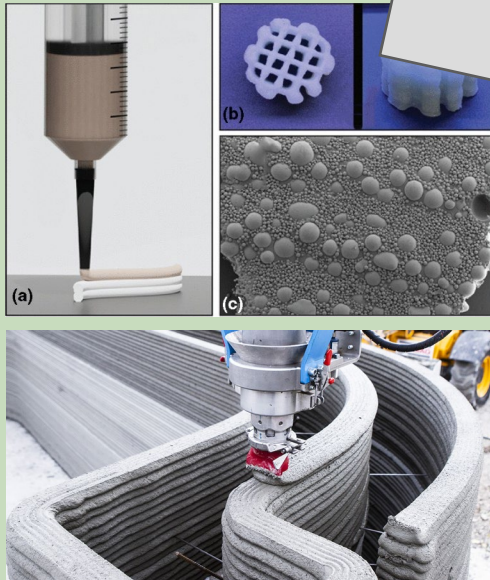
Material wird selektiv durch eine Düse oder Öffnung extrudiert.

- Die meisten der für MEX verwendeten Materialien sind Polymere.
- Bis zum Jahr 2012 waren die Materialien für MEX hauptsächlich auf Poly(milchsäure) (PLA) und Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) beschränkt.
- Im Gegensatz zur Photopolymerisation und zu pulverbasierten AM-Techniken ermöglicht MEX die Verwendung einer breiten Palette von Thermoplasten, die als Spulen im Handel erhältlich sind (Filament) oder direkt als Granulat verwendet werden können, und im Vergleich zu anderen 3D-Drucktechniken preisgünstig sind.
- Alternativ auch hochgefüllten Druckfarben mit hoher Viskosität.

Material Extrusion



Tinten /
Pasten



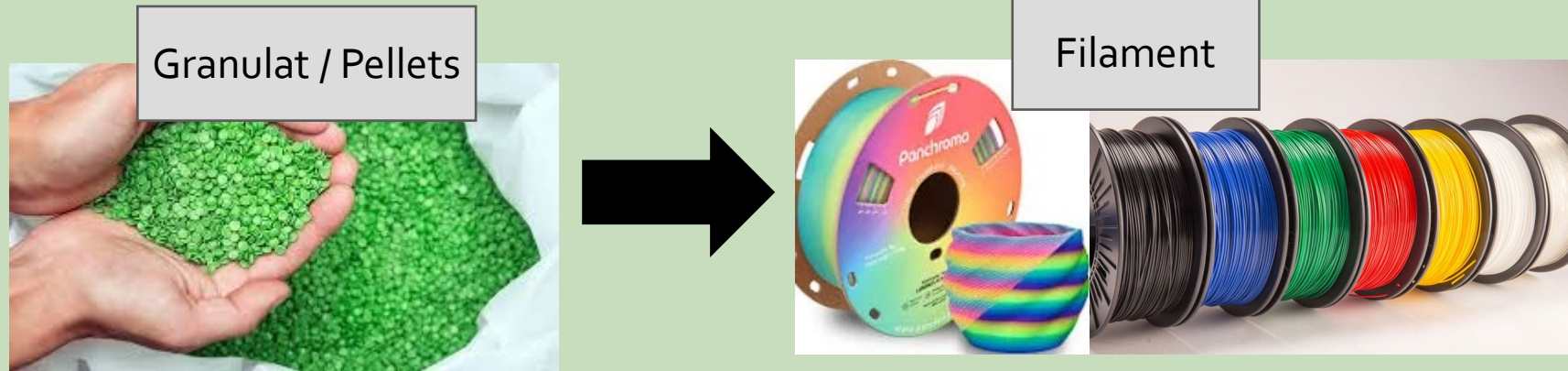
Filament



Granulat /
Pellets

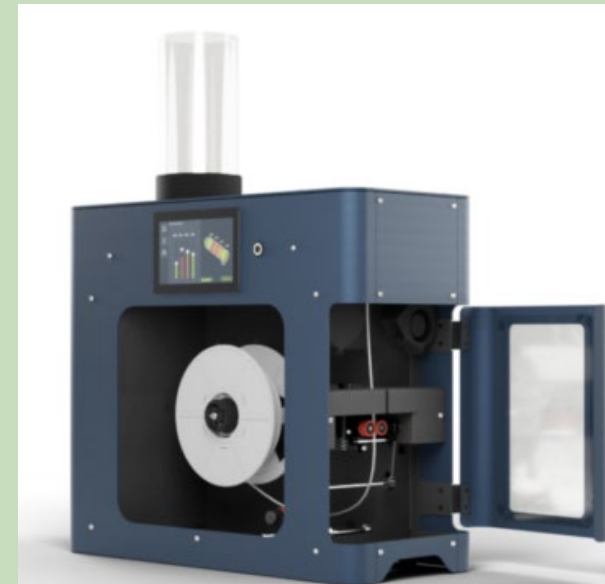


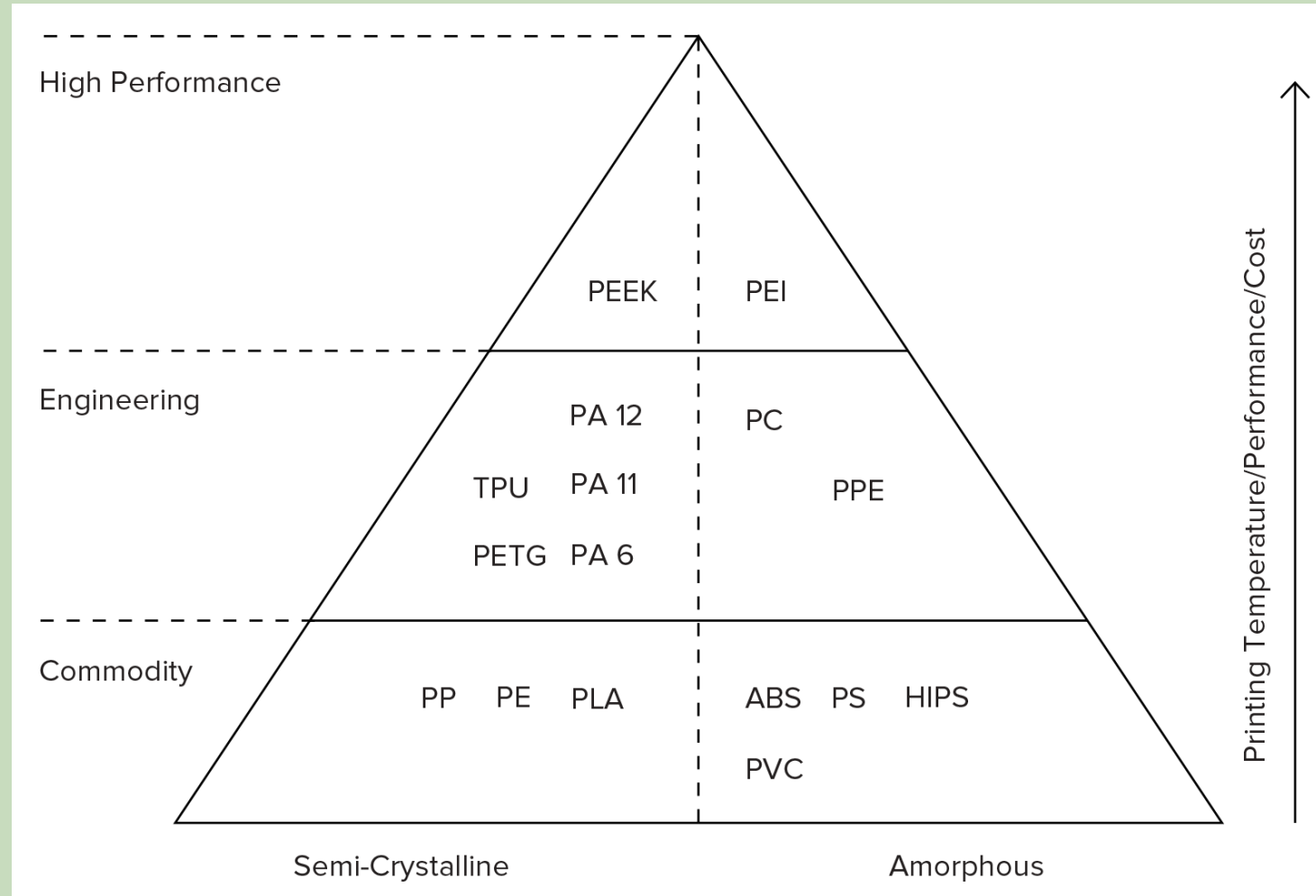
Material Extrusion



Granulat → Trocknen → (Mischen/Compoundieren) → Extrusion → Laser-Regelung → Kühlen → Spulen → QC + Verpackung

3D Printer Filament Extrusion Line







Polymilchsäure - PLA

- Biologisch abbaubar
- Aus nachwachsenden Rohstoffen wie Maisstärke hergestellt, aber auch Zuckerrohr- und Tapiokastärke sind erhältlich
- Am einfachsten zu druckenden Material, obwohl es dazu neigt, nach dem 3D-Druck leicht zu schrumpfen
- PLA hat einen relativ niedrigen Schmelzpunkt von 145-186 °C und lässt sich mit einer Temperatur von über 185-190 °C leicht zu Filament formen



PLA: 1 - 30 von 2575 Artikeln

-25%



2 Optionen

★★★★★ 4.7 (305)

Polymaker

PolyTerra PLA Charcoal Black, 1,75 mm / 1000 g

- Umweltfreundlicher
- Einfache Verarbeitung
- Gute Steifigkeit

€ 14,99 ~~€ 19,99~~ (€ 14,99 / kg)

Zustellung bis 18. Februar



Acrylonitrile butadiene styrene - ABS

- Relativ kostengünstig
- Widerstandsfähig gegen Stöße und Ermüdung, sowie hitze- und wasserbeständig
- Bessere Festigkeit und Zähigkeit als PLA, als auch bessere Beständigkeit gegen korrosive Chemikalien
- Schwieriger zu drucken, da es sich aufgrund eines hohen Schrumpfungsfaktors verziehen kann

ABS: 1 – 30 von 341 Artikeln

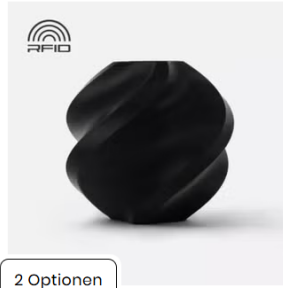


eSUN
ABS+ Black, 1,75 mm / 1000 g

★★★★☆ 4.1 (42)

- Robust & langlebig
- Hohe Zähigkeit & Schlagfestigkeit
- Einfach zu drucken

€ 15,49 (€ 15,49 / kg)
Zustellung bis 18. Februar

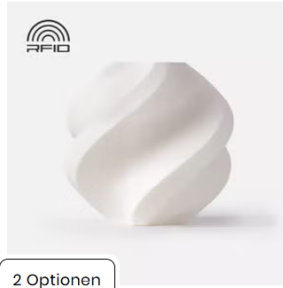


Bambu Lab
ABS Black, Refill (1.000 g)

★★★★★ 4.9 (7)

- Robust, wasser- & schlagfest
- Hohe Temperatur- & UV-Beständigkeit
- Ausgezeichnete mechanische Eigens...

€ 22,99 (€ 22,99 / kg)
Zustellung bis 18. Februar



Bambu Lab
ABS White, Spule (1.000 g)

★★★★★ 5.0 (6)

- Robust, wasser- & schlagfest
- Hohe Temperatur- & UV-Beständigkeit
- Ausgezeichnete mechanische Eigens...

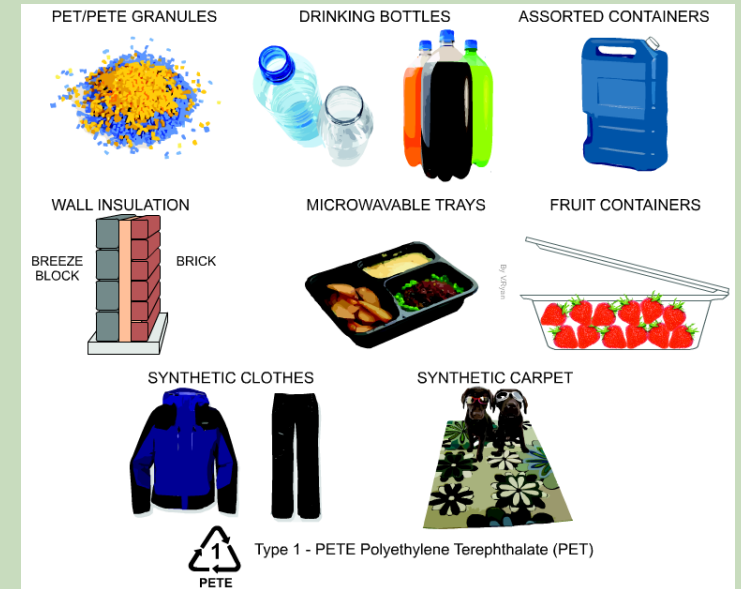
€ 25,99 (€ 25,99 / kg)
Zustellung bis 18. Februar





Polyethylenterephthalat - PET

- Teilkristalliner Thermoplast, gehört zur Familie der Polyester
- Ziemlich steif und gute chemische Beständigkeit
- Im Gegensatz zu ABS gibt PET beim Schmelzen keine geruchsintensiven Dämpfe ab, ist aber genauso stark und flexibel
- Glänzende Oberfläche, flexibel und lebensmittelecht, was es zu einer beliebten Wahl für viele Verbraucherprodukte macht
- PET-3D-Druckmaterialien müssen in Vakuumbiegeln oder -behältern gelagert werden, um sie vor Feuchtigkeit zu schützen





Glykolisierter Polyester - PETG

- Vereint Einfachheit des 3D-Drucks von PLA und die Stärke von ABS
- Hohe Transparenz
- Glykol wurde hinzugefügt, um die Sprödigkeit und damit die Zerbrechlichkeit zu verringern
- Im Vergleich zu ABS einfacher druckbar
- Ermöglicht die Herstellung von 3D-Produkten mit glatter Oberfläche und hervorragender Schlagfestigkeit
- Witterungsbeständig, wird häufig für Gartengeräte verwendet



PET / PETG: 1 – 30 von 887 Artikeln



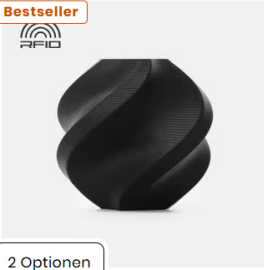
eSUN
PETG Black, 1,75 mm / 1000 g

★★★★☆ 4.5 (60)

- Hohe Klarheit & Hochglanz
- Hohe chemische Beständigkeit
- Ausgezeichnete Schlagfestigkeit

€ 15,99 (€ 15,99 / kg)
Zustellung bis 18. Februar

Bestseller



Bambu Lab
PETG HF Black, Spule (1.000 g)

2 Optionen

★★★★★ 4.9 (16)

- Für High Speed Druck
- Glatte, weiche Textur
- Mattes Finish

€ 25,99 (€ 25,99 / kg)
Zustellung bis 18. Februar



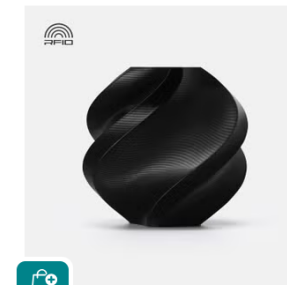
Thermoplastisches Polyurethan - TPU

- Gängiges flexibles Material: In der heutigen 3D-Druckszene sind die meisten flexiblen Angebote TPU-basierte Materialien
- Fähigkeit, sich bis zum 4,5-fachen seiner ursprünglichen Größe auszudehnen
- Gute Wahl für alle Drucke, die ein hohes Maß an Flexibilität und Stärke erfordern
- Häufig zum Drucken von Teilen wie Rädern, Federn, Stoßdämpfern und anderen flexiblen Objekten verwendet
- Nachteile sind oft Fäden und schwierige Nachbearbeitung



3DJAKE	Extra soft					Soft		Medium soft	Medium hard	Hard	Extra hard										
SHORE 00	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100										
SHORE A					0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100						
SHORE D											0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Jelly candy		Gel shoe insole		Rubber band		Pencil eraser		Rubber tires		Shoe heel		Skateboard wheel		Hard hat						

Flexibel: 1 – 30 von 316 Artikeln



★★★★★ 5.0 (5)

Bambu Lab

TPU for AMS Black, Spule (1.000 g)

- Nahtlose Integration mit AMS & AMS lite
- Zäh & flexibel
- Weniger Stringing

€ 39,99 (€ 39,99 / kg)

Zustellung bis 18. Februar



★★★★★ 4.6 (28)

Recreus

70A Filaflex Black Ultra-Soft, 1,75 mm / 500 g

- Hohe Haftung
- Kein Heizbett erforderlich
- Beständig gegen bestimmte Arten vo...

€ 45,49 (€ 90,98 / kg)

Zustellung bis 18. Februar



2 Optionen

★★★★★ 4.7 (99)

3DJAKE

TPU A95 Schwarz, 1,75 mm / 750 g

- Made in EU
- Hohe Flexibilität
- Gute Layerhaftung

€ 29,99 (€ 39,99 / kg)

Zustellung bis 18. Februar



Polycarbonat - PC

- Hervorragende mechanische Eigenschaften (Zähigkeit, Biegefestigkeit und Schlagzähigkeit)
- Hohe Wärmebeständigkeit von 150 °C bis 140 °C
- häufig für anspruchsvolle Anwendungen wie Funktionstests und Werkzeugbau verwendet
- Hygroskopisch → nimmt Feuchtigkeit aus der Luft auf → Trocknen / Lagerung
- Sollte mit beheizten Bauraum gedruckt werden, sonst können Eigenspannungen entstehen → Verformungen → Ausreichende Haftung zum Druckbett sicherstellen (Temperatur des Druckbetts: 90-105 °C, Umgebungstemperatur: ~250 °C) und Abstand zwischen Düse und Druckbett anpassen



PC: 1- 30 von 43 Artikeln



★★★★★ 5.0 (20)

Polymaker
Polymax PC Weiß, 1,75 mm / 750 g

- Zäher als normales PC
- Temperaturbeständig bis 110 °C
- Großartige mechanische Eigenschaft...

€ 44,99 (€ 59,99 / kg)
Zustellung bis 18. Februar



2 Optionen

★★★★★ 5.0 (2)

Extruder
DuraPro PC/PBT Black, 1,75 mm / 750 g

- Sehr gute mechanische Eigenschaften
- Hervorragende Temperaturbeständi...
- Ausgezeichnete chemische Beständi...

€ 53,99 (€ 71,99 / kg)
Zustellung bis 18. Februar



Nylon / Polyamid - PA

- Große Flexibilität, Schlag- und Abriebfestigkeit
- Mechanische Eigenschaften ähnlich ABS
- Erfordert das Vorhandensein einer Heizplatte im 3D-Drucker (etwa 80 °C erreichen kann)
- Stark hygroskopisch → sollte an einem trockenen Ort mit Silikagel gelagert werden
- Extrusionstemperatur etwa 250 °C
- Gute Alternative zu PC (oft leichter druckbar, bessere Lebensdauer, widerstandsfähig)
- Oft für Druck von Werkzeugen, Scharnieren oder Maschinenkomponenten verwendet



PA - Nylon: 1 - 30 von 71 Artikeln



3 Optionen

★★★★★ 4.8 (56)

Fiberlogy
Nylon PA12+CF15, 1,75 mm / 500 g

- Mit Carbonfasern verstärkt
- Hohe Zugfestigkeit
- Hohe Steifigkeit

€ 57,99 (€ 115,98 / kg)
Zustellung bis 18. Februar



2 Optionen

★★★★★ 4.9 (12)

Fiberlogy
Nylon PA12+GF15 Black, 1,75 mm / 500 g

- Hohe Schlagfestigkeit
- Chemikalienbeständigkeit
- Geringe Schrumpfung

€ 59,99 (€ 119,98 / kg)
Zustellung bis 18. Februar



2 Optionen

★★★★★ 5.0 (1)

Polymaker
Fiberon™ PA6-CF20 Black, 1,75 mm / 500 g

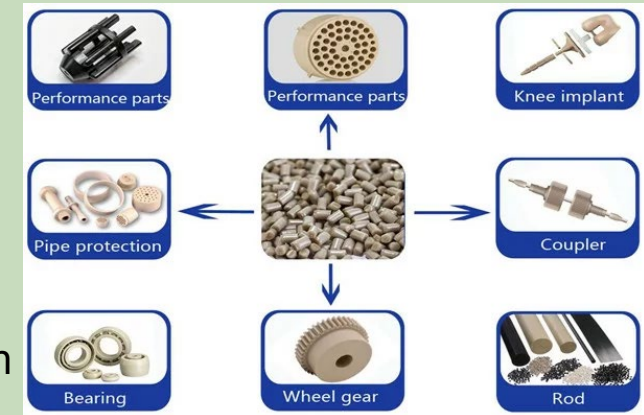
- Mit 20 % Kohlefasern
- Herausragende Steifigkeit, Stabilität &...
- Exzellente Schichthftung

€ 44,99 (€ 89,98 / kg)
Zustellung bis 18. Februar



Polyetheretherketon - PEEK

- Teilkristalliner Thermoplast aus der Familie der Polyaryletherketone (PAEK)
- Hohen Schmelztemperatur von ca. 343 °C
- Schwer zu drucken
- Hervorragende mechanische und chemische Beständigkeit (hohe Beständigkeit gegen biologischen und thermischen Abbau)
- Einsatz des Polymers unter extremen Bedingungen, die hohe Betriebstemperaturen oder mechanische Eigenschaften erfordern, wie z. B. Knochen, Lager, Kolbenteile, Fahrzeuge und Flugzeuge



Startseite / Shop / High Performance Filament / PEEK Filament / 3DXTech - ThermoX - PEEK Filament - Hellbraun - 1.75 mm

3DXTech – ThermoX – PEEK Filament – Hellbraun – 1.75 mm

PEEK - Hellbraun 0,25 - 0,5 kg PEEK Filament - Hellbraun - 3DXTech 1.75 mm Drucken Sie PEEK-Filament mit Ihrem 3D Drucker! ACHTUNG: Spezielles ...

[Mehr anzeigen](#)

Material-Typ: PEEK

ULTEM 1010 ULTEM 9085 HT-Support **PEEK** PEI-GF PEKK PPSU / RPSF PSU

Farbe: Hellbraun

Hellbraun Natur Schwarz?

Durchmesser: 1.75 mm

1.75 mm 2.85 mm

Nettogewicht 0,25 kg

0,25 kg 0,5 kg

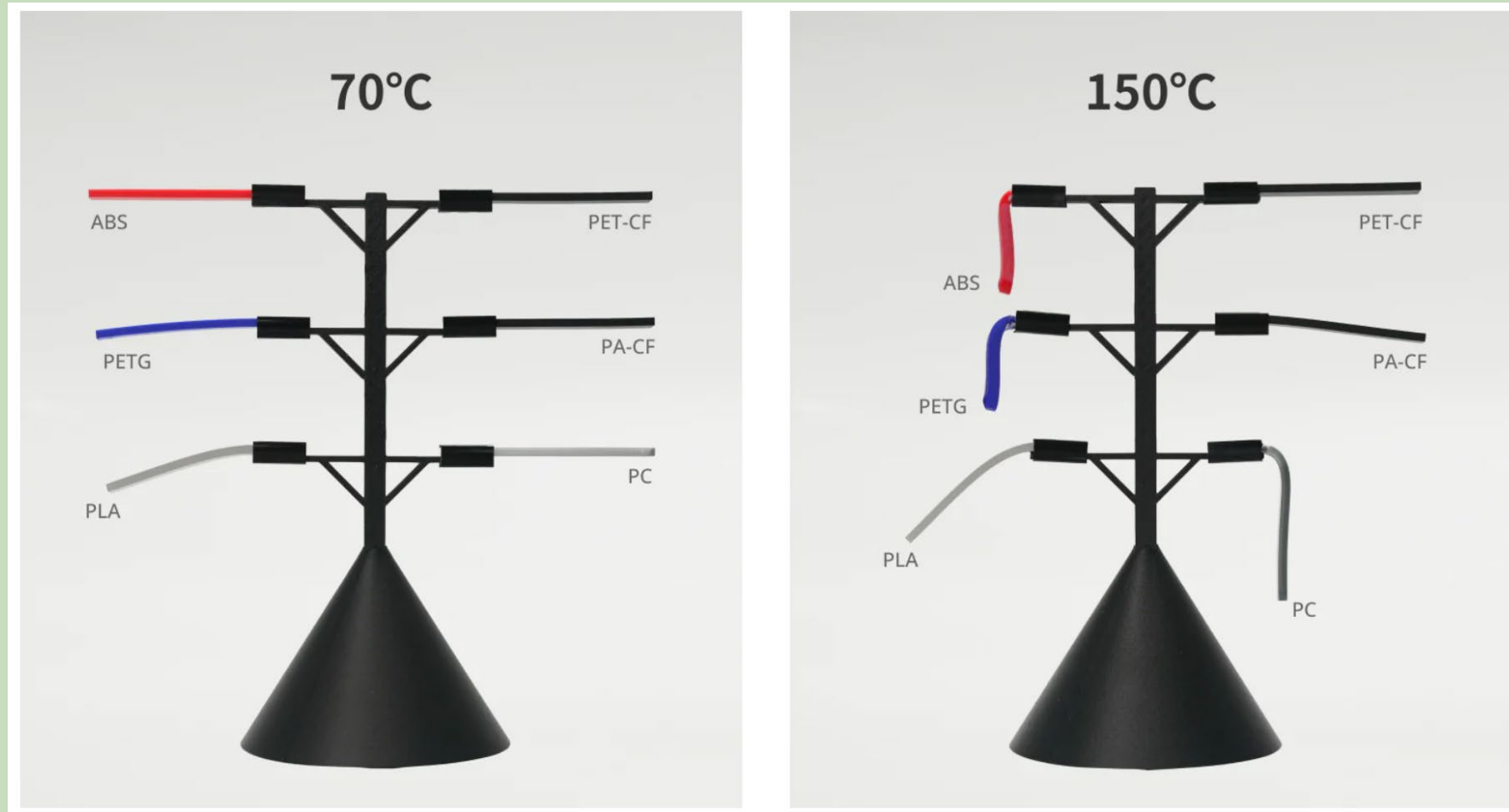
209,90 €

Inkl. 19 % MwSt.
839,60 € / kg



In der Tabelle werden sie die MEX Materialien hinsichtlich ihrer physikalischen und mechanischen Eigenschaften sowie der Druckbedingungen miteinander verglichen.

	PLA	ABS	Nylon6	PC	PETG	PEEK
Glasübergang (°C)	53-64	102-115	47-57	140-151	75-80	137-152
Schmelztemperatur (°C)	145-186	-	220	220-260	-	335-343
Wärmeverformungs- temperatur (°C)	56	100	190	190	71	160
Modul (GPa)	1.2-3.0	1.8-2.39	2.8-3.1	2.34	0.9-1.1	3.56
Zugfestigkeit (MPa)	28-50	25-65	79	62	55	92
Druck-Temperatur (°C)	190-220	220-250	220-270	260-310	230-250	360-450
Druckbett-Temperatur (°C)	45-60	95-110	70-90	80-120	75-90	120-150



Materialübersicht



FDM Filamente: Ein sich ständig weiterentwickelnder Markt

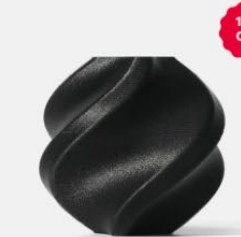
Vielfalt der Materialien

Innovationen und Zukunftstrends

Preis- und Markttrends

Möglichkeit zum Vergleich von Filamenten bei Bambu Lab

[3D Printer Filament Comparison Guide | Bambu Lab](https://www.3djake.at/3D-Printer-Filament-Comparison-Guide-Bambu-Lab)

 PLA-CF From €35,99 EUR 	 PETG-CF From €35,99 EUR 	 PAHT-CF From €48,59 EUR €53,99 EUR 	 PA6-CF From €38,24 EUR €44,99 EUR 
 PET-CF From €44,09 EUR €48,99 EUR 	 PA6-GF €56,69 EUR €62,99 EUR 	 ABS-GF €30,39 EUR €31,99 EUR 	 ASA-CF €37,04 EUR €38,99 EUR 

<https://www.3djake.at/>



Polymer-Verbundwerkstoffe

- MEX ermöglicht die heterogene Schichtung eines Materials für einen Laminatverbundwerkstoff
- Alternativ kann das Ausgangsmaterial schon zu einem Verbundmaterial formuliert werden
- Die Zusatzstoffe für das Polymer-Rohmaterial müssen die richtige Zusammensetzung aufweisen, um ein Extrudat zu erhalten, dessen Viskosität niedrig genug ist, um eine gleichmäßige Druckbarkeit und daher Bauteilqualität zu erreichen





Verbundwerkstoff-Filamente mit Fasern

Faserverstärkte Polymerverbundwerkstoffe haben aufgrund ihrer hohen mechanischen Eigenschaften bei geringem Gewicht ein großes Potenzial für die Strukturindustrie, einschließlich Luft- und Raumfahrt, Automobilbau und Energieanwendungen.

Sowohl diskontinuierliche Fasern (z. B. geschnittene Glasfasern, geschnittene Kohlenstofffasern und kurze Basaltfasern) als auch Endlosfasern (z. B. Glas-, Kohlenstoff- und Aramidfasern) werden als Verstärkung für den Verbundwerkstoff verwendet, aber mit Endlosfasern verstärkte Verbundwerkstoffe weisen im Vergleich zu den mit diskontinuierlichen Fasern verstärkten eine höhere Leistung auf. Denn Endlosfasern haben ein großes Längenverhältnis und sind in Verbundwerkstoffen normalerweise ausgerichtet.





Verbundwerkstoff-Filamente aus Kohlenstoff-Nanomaterialien

Da die Nachfrage nach individuell geformten, funktionellen Produkten steigt, werden 3D-Druckverfahren für Verbundwerkstoffe Kohlenstoffnanomaterialien wie Graphen/Graphit und Kohlenstoffnanoröhren (CNT) aufgrund ihrer hohen elektrischen und thermischen Stabilität, ihrer geringen Dichte und ihrer guten mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit und Zähigkeit) aktiv als Verstärkungsmaterialien eingesetzt.

Kohlenstoffverbundwerkstoffe mit hoher elektronischer Leitfähigkeit sind für viele potenzielle Anwendungen attraktiv, insbesondere im Bereich der Elektronik, einschließlich Energiespeicher, Sensoren und elektrisch leitfähige Strukturen.





Verbundfilamente aus Metallen

Metall-Polymer-Filamente werden auch aktiv in Energiespeichern, Halbleitern und Schaltkreisen eingesetzt. Die Filamente bestehen aus verschiedenen Materialien, von Kupfer und Bronze bis hin zu Eisen und rostfreiem Stahl.

Im Vergleich zum Metalldruck sind die metallverstärkten Verbundwerkstoffe einfach zu drucken, da sie keinen Hochtemperaturextruder benötigen, und kostengünstig, da keine spezielle Stromverteilung erforderlich ist.

Unter den vielen Metallarten werden Kupfer, Aluminium und Edelstahl in Pulverform aktiv als Verstärkung für Filamente verwendet.





Verbundwerkstoff-Filamente aus Keramik

Die hohe mechanische Festigkeit und Härte, die gute thermische und chemische Stabilität sowie die guten optischen und elektrischen Eigenschaften von Keramik machen sie zu einem vielseitigen Werkstoff.

Keramische Komponenten werden in der Regel mit konventionellen Technologien wie Spritzguss, Druckguss und Gelguss hergestellt, was jedoch viel Zeit in Anspruch nimmt und die Designflexibilität einschränkt. Keramiken werden häufig als Füllstoffe für den MEX-Druck verwendet, um verschiedene Anwendungen, einschließlich biomedizinischer und elektronischer Bereiche, zu ermöglichen.





Verbundwerkstoff-Filamente aus Biomaterialien
Anstelle von aus Erdöl gewonnenen Kunststoffen wie Nylon und PET können biobasierte Materialien, die aus kohlenstoffneutralen Rohstoffen wie Lignin gewonnen werden, dazu beitragen, die Umweltbelastung zu verringern.

Das umweltfreundliche Filament kann durch Zugabe von Lignin zu PLA hergestellt werden. Lignin ist vor allem in den faserigen Teilen verschiedener Pflanzen reichlich vorhanden.

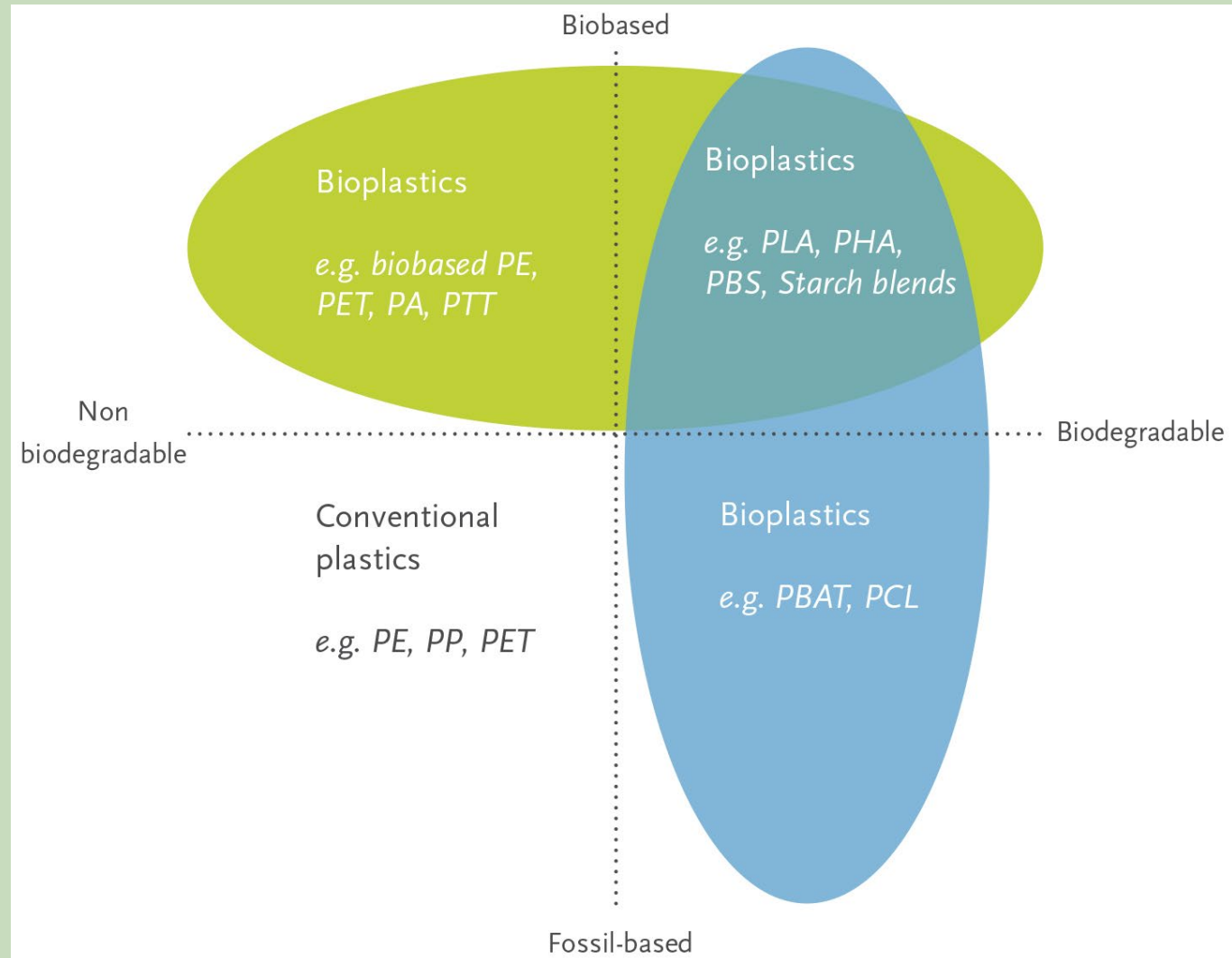


*Ein Kunststoff ist ein Biokunststoff, wenn er entweder **biobasiert** oder **biologisch abbaubar** ist oder beide Eigenschaften aufweist.*

- **Biobasiert:** Material wird (teilweise) aus Biomasse (Pflanzen) gewonnen.
Für Biokunststoffe verwendete Biomasse z.B. Mais, Zuckerrohr oder Zellulose.
- **Erneuerbare / Nachwachsende Rohstoffe:** Land- und forstwirtschaftlich erzeugte Produkte, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel Verwendung finden, sondern stofflich zur Erzeugung von Wärme, Strom oder Kraftstoffen zum Einsatz kommen.
- **Abbaubar:** Bezieht sich auf Polymere oder Kunststoffe, die durch Prozesse wie physikalische Zersetzung, chemische Zersetzung und biologische Zersetzung zerfallen.
- **Biologisch abbaubar:** Möglichkeit durch Mikroorganismen, die in der Umwelt vorhanden sind, in natürliche Stoffe wie Wasser, Kohlendioxid und Kompost zersetzt zu werden.



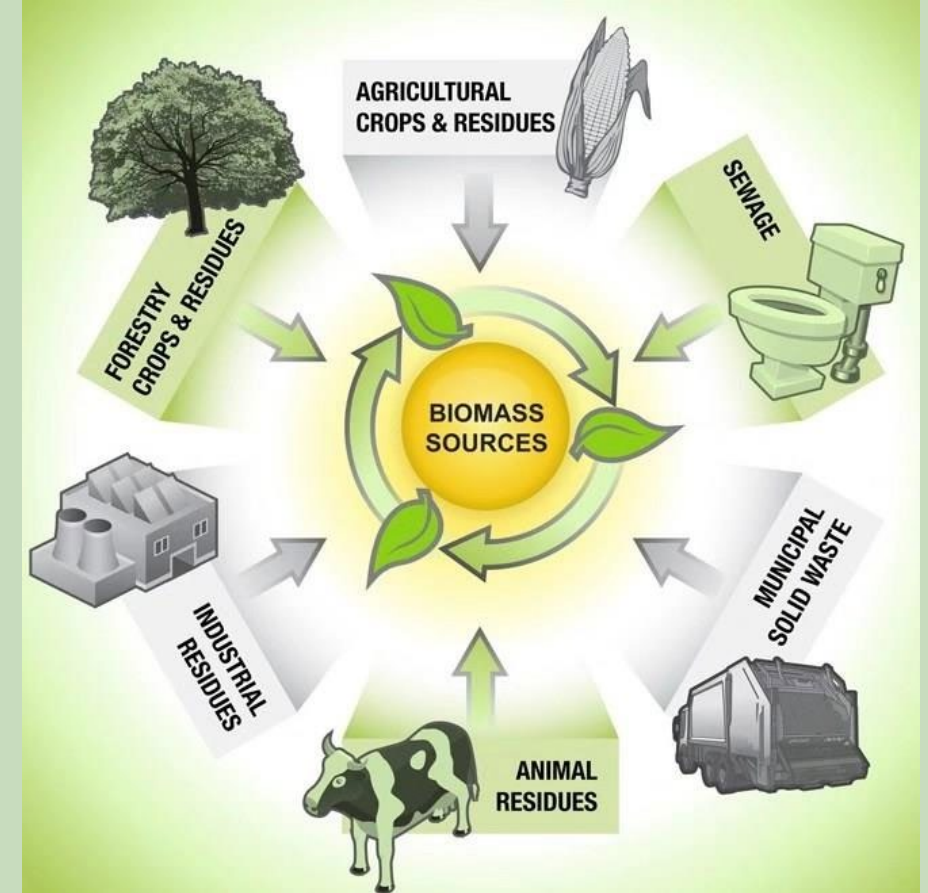
Biobasiert $\neq$ Biologisch abbaubar



Source: <https://www.european-bioplastics.org/>



- Biokunststoff wird meist aus erneuerbarer Biomasse gewonnen
- Biomasse umfasst Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen:
 - Zuckerrohr
 - Zuckerrüben
 - Mais- oder Kartoffelstärke
 - Kartoffel
 - Weizen
 - Pilze
 - Holz
 - Speiseöl
- Inhaltsstoff bestimmt die Verwendung sowie die Funktion des Endprodukts und ob es kompostierbar ist oder nicht



Quelle: <https://vincigenerator.com>



Herausforderungen

- Geringe mechanische Eigenschaften
- Feuchteinfluss
- Hochspezifische Eigenschaften einiger Biokunststoffe
- Schnelle Abbaugeschwindigkeit
- Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen und deren Bewässerung
- Recycling von nicht biologisch abbaubaren Biokunststoffen oder biologische Abbaubarkeit nur unter bestimmten Bedingungen
- Unbeständige Eigenschaften von Rohstoffen

Potentiale

- Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen
- Biokompatible Materialien
- Biologisch abbaubare Materialien (Verbleiben nicht in der Umwelt)
- Schritt in Richtung CO₂-neutrale Produktion
- Diversifizierung der Rohstoffquellen (Auch neue chemische Wege möglich)
- Verringerung der Toxizität bei der Herstellung



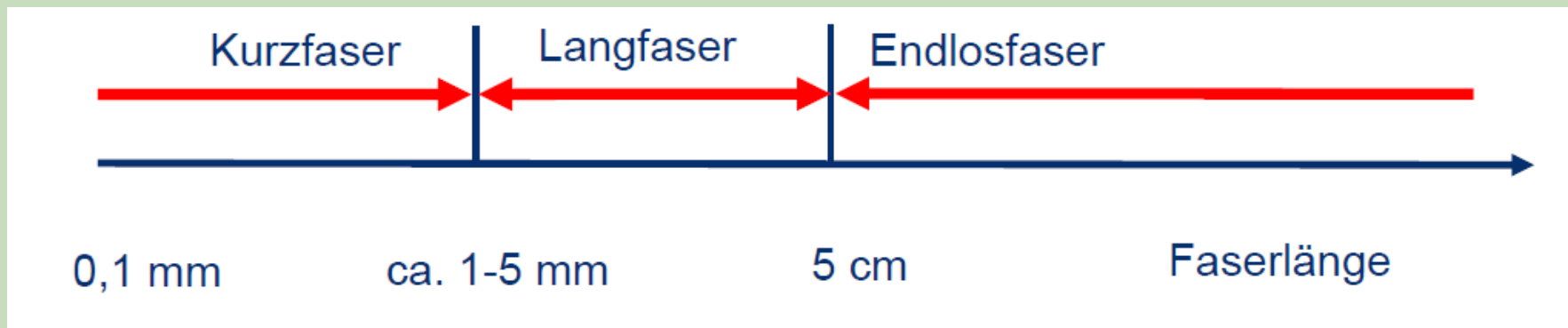
- Nur wenige Polymere sind so wie die Synthese sie liefert verarbeit- und verwendbar
- Erforderlich ist mindestens ein **Schutz gegen Wärme- und Sauerstoffeinwirkung** sowie andere Umweltbedingungen, die zum Beispiel bei der Lagerung auftreten können
- Außerdem erfordert die jeweilige Anwendung eine mehr oder weniger große Anzahl von Zusatzstoffen:
 - *Verstärkungsstoffe (aktive Zusatzstoffe)*
 - *Füllstoffe (inaktive Zusatzstoffe)*
 - *Additive*





Fasern:

- Einteilung nach Herkunft:
 - **Chemiefasern:** *Anorganisch* (Glas, Basalt) und *organisch* (Aramid, Kohlenstoff/Carbon, PE, PP)
 - **Naturfasern:** Hanf, Jute, Flachs, etc.
- Einteilung nach Länge:
 - Kurzfasern: $l/d > 10$, geringste Kraftübertragung
 - Langfasern: $l/d > 1000$
 - Endlosfasern: $l/d \rightarrow \infty$, höchste Kraftübertragung





Glas-Fasern:



Kurzglasfasern



Gewebe



Wirrfasermatte

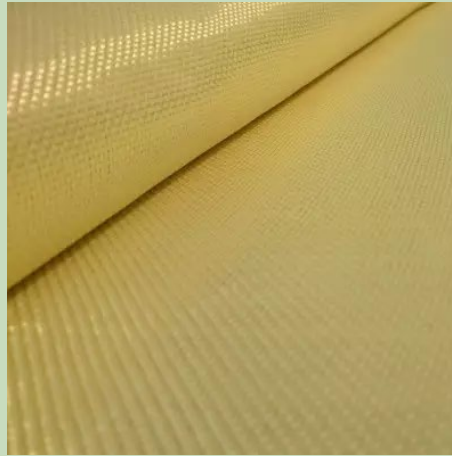
- Niedriger Preis (2-3 €/kg)
- Amorphe Struktur
- Isotrope Eigenschaften
- Hohe Festigkeit bei Bruch
- Gute Drapierbarkeit
- Geringe Neigung zum Kriechen
- Geringe Feuchtigkeitsaufnahme



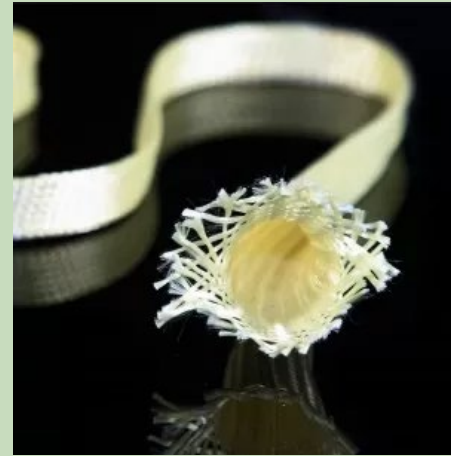
Aramid-Fasern:



Kurzglasfasern



Gewebe



Schläuche

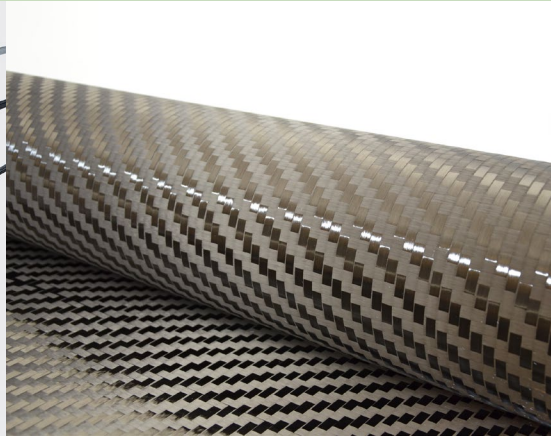
- Geringere Dichte als C-Fasern
- Hochgradig anisotropes Verhalten
- Gutes Dämpfungsverhalten (Im Vergleich zu G- & C-Fasern)
- Hohe Zähigkeit; Vorteilhaft für Stoßereignisse
- Geringe Druckfestigkeit in Faserrichtung (Träge Faseroberfläche)
- Geringe Affinität zum Kriechen
- Hoher Preis (30 €/kg)



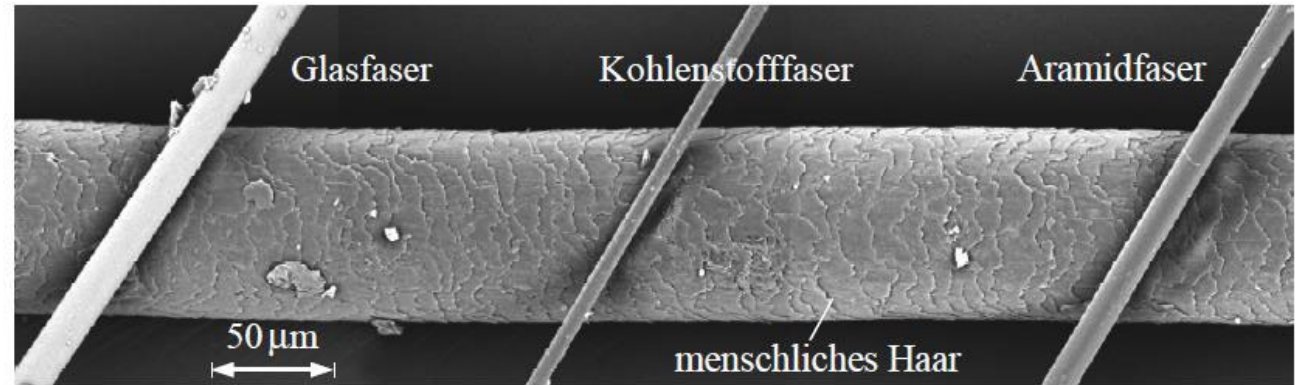
Carbon-Fasern:



Roving



Gewebe



Größenvergleich

- Hohe Festigkeit und Steifigkeit
- Geringe Dichte
- Anisotropes Verhalten
- Die mechanischen Eigenschaften können während des Herstellungsprozesses angepasst werden
- Hoher Preis (25-1000 €/kg)



Natur-Fasern:



Hanf



Jute



Flachs

- Gute thermische und akustische Isolierung
- Sehr gute Hautverträglichkeit
- Gute Umweltverträglichkeit (Je nach Art des Matrixharzes)
- Preiswerter Rohstoff
- Gute thermische und stoffliche Wiederverwertbarkeit
- Geringe Zugfestigkeit
- Stark wechselnde Eigenschaften je nach Herkunft und Wachstumsbedingungen



Mechanische Kennwerte der Fasern im Vergleich:

Material	Dichte [g/cm ³]	E-Modul [GPa]	Spezifischer E-Modul [GPa / g/cm ³]	Zugfestigkeit [GPa]	Bruchdehnung [%]
E-Glas (2-3 €/kg)	2,55	70	27	3 - 4	4
Kohlenstoff (25-1000 €/kg)	1,75	275 - 400	157 - 230	3 - 5,7	0,5 - 3
Hanf (< 1 €/kg)	1,45	70	48	0,6	0,8



- *Erhöhen das Volumen und verringern den Preis*
- Zusätzlich: Erhöhung von Dichte, E-Modul, Härte und Wärmeformbeständigkeit
- Außerdem kann eine geringere Schwindung erwartet werden, da der Füllstoff selbst kaum schwindet
- **Nachteile:**
 - Reduzierung der Dehnfähigkeit und Zähigkeit
 - Beim Zerspanen erhöhter Werkzeugverschleiß
 - Rückstände bei der Verbrennung („Glührückstand“)

Inaktive Zusatzstoffe



Organische Füllstoffe

Holzmehl
0,155 – 0,135 €/kg



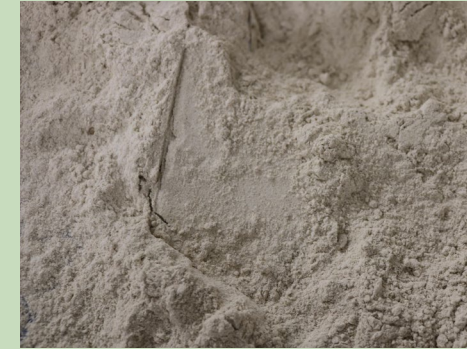
Quelle: www.lesprom.com/

Zellulosepulver
0,9 – 1,8 €/kg



Quelle: www.celluloseankit.com/

Schalen- und Kernmehl
0,27 – 0,34 €/kg



Quelle: www.regiothek.de

Anorganische Füllstoffe

Calciumcarbonat (Kreide)
0,09 – 0,27 €/kg



Quelle: www.zipworld.de

Talkum
0,16 – 0,40 €/kg



Quelle: www.diebrise.at/

Feldspat
0,11 – 0,25 €/kg

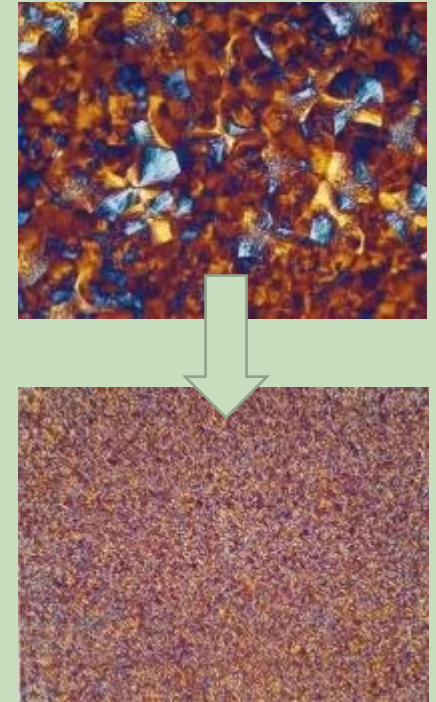


Quelle: www.alibaba.com



Funktionszusatzstoffe: Wirksamkeit hängt von Löslichkeit und Verteilung im Polymer ab

- *Fließhilfsmittel* (Viskositätserniedrigende Zusätze zur leichteren Verarbeitbarkeit)
- *Weichmacher* (Erhöhen Dehnbarkeit und senken Steifigkeit)
- Zumischung anderer Polymere – Bildung von *Polymerblends* (z.B. PC/ABS)
- Schlagzähmodifizierer (Dehnfähige Partikel)
- *Keimbildner / Nukleierungsmittel* (Bilden viele kleine Spärolithe zur Erhöhung des Kristallisationsgrads)
- *Haftvermittler* (Substanzen, die in der Grenzfläche zwischen Stoffen eine enge physikalische und/oder chemische Bindung herstellen)
- Veränderung der *Wärmeleitfähigkeit* (z.B. durch Zugabe von Kupfer, Graphit, Bornitrid)



Quelle:
www.prozesstechnik.industrie.de

Druckerarten, Modelle und Preise

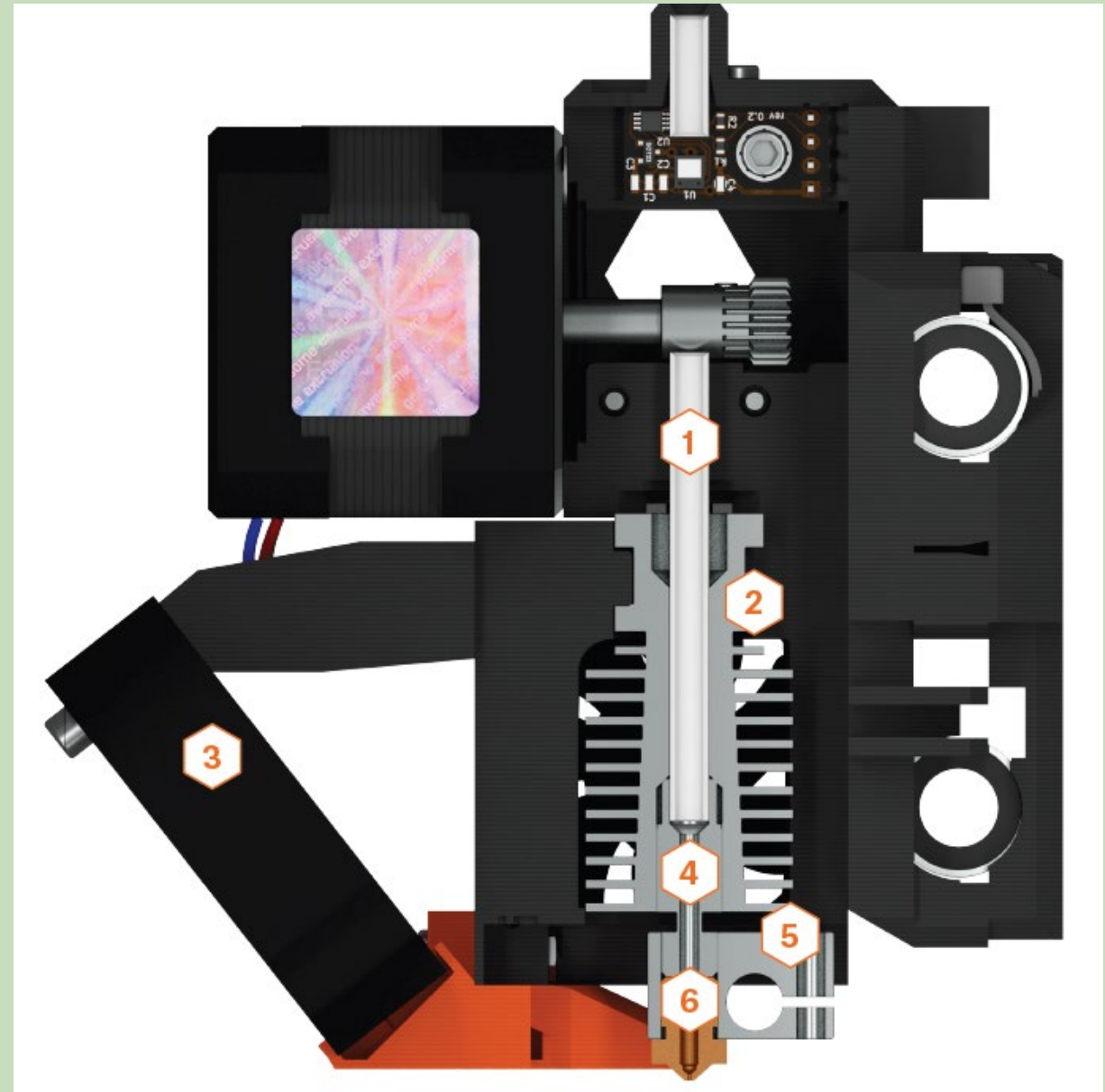
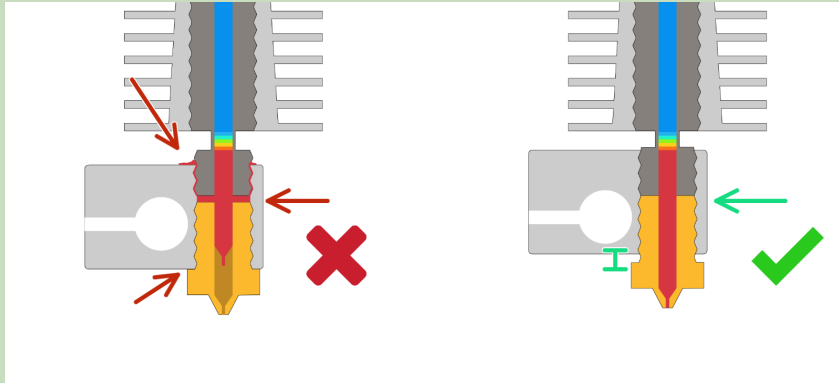


Druckerarten



Extruder Aufbau (Direct-Extruder)

1. PTFE-Schlauch
2. Kühlkörper
3. Lüfter/Bauteilkühlung
4. Heat break
5. Heizblock
6. Düse





Direct-Extruder

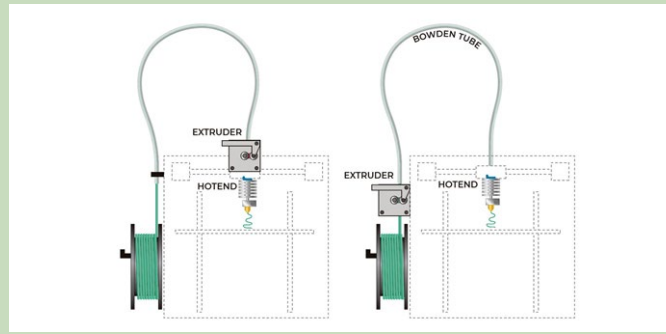
Extrudermotor sitzt direkt am Hotend

+

- Bessere Steuerung des Filaments
- Kürzere Retraktionswege
- Schlauchreibung

-

- Druckkopf wird schwerer
- Massenträger



Bowden Tube Extruder

Extruder ist am Rahmen des Druckers montiert, das Filament wird durch einen PTFE-Schlauch (Bowden-Tube) zur Düse geführt

+

- Geringere bewegte Masse

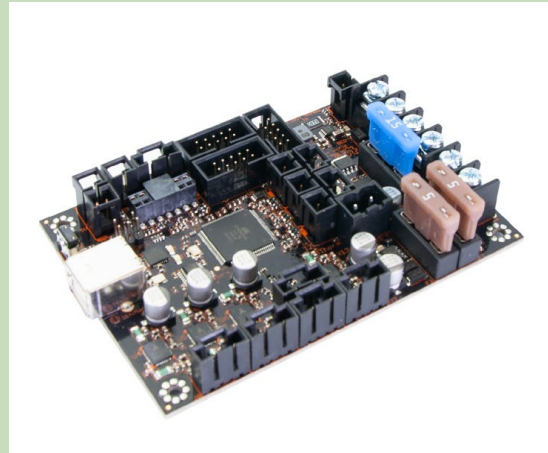
-

- mehr Schlauchreibung
- Verzögerung im Filament Vorschub
- Vorschub flexibler Filamente schwierig
- größere Retraktion nötig
- Feinjustierung erforderlich



Drucker Komponenten

- Beheiztes Druckbett
- Rahmen
- Schrittmotoren
- Mainboard
- Optional Gehäuse
- Optional Kamera





FDM Düsen Material

Messing

- Geringe Kosten
- Hohe Wärmeleitfähigkeit
- Geringe Verschleißfestigkeit
- Nicht für stark abrasive Materialien geeignet

Beschichtete Düsen

- Höhere Verschleißfestigkeit als normales Messing oder Kupfer
- Perfekter Allrounder
- Hohe Temperaturbeständigkeit
- Hohe Wärmeleitfähigkeit
- Nicht so hart wie gehärteter Stahl
- Nicht für die dauerhafte Verwendung mit abrasiven Materialien geeignet





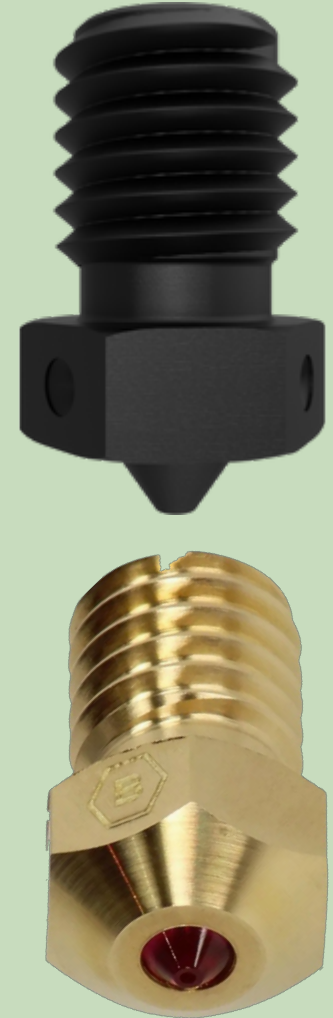
FDM Düsen Material

Düsen aus gehärtetem Stahl

- Hohe Verschleißfestigkeit
- Sehr langlebig
- Geeignet für abrasive Materialien
- Geringere Wärmeleitfähigkeit
- Geringere Druckqualität
- Höhere Kosten

Rubin-Düsen

- Hohe Wärmeleitfähigkeit wegen Messingkörper
- Hohe Verschleißfestigkeit
- Hohe Temperaturbeständigkeit
- Höhere Kosten

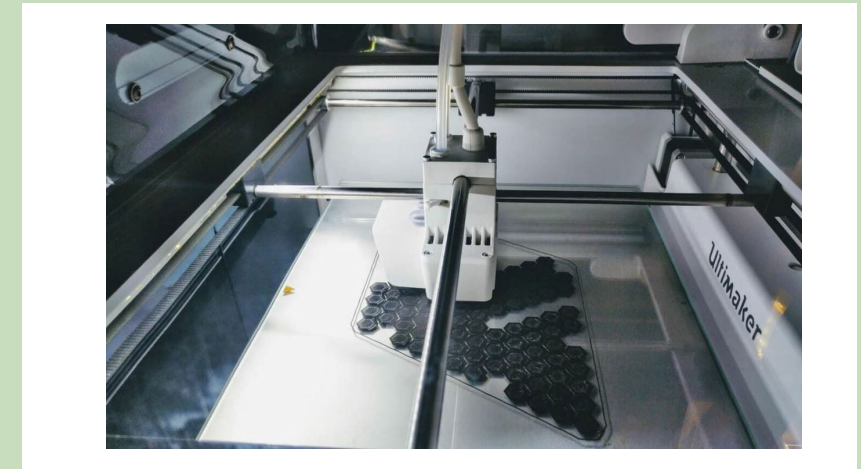
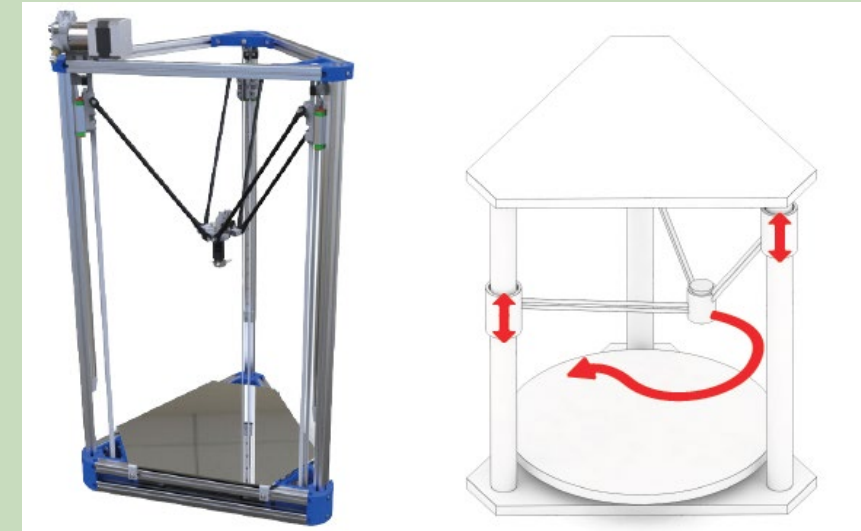
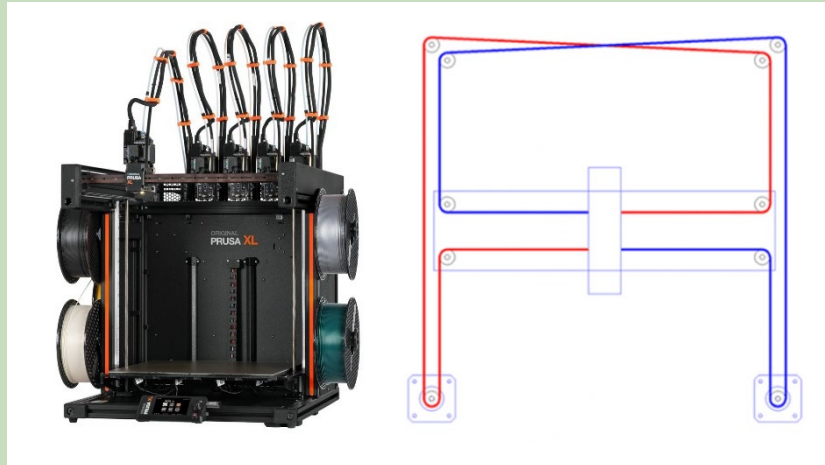
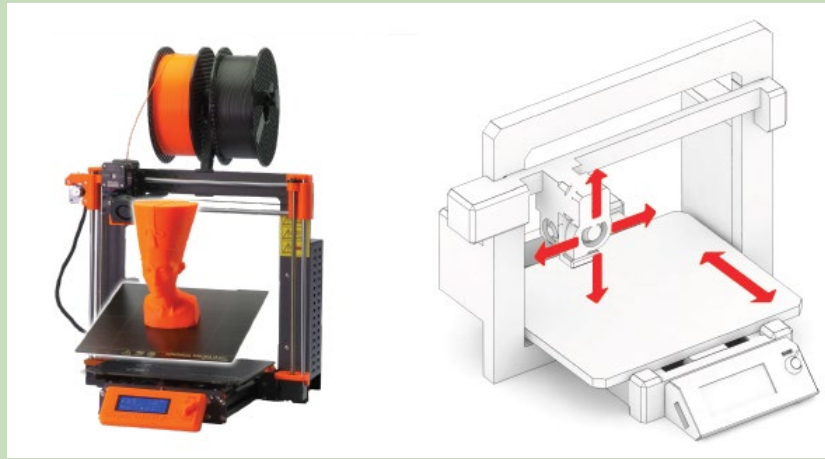


Druckerarten



Drucker Kinematik

- Kartesische Drucker
- Delta Drucker
- CoreXY
- Crossed gantry (Ultimaker)





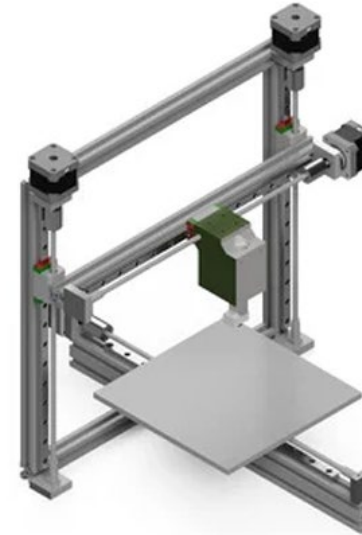
Drucker Kinematik - Kartesische Drucker

+

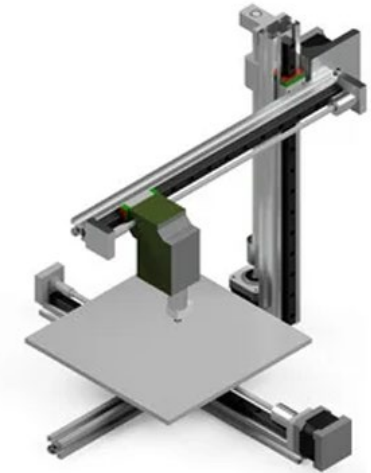
- Einfacher Aufbau
- einfachere Wartung
- Niedrigere Kosten

-

- Hohe bewegte Masse – Beschleunigung
- Langsam
- Großes Gerät
- Offene Bauweise



Bed Slinger



Cantilever



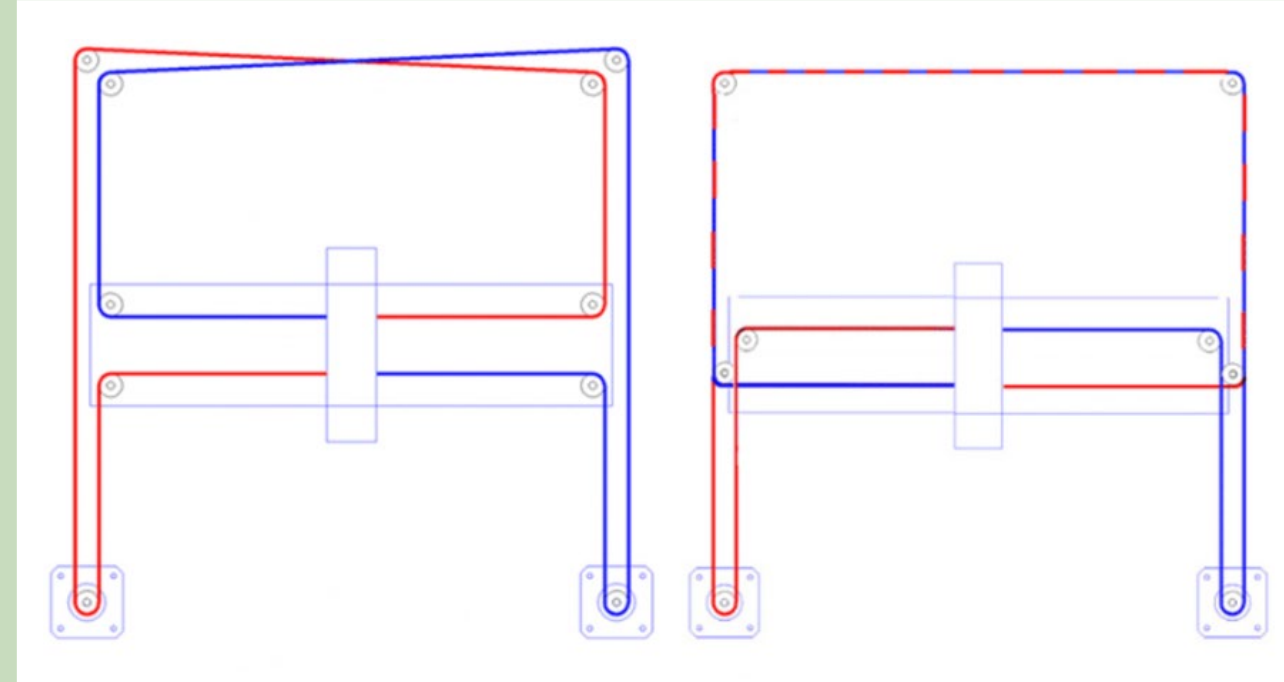
Drucker Kinematik – CoreXY Drucker

+

- Höhere Druckgeschwindigkeiten (wenig bewegte Masse)
- Quality (weniger Vibrationen)
- mehr Druckfläche bei geringerem Platzbedarf

-

- Wartung
- Skalierbarkeit





FDM Desktop Drucker Übersicht 1



Prusa MK4S MMU3 Enclosure Bundle – 1809 €
Bauvolumen: 250 x 210 x 220



Bambulab X1C Combo – 1259 €
Bauvolumen: 256 x 256 x 256

Creality Ender-3 V3 KE– 255 €
Bauvolumen: 220 x 220 x 240





FDM Desktop Drucker Übersicht 2



Raise3D Pro3 HS – 4.999 €
Bauvolumen: 300 x 300 x 300
Dual-nozzle



Bambulab H2D Combo – 2.218 €
Bauvolumen: 350 x 320 x 325
Dual-nozzle Multi-material 3D Printing

Ultimaker S8 – 8.249 €
Bauvolumen: 330 x 240 x 300
Filament Ø: 2,85 mm
Dual-nozzle





FDM Industriedrucker 1



Stratasys F170 ≈ 25.000 €

Bauvolumen: 254 x 254 x 254

Einstellmöglichkeiten im Slicer begrenzt

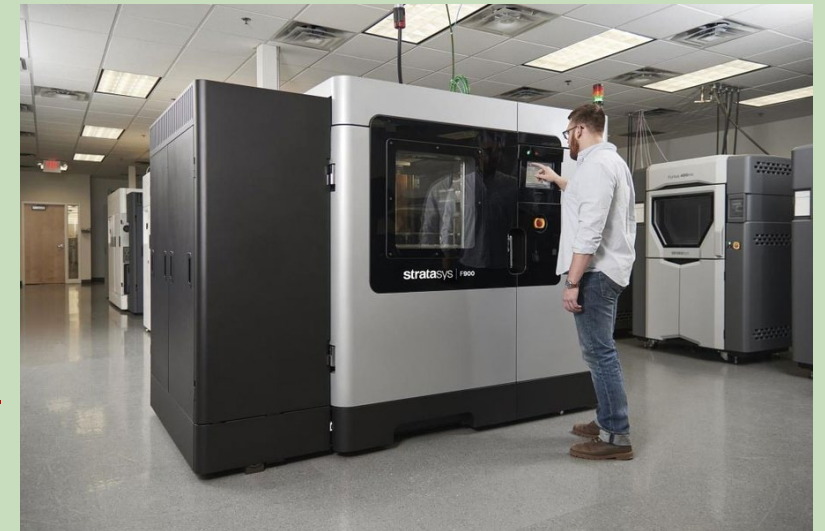
Filamente und Slicer von Stratasys muss verwendet werden

Stratasys F900 – ab 100.000 €

Bauvolumen: 914 x 610 x 914

Für Hochleistungsmaterialien wie ULTEM und VICTREX

[Link Video](#)





FDM Industriedrucker 2



Evo-tech EL-40 – 27.467 €
Bauvolumen: 400 x 260 x 400
Offenes System

Evo-tech EL-40 – 76.692 €
Bauvolumen: 570 x 450 x 570
Offenes System





FDM Drucker Großformat Drucker



Bigrep one $\approx$ 25.000 €
Bauvolumen: 1000 x 1000 x 1000

IT3D X1000 $\approx$??? €
Bauvolumen: 1000 x 1000 x 1000





3D-Drucker: Prusa XL

- Druckbett 360 x 360 x 360 mm (X x Y x Z)
- Wägezellen-Sensor zur Druckbettvermessung
- Maximale Düsentemperatur - 290 °C
- Beheizte flexible Druckbleche bis 120 °C
- Slicer: Prusa Slicer
- Filament Durchmesser: 1,75 mm
- Preis: ab 2.299 € mit einem Extruder ohne Gehäuse
- Preis: 4.388,05 € mit fünf Extruder und Gehäuse





3D-Drucker: A1 mini Combo

- Druckbett 180 x 180 x 180 mm (X x Y x Z)
- Maximale Düsentemperatur - 300 °C
- Beheizte flexible Druckbleche bis 80 °C
- Slicer: Bambu Studio
- Filament Durchmesser: 1,75 mm
- Preis: 299 € mit AMS lite



*The filaments in the picture are sold separately



Verwendung unterschiedlicher Druck Oberflächen

- Glas
- Kunststoff Druckbett (Stratasys F170)
- Flexible Stahlbleche mit verschiedenen Beschichtungen und Strukturen
- 3D Effekt Druckbett



Nahaufnahme eines gedruckten Objekts auf dem

Glatten Blech



Nahaufnahme eines gedruckten Objekts auf dem

Texturierten Blech



Nahaufnahme eines gedruckten Objekts auf dem

Satinierten Blech



Nahaufnahme eines gedruckten Objekts auf dem

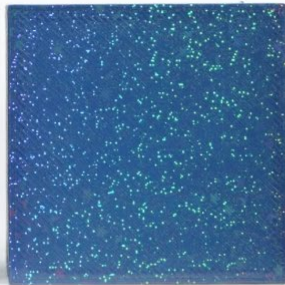
PA-Nylon-Blech



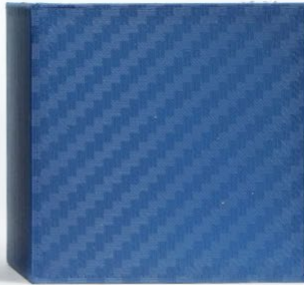
Diamond Surface



Starry Surface



Galaxy Surface



Carbon Fiber Surface

Druckparameter verstehen



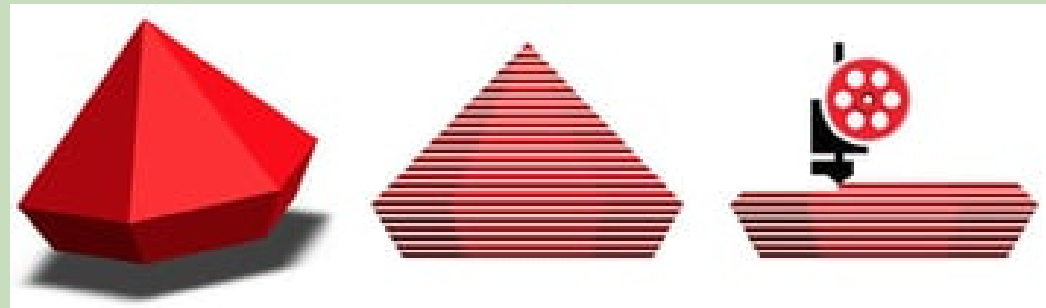
Slicing



Um ein Modell erfolgreich für den 3D-Druck vorzubereiten, benötigt der Slicer zwei verschiedene Eingaben:

- das **3D-Modell**
- die **Druckparameter**, die der Maschine mitteilen, wie der eigentliche Druckvorgang durchgeführt werden muss.

„Ein Slicer funktioniert wie ein Dolmetscher, der die STL-3D-Daten in eine Sprache übersetzt, die Ihr Drucker verstehen kann. Er wandelt die 3D-Geometrie in eine Reihe horizontaler Schichten um und berechnet den genauen Weg, den die Düse des Druckers beim Auftragen dieser Schichten zurücklegen wird.“





Die **Druckparameter**, die dem Gerät mitteilen, wie der eigentliche Druckvorgang durchgeführt werden soll, werden über das Slicer-Programm eingestellt. In dieser Phase können letzte Anpassungen wie die Druckausrichtung, die Skalierung oder sogar das Zerschneiden unseres Entwurfs in mehrere Teile vorgenommen werden.

Die **Druckparameter umfassen** alle in der vorherigen Sitzung besprochenen Aspekte, wie z. B.:

- Schichthöhe und -dicke, Füllprozentsätze und -muster
- Platzierung und Form der Stützstruktur
- Düsen- und Betttemperaturen, Lüftersteuerung, Druckkopfgeschwindigkeit
- Druckerspezifische Parameter (da jeder Drucker eine andere Konfiguration, einen anderen Druckbereich, eine andere Bauplatte usw. hat)

Darüber hinaus bieten die meisten Slicing-Programme einige Komfortfunktionen, wie z. B.:

- Vorschau-Modus, der mögliche Risikobereiche identifiziert
- Schätzungen der Druckzeit und des Materialbedarfs

Slicing



SlicerSoftware

Ultimaker Cura (Cura)

Open-Source Slicer-Software

Fertige Konfigurationen stehen zur Verfügung

Cura unterstützt auch Drucker anderer Hersteller

PrusaSlicer (Prusa)

PrusaSlicer Version **2.9.4**

Open-Source Slicer-Software

Fertige Konfigurationen (Drucker-/Filament-Profile) stehen zur Verfügung

Unterstützt auch Drucker anderer Hersteller (Profile im Konfigurations-Assistenten aktivierbar)

Bambu Studio (Bambu Lab)

Bambu Studio Version **2.5.0.66**

Open-Source Slicer-Software

Fertige Konfigurationen/Profiles für Bambu Lab Drucker stehen zur Verfügung



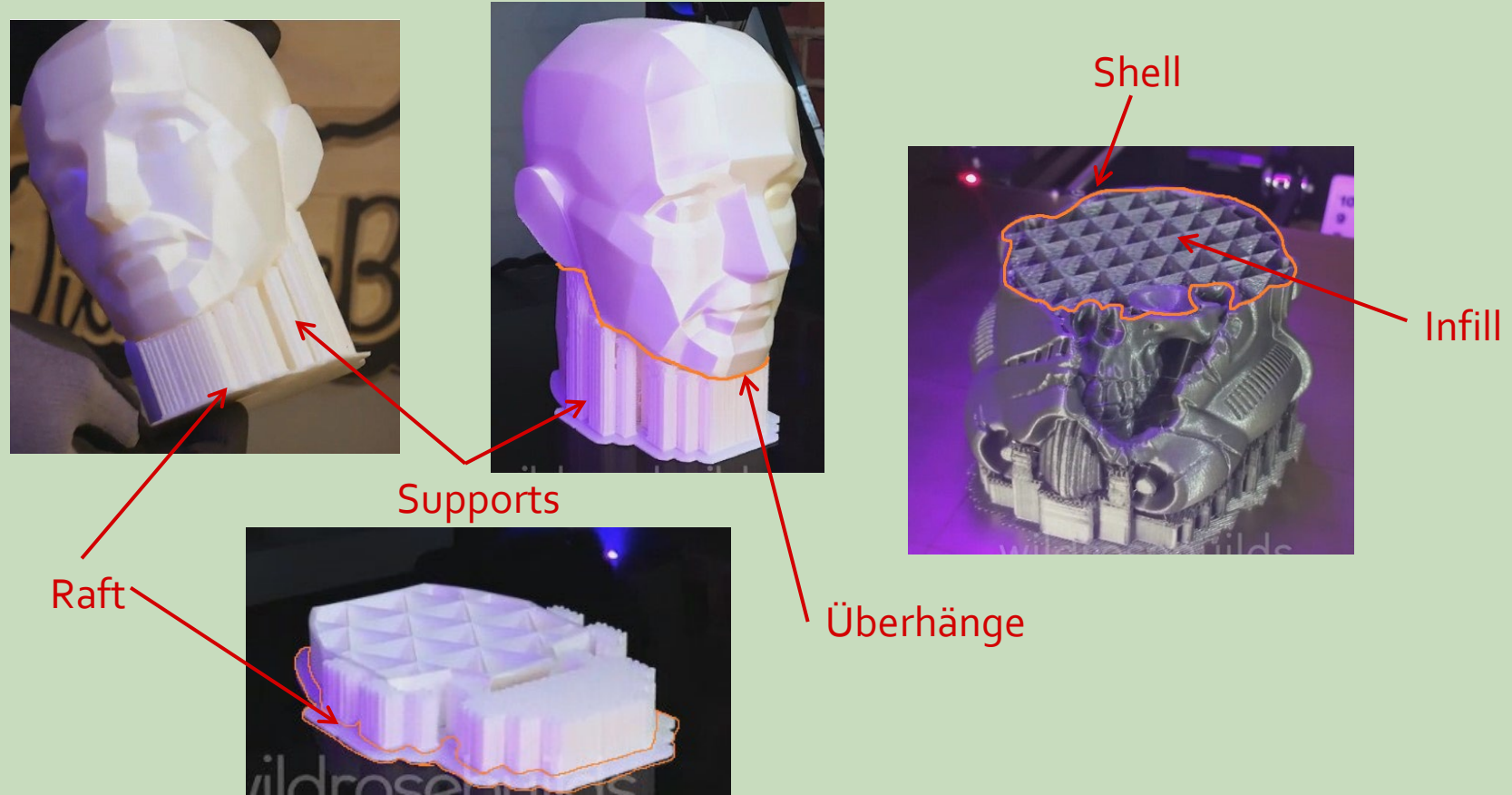
Online Repositories für die Additive Fertigung

- Vorwiegen .stl Modelle
- Thingiverse – [Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects](#)
- Printables – [3D-Modell-Datenbank | Printables.com](#)
- MakerWorld – [MakerWorld](#)
- Alternativen – [Die 10 besten Alternativen zu Thingiverse 2024](#)

Slicing



Slicing





Wichtige Slicing-Einstellungen

- Düsengröße
- Schichthöhe
- Extrusionsbreite
- Wandstärke
- Boden-/Deckenstärke
- Füllung
- Stützstruktur
- Druckplattenhaftung
- Druckgeschwindigkeit

Wichtige Filament Einstellungen

- Drucktemperatur
- Drucktemperatur der ersten Schicht
- Druckbetttemperatur
- Flussfaktor
- Kühlung
- Rückzug
- volumetrischer Durchfluss

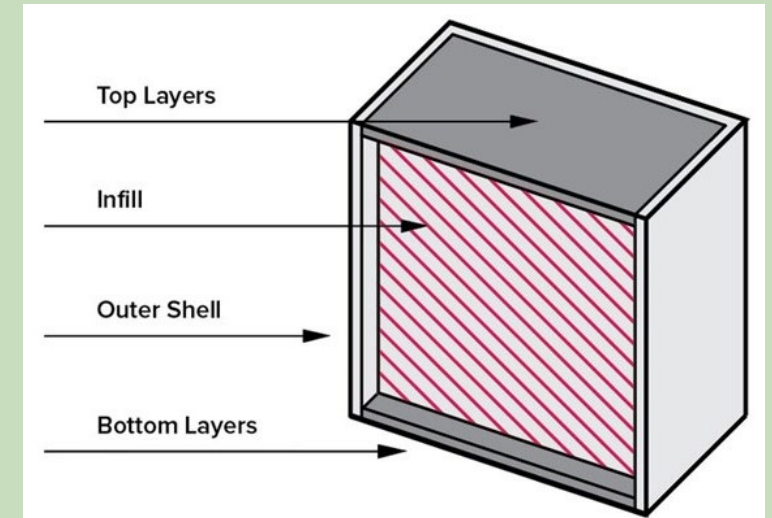
Slicing



Die meisten 3D-gedruckten Teile sind nicht vollständig massiv, sondern bestehen aus massiven Außenwänden, die mit einer Füllung geringerer Dichte gefüllt sind.

Ein Standard-MEX-Druck lässt sich in vier verschiedene Abschnitte unterteilen:

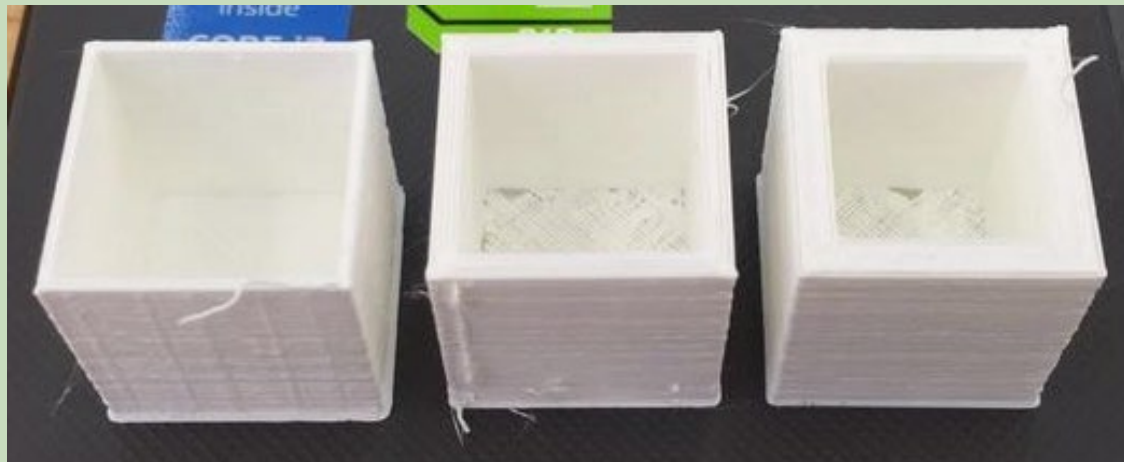
- **Schalen:** Die Wände des Drucks, die zur Außenseite des Modells hin offen sind
- **Bodenlagen** (eine Art Schale): Der Teil des Drucks, der nach außen hin sichtbar ist und zur Bauplatte zeigt
- **Top-Schichten** (eine Art Schale): Die Teile des Drucks, die nach außen hin sichtbar sind und nach oben zur Düse zeigen.
- **Füllung:** Die innere Struktur des Drucks.





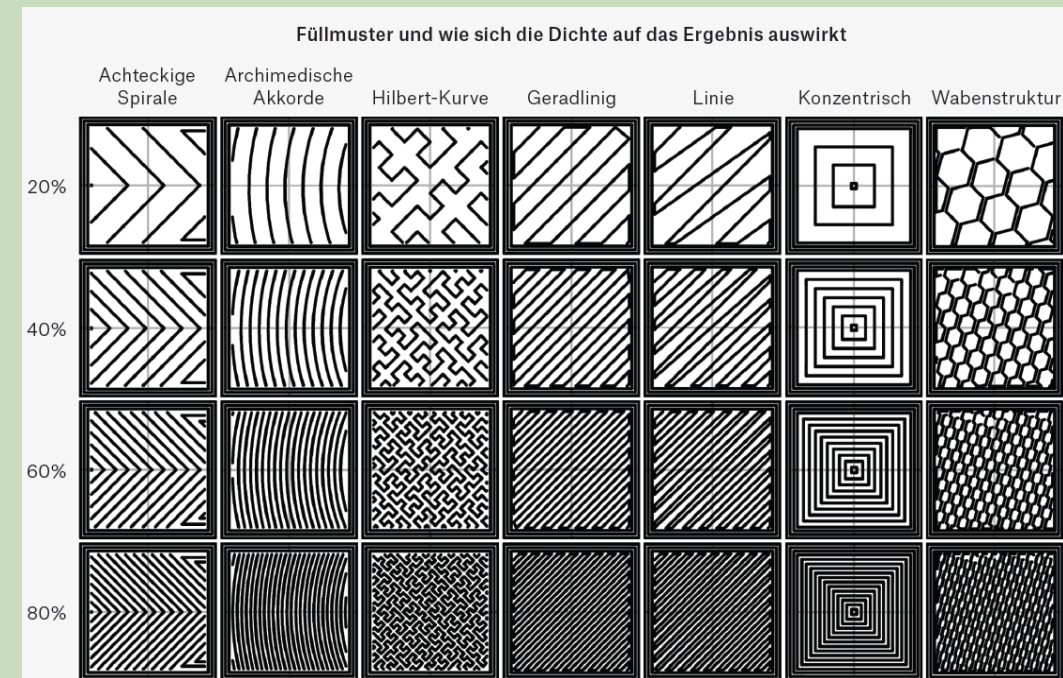
Shells sind die Anzahl der Schichten an der Außenseite eines Drucks. Bei MEX sind Shells immer die ersten Bereiche, die pro Schicht gedruckt werden. Shells bestehen in der Regel aus einer bestimmten Anzahl von Düsendurchmessern. Es ist immer ratsam, Shells als Vielfaches des Düsendurchmessers zu entwerfen, um die Bildung von Hohlräumen zu vermeiden.

Je größer die Shell-Dicke, desto größer die Festigkeit eines Teils, aber jede Erhöhung der Anzahl der Shells erhöht auch den Zeit- und Materialaufwand.



Glücklicherweise bietet uns die additive Fertigung einen einzigartigen Vorteil: Sie ermöglicht es uns, **eine komplexe innere Struktur** in unseren Teilen zu schaffen und diese somit für jeden Verwendungszweck zu optimieren. Wir können unsere Teile gleichzeitig leicht und stabil gestalten, indem wir Material nur dort verwenden, wo es benötigt wird.

Das Füllmuster ist die Struktur und Form des Materials im Inneren des Teils und kann von einfachen Linien bis hin zu komplexen geometrischen Formen reichen. Die Wahl des Füllmusters kann sich auf die Festigkeit, das Gewicht, die Druckzeit und sogar die Flexibilität eines Teils auswirken.



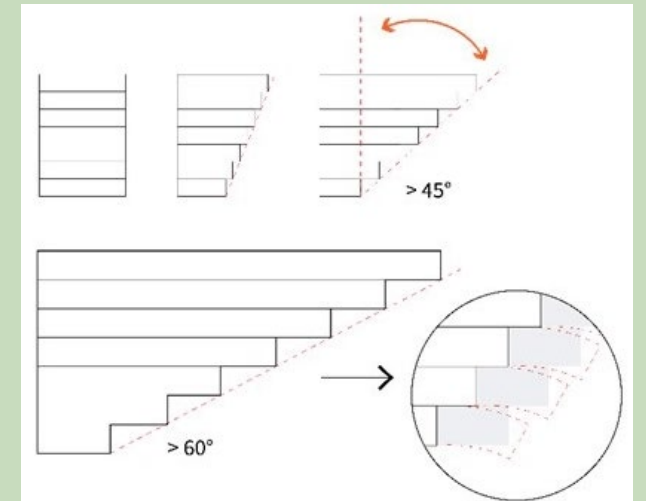
Slicing



Wenn wir versuchen, den Buchstaben Y zu drucken, sollte unser Druck erfolgreich sein, aber wenn wir dasselbe mit dem Buchstaben T oder E versuchen, werden unsere überhängenden Schichten durchhängen und unser Druck wird fehlschlagen!

Daher muss es einen Zusammenhang zwischen der Steilheit eines Überhangs und unserer Druckfähigkeit geben.
Mit zunehmendem **Überhangwinkel** (dem Neigungswinkel der Druckwand zur vertikalen Achse) verringert sich die Stützkraft der vorherigen Schicht.

Bei 45 Grad wird die neu gedruckte Schicht zu 50 % von der vorherigen Schicht gestützt. Dies bietet gerade genug Halt, damit die Schicht gedruckt werden kann.

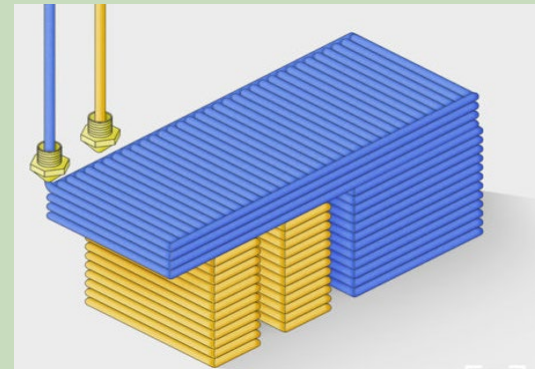
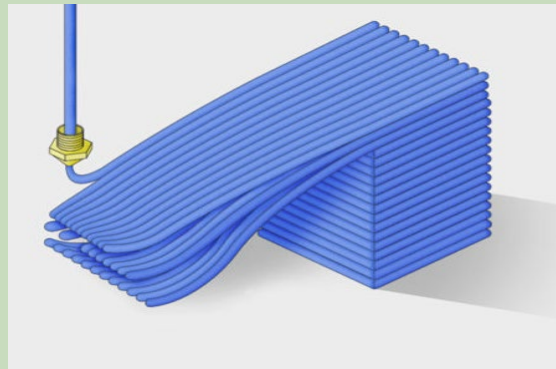


Slicing



Was passiert also, wenn wir Teile mit Überhängen von mehr als 45° drucken müssen? Da wir kein Material in der Luft drucken können, müssen wir ein Stützmaterial verwenden.

Die Stütze ist ein Opfermaterial, das zur Verankerung verwendet wird und uns hilft, unsere überhängenden Geometrien zu bauen, und später von unserem Druck entfernt wird.





Stützstrukturen gibt es in verschiedenen Formen, wobei sich sowohl das verwendete **Material** als auch die **Geometrie/Form** der Stützstruktur unterscheiden. Stützen können hergestellt werden aus:

- **Dem gleichen Polymer** wie das gedruckte Teil. Der **häufigste** Typ in Desktop-MEX-Druckern. In diesem Fall wird eine Version desselben Polymers mit geringerer Dichte verwendet, und die Stützstruktur hat nur Punktkontakt mit dem Teil. Die Stütze wird dann durch mechanische Kraft entfernt.
- **Abbrechbare Stütze**. Hergestellt aus einem schwächeren Polymer als das Teil. Wird ebenfalls durch mechanische Kraft entfernt, ist jedoch relativ leicht zu entfernen, erfordert jedoch **einen zweiten Druckkopf**.
Tipp: PLA und PETG haften nicht aufeinander und sind eine preiswerte alternative zu Breakaway
- **Löslich oder auflösbar**. Hergestellt aus einem auflösbaren Material (meist PVA oder HIPS), das in Wasser oder einem geeigneten Lösungsmittel entfernt werden kann. Erfordert ebenfalls **einen zweiten Druckkopf**, ist jedoch am einfachsten zu entfernen und hat die geringsten negativen Auswirkungen auf die Oberflächenqualität.





In Bezug auf die **Geometrie/Form** der Stützstruktur sind die beiden gängigsten Typen:

- **Akkordeon:** Die gängigste Stützgeometrie von Ein-Kopf-Druckern, benannt nach ihrer Form. Sie eignet sich aufgrund ihrer einfachen Geometrie für die meisten Drucke und **bietet guten Halt**. Der Nachteil ist, dass der Druckvorgang **lang dauert und viel Material verbraucht**.
- **Baumartig:** Diese Geometrie hat weniger Kontakt mit dem Druck, was zu einer **besseren Oberflächenbeschaffenheit** führen kann, da sie leichter zu entfernen ist. Außerdem ist sie **schneller zu drucken und benötigt weniger Material**. Der Nachteil ist, dass sie **weniger Stabilität** bietet und besondere Aufmerksamkeit erfordert, da der Druck sonst fehlschlagen könnte.



Das gleiche Modell, gebaut (von links nach rechts) mit:

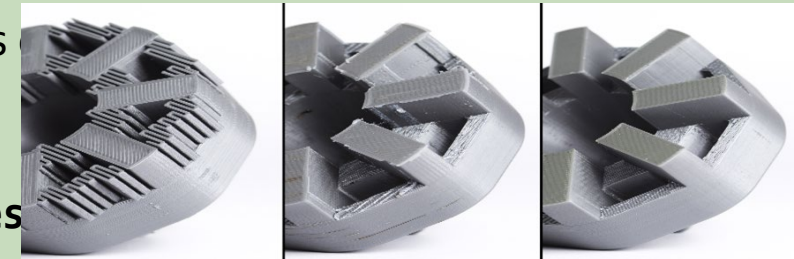
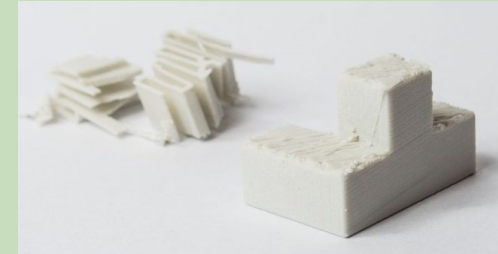
- a) dichter Ziehharmonika,
- b) spärlicher Ziehharmonika und
- c) baumartiger Stütze.

Slicing



Stützen werden zu Recht als **notwendiges Übel** angesehen. Obwohl sie es uns ermöglichen, Merkmale zu drucken, die sonst nicht gedruckt werden könnten, haben sie viele Nachteile:

- **Nachteilige Auswirkungen auf die Oberflächenqualität** an den Stellen, an denen die Stütze das Teil berührt. Dies gilt insbesondere für Stützen aus dem gleichen Material. Wenn eine glatte Oberfläche gewünscht ist, **ist eine Nachbearbeitung erforderlich**.
- Wenn Stützen an **kleinen Strukturen** angebracht sind, können sie beim Entfernen der Stützen versehentlich abbrechen.
- Stützen erfordern Material, das weggeworfen wird und verschwendet wird, was **Nachhaltigkeit** des Prozesses einschränkt.
- Das Drucken und Entfernen von Stützen nimmt Zeit in Anspruch, was **die Prozesse erhöht**.
- Zum Entfernen der Stützen ist ein Zugang erforderlich, wenn sie mechanisch entfernt werden, was **die Gestaltungsfreiheit einschränkt**.





Bridging: ist die „horizontale Extrusion von Material, das auf beiden Seiten von Verankerungsstrukturen gestützt wird“.

Brücken treten am häufigsten in den oberen Schichten (Dach) von hohlen Teilen wie Gehäusen oder horizontalen Löchern auf. Ein Beispiel für eine Brücke ist der Versuch, einen aufrecht stehenden Großbuchstaben H zu drucken.

Brücken sind ein **Sonderfall von Überhängen**, da sie zwar einen Überhangwinkel von 90 Grad haben, aber unter bestimmten Bedingungen ohne Stützen gedruckt werden können.

Faustregel: Bei MEX-Brücken ist in der Regel keine Stütze erforderlich, wenn sie weniger als 10 mm lang sind, aber es spielen auch andere Parameter eine Rolle.



Slicing

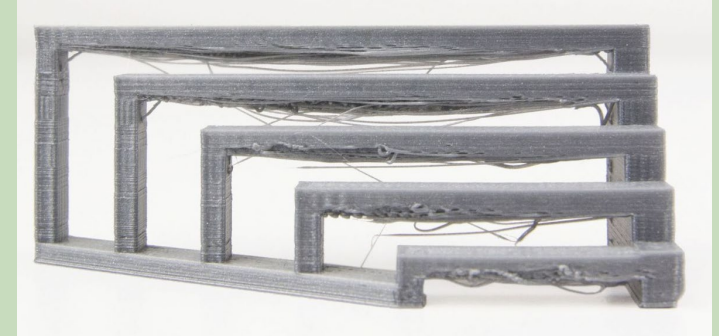


Da beim Überbrücken zweier Punkte kein Untergrundmaterial vorhanden ist, neigt das Material zum **Durchhängen**, und in extremeren Fällen kann es zu **Ausbeulungen** oder **Wellenbildung** kommen.

Da das Filament über dünne Luft extrudiert wird, kommt es zwangsläufig zu einem gewissen Durchhängen, sodass Brücken **nicht** zu 100 % maßgenau sein können.

Die **Qualität von Brücken** wird hauptsächlich von den folgenden Faktoren beeinflusst:

- Brückenabstand
- Druckgeschwindigkeit
- Drucktemperatur
- Kühlungsgrad



Auswirkung einer Vergrößerung des Brückenabstands:
a) Bei nicht optimaler Druckgeschwindigkeit und Kühlung,
b) bei optimierter Druckgeschwindigkeit und Kühlung

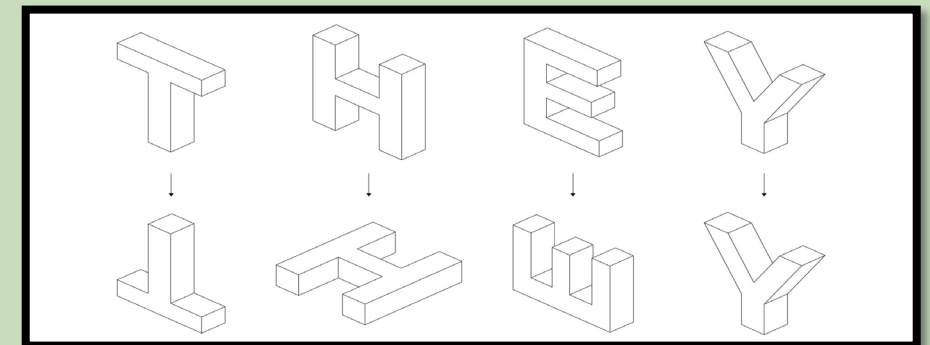
Slicing



Einige Designs können komplexe Geometrien enthalten, wie beispielsweise gekrümmte Oberflächen, bei denen sich der **Überhangwinkel** über die Länge der Oberfläche ändert, wie bei dem Bogen zu sehen ist. In solchen Fällen **ist eine Stütze nur** in Bereichen erforderlich, in denen der Überhangwinkel 45 Grad überschreitet.



Durch Ändern der Druckausrichtung ändern wir auch, welche Teile davon als Überhänge fungieren. Sehen Sie, wie durch unterschiedliche **Neuausrichtung der Buchstaben T, H, E und Y** überhängende Geometrien und Brücken **minimiert oder sogar vollständig entfernt werden können!**





Eine der wichtigsten Überlegungen bei MEX ist die Ausrichtung des Teils, da sie einen großen Einfluss auf die **Genauigkeit, Festigkeit, Druckgeschwindigkeit und Oberflächenbeschaffenheit** eines Teils haben kann.

- **Oberflächenbeschaffenheit:** Die nach oben gerichteten Oberflächen weisen die beste Druckqualität auf. Durch eine Neuausrichtung unseres Teils ändert sich, welche Oberflächen als nach oben gerichtet gelten.
- **Druckzeit:** Im Allgemeinen dauert das Drucken eines hohen, aufrecht stehenden Teils länger als das horizontale Drucken, da dadurch die Gesamtzahl der zum Aufbau des Teils erforderlichen Schichten verringert wird und die Düse sich schnell in X-Y-Richtung bewegt.
- **Festigkeit des Teils:** Da MEX von Natur aus anisotrop sind, verändert eine Änderung der Druckausrichtung die Anisotropieachse, was sich erheblich auf die Festigkeit des Teils auswirkt. Bei Funktionsteilen müssen wir die Richtung der Belastungen berücksichtigen, damit wir unsere Teile entsprechend ausrichten können.
- **Stützen:** Die Ausrichtung des Teils bestimmt die Überhänge und damit, wo Stützstrukturen erforderlich sind.



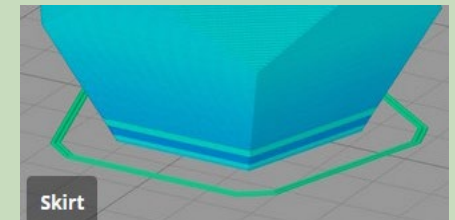
Slicing



Skirts, Rafts und Brims sind **Stützstrukturen**, die einen Ausgangspunkt für Ihren Druck bieten und bei verschiedenen Problemen des Druckprozesses helfen.

Skirts: Dies sind die **ersten Stränge** des Filaments, die als **Umriss um** den Umfang Ihres Teils auf die Bauplatte aufgetragen werden.

Skirts erfüllen einen nützlichen Zweck, da sie dabei helfen, **Ihren Extruder vorzubereiten** und einen **gleichmäßigen und stabilen Filamentfluss** herzustellen. Darüber hinaus lässt sich anhand des Skirts schnell erkennen, ob ein Druck erfolgreich sein wird, da Sie damit **Probleme mit der Nivellierung oder Haftung erkennen und beheben können**, bevor der eigentliche Druck des Modells beginnt.



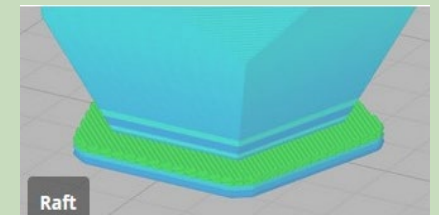
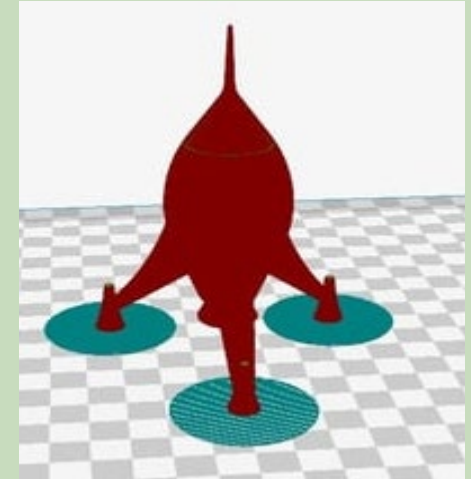
Slicing



Ein **Raft** ist ein horizontales Gitter aus Filamenten, das sich **unter Ihrem Teil** befindet und **etwas breiter** ist als das gedruckte Objekt. Ihr 3D-gedrucktes Teil wird auf **diesem Raft** gedruckt und nicht direkt auf der Oberfläche der Bauplattform. Nach dem Druck lässt sich das Raft in den meisten Fällen dank einer Textur, die den Kontakt zwischen den beiden Teilen schwächt, leicht **manuell** vom gedruckten Teil trennen.

Rafts werden verwendet, um:

- Eine **bessere Haftung** auf dem Bett zu erzielen, indem eine starke Grundlage für den Bau unseres Teils geschaffen wird
- **Zu verhindern**, dass sich der Druck verzieht (besonders wichtig bei Materialien mit hoher Schrumpfung wie ABS)
- Modelle mit kleiner Grundfläche zu **stabilisieren**, wenn im Verhältnis zum Modell nur eine kleine Fläche das Bett berührt (wie bei der oben abgebildeten Rakete).
- Andere Stützstrukturen zu stabilisieren.



Slicing

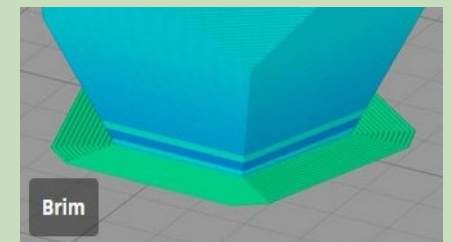
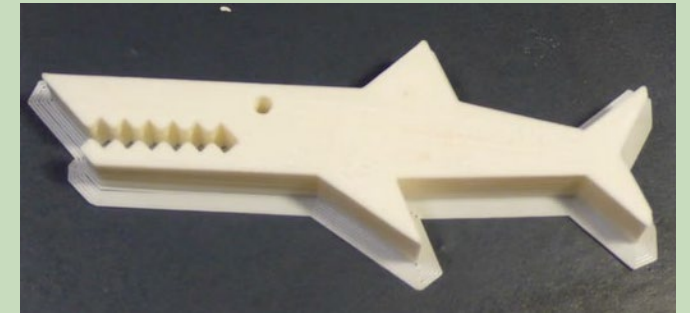


Ein **Brim** ist eine spezielle Art von Raft, der **nur an den Außenkanten des Drucks befestigt ist und nicht vollständig darunter** liegt. Man kann ihn sich auch als eine Art Rock vorstellen, der die Ränder des Drucks berührt. Der Rand wird mit einer Reihe von Umrissen gedruckt, um einen großen Ring um Ihr Teil zu bilden, ähnlich wie der Rand eines Hutes.

Brims werden aus den **gleichen Gründen wie Rafts** verwendet, insbesondere um die Haftung auf dem Bett zu verbessern, Verformungen zu minimieren und andere Stützstrukturen zu unterstützen.

Brims können gegenüber Rafts vorteilhaft sein, da sie:

- in der Regel viel schneller gedruckt werden können
- weniger Filament verbrauchen
- leichter zu entfernen sind.





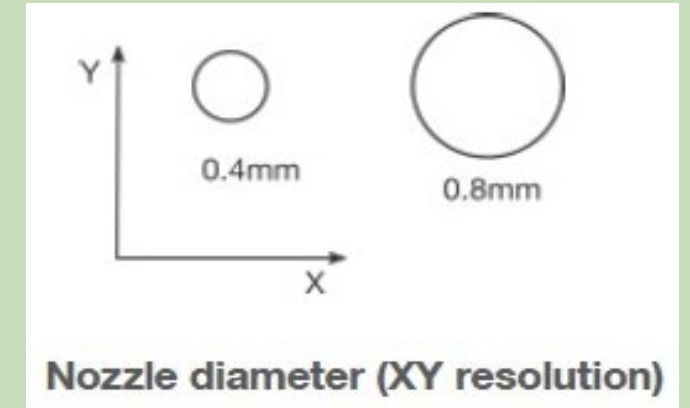
MEX-3D-Drucker verfügen über zwei verschiedene Arten von Auflösungen:

- **X-Y: horizontale Auflösung** (in den Ebenen links-rechts, vorwärts-rückwärts, X-Y)
- **Z: Höhenauflösung** (in der Ebene oben/unten oder Z)
- Grundsätzlich bestimmen der **Düsendurchmesser** und die **Schichthöhe** die **Gesamtauflösung** eines mit MEX gedruckten Teils, aber lassen Sie uns etwas genauer darauf eingehen.

Die **X-Y-Auflösung** (horizontale Auflösung oder minimale Strukturgröße) ist die **kleinste Bewegung** (auf der horizontalen Ebene), die der **Druckkopf** innerhalb einer bestimmten Schicht ausführt.

Die X-Y-Auflösung ist ein Faktor von

- der Düsengröße
- der Präzision der Extruderbewegungen auf der X- und Y-Achse.

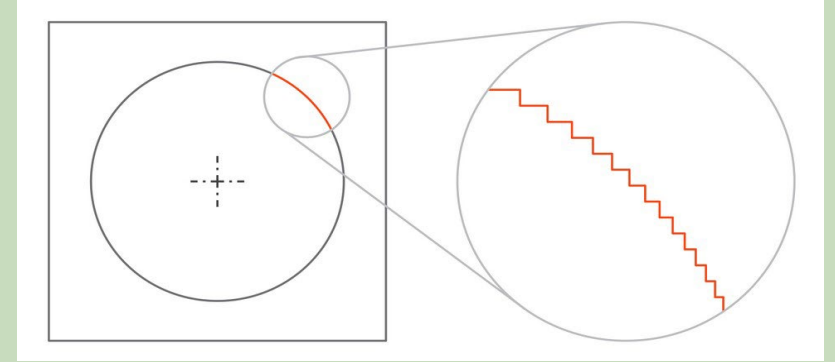


Slicing

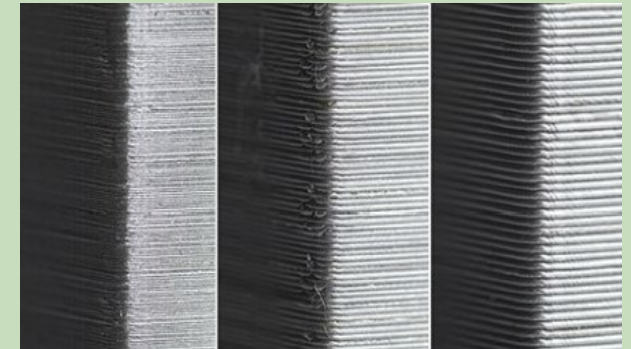


Die **Z-Auflösung** wird durch die Dicke jeder Schicht bestimmt, die auch als Schichthöhe bezeichnet wird. Die Schichthöhe ist äußerst wichtig, da sie das Aussehen und die Festigkeit eines Teils sowie die Druckzeit erheblich beeinflusst.

Optisches Erscheinungsbild: Wenn ein Teil mit einer geringeren Schichthöhe gedruckt wird, hat es eine glattere Oberfläche und kann feinere Details mit höherer Genauigkeit wiedergeben. Dies ist besonders wichtig für gekrümmte oder abgewinkelte Oberflächen, da diese am stärksten davon betroffen sind. Ist die Schichthöhe zu groß, entsteht ein sogenannter Treppeneffekt.



Treppen-Stufen Effekt



0.05mm, 0.2mm, 0.3mm
Schichtdicke

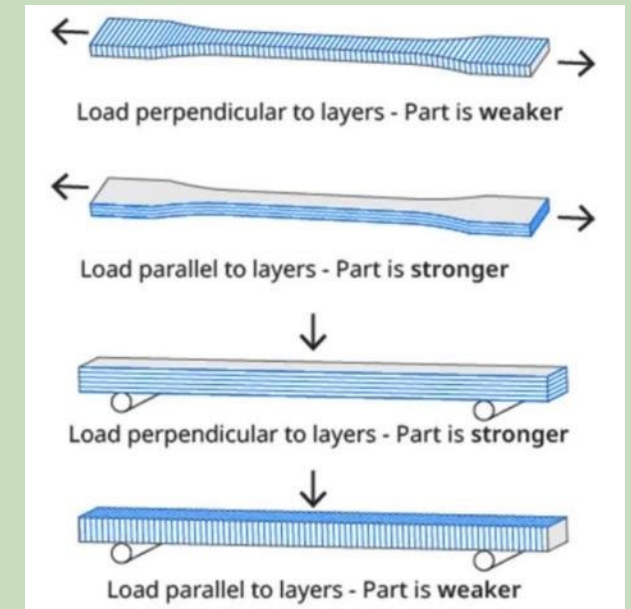
Slicing



MEX-Teile sind **anisotrop**, d. h. sie weisen ähnlich wie Holz in verschiedenen Richtungen unterschiedliche mechanische Eigenschaften auf. Beim Holzhacken ist es viel einfacher, Holz in Faserrichtung zu spalten, als senkrecht dazu zu hacken.

Aufgrund der Schwäche der Zwischenschichtverschmelzung haben MEX-Teile in senkrechter Richtung zur Schicht (Z-Achse) eine geringere Zugfestigkeit als in Schichtrichtung (X- und Y-Achse).

Bei Funktionsteilen ist es wichtig, die Druckausrichtung zu verstehen, um sicherzustellen, dass das anisotrope Verhalten des Teils die Leistung nicht beeinträchtigt.

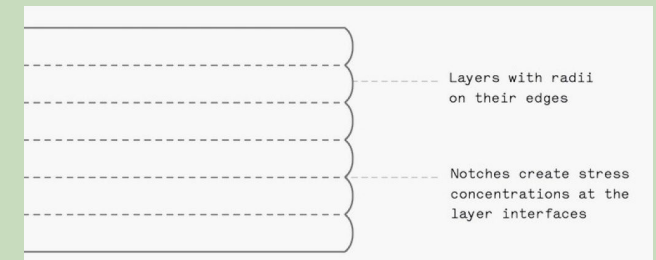
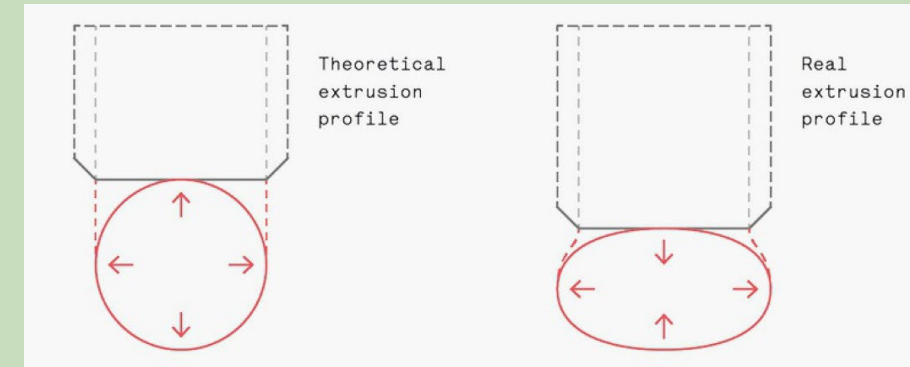


Slicing



Wenn das Filament extrudiert wird, muss es sich mit den zuvor gedruckten Schichten verbinden und verfestigen, um ein festes, zusammenhängendes Teil zu bilden. Um dies zu erreichen, wird das Filament gegen die vorherigen Schichten gedrückt. Das heiße extrudierte Material erwärmt die zuvor gedruckten Schichten erneut und schmilzt sie wieder. Die nach unten gerichtete Kraft und das teilweise erneute Schmelzen des darunterliegenden Materials ermöglichen die Verbindung der neuen Schicht mit der zuvor gedruckten Schicht. Dies bedeutet auch, dass das Filament tatsächlich eher in einer **ovalen Form** als in einem Kreis aufgetragen wird.

Da die Schichten oval gedruckt werden, sind die Verbindungsstellen zwischen den einzelnen Schichten eigentlich kleine Vertiefungen. Dies führt zu einer **Spannungskonzentration**, an der sich unter Belastung Risse bilden können, und **führt zu dem inhärenten anisotropen Verhalten** und der **raueren Oberflächenbeschaffenheit** von MEX-gedruckten Teilen sowie zu dem geschichteten Erscheinungsbild.





Beim 3D-Druck **unterliegen die verwendeten Materialien einer physikalischen Veränderung**: Sie werden geschmolzen, damit sie aufgetragen werden können, kühlen dann ab und verfestigen sich schließlich.

Thermoplaste **schrumpfen** beim Abkühlen, und je höher ihre Drucktemperatur ist, desto stärker schrumpfen sie (z. B. schrumpft ABS um etwa 1 %, während PLA um etwa 0,25 % schrumpft).

Die Schrumpfung ist in der Regel ziemlich gleichmäßig, insbesondere auf der x-y-Ebene, und kann durch Kalibrierung und Skalierung leicht gemildert werden. Wenn die Drucke abkühlen, kommt es aufgrund der Schrumpfung zu einer Kontraktion, die **Spannungen** entlang der Seitenflächen des Objekts verursacht. Je schneller die Abkühlungsgeschwindigkeit, desto größer sind die verursachten Spannungen.



Slicing



Die **Abkühlungsgeschwindigkeit ist in der Regel nicht gleichmäßig**:

Wenn wir neue Materialschichten auftragen, ziehen die neuen und heißeren Schichten an den darunter liegenden Schichten. Außerdem kühlen große Massen tendenziell langsamer ab als kleine Teile.

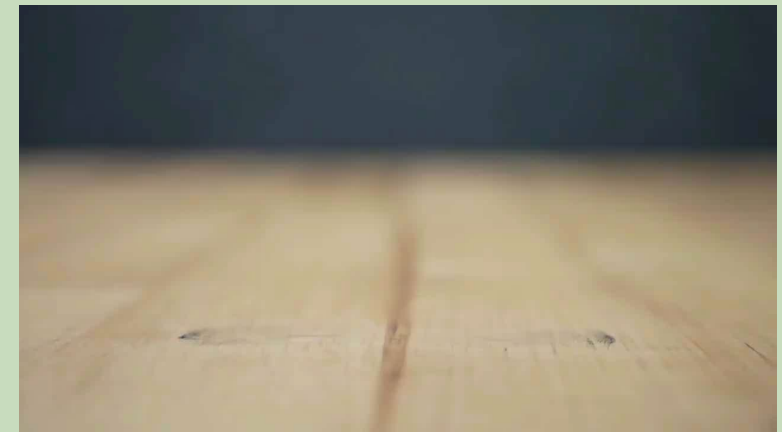
Diese ungleichmäßige Abkühlung kann zu einem Phänomen führen, das als **Verziehen** bekannt ist: die unerwünschte Verformung von Teilen unseres Drucks.

In einigen Fällen können sich die Ecken des Drucks (wo die Belastung am größten ist) sogar **anheben und von der Bauplatte lösen**, wodurch unser Druck ruiniert wird! In einigen extremeren Fällen können Teile unseres Drucks sogar **reißen**!

Glücklicherweise gibt es viele verschiedene Methoden, um das Verziehen zu bekämpfen: durch das Design, die Druckparameter, die Verwendung von beheizten Betten usw.



Wenn neu abgelagerte Schichten abkühlen, schrumpfen sie und ziehen die darunter liegende Schicht nach oben, was zu Verformungen führt.





Wie bereits erwähnt, sind die Bereiche, die am anfälligsten für ungleichmäßige Kühlung und Verformungen sind:

- die Schnittstelle zwischen dem Druckbett und unserem Teil
- Stellen, an denen große Massen (dicke Bereiche eines Teils) mit dünnen Elementen verbunden sind.

Konstruktionsrichtlinien:

- Durch die Gewährleistung einer gleichmäßigen Wandstärke im gesamten Teil werden Schnittstellen zwischen dünnen und dicken Elementen unseres Teils minimiert.
- Ecken können abgerundet werden, um die Spannungskonzentration zu verringern.
- Große flache Oberflächen oder hohe und dünne Wände sollten vermieden werden, andernfalls kann das Hinzufügen von Stützrippen zur Verformung beitragen.

Wenn die oben genannten Konstruktionsmerkmale nicht vermieden werden können, kann die Verwendung von **zusätzlichen Stützmerkmalen** wie Rändern, Rafts oder Mouse Ears insbesondere an der Schnittstelle zwischen dem Druckbett und unserem Teil hilfreich sein, da dadurch die Kontaktfläche zwischen dem Teil und dem Druckbett vergrößert und das Teil besser verankert wird.



- Eine weitere Möglichkeit, Verformungen entgegenzuwirken, besteht darin, Teile in einer **temperaturgeregelten Bauumgebung** zu drucken, beispielsweise in einem Gehäuse, das die Luftzirkulation verhindert und die Umgebungstemperatur erhöht, um die Abkühlzeit zu verkürzen, oder durch Verwendung eines beheizten Bettes.
- **Die Verringerung der Druckgeschwindigkeit** bei gleichzeitiger Senkung der Düsentemperatur kann ebenfalls hilfreich sein.
- Eine weitere Möglichkeit, die **Haftung auf dem Bett** zu **verbessern** und so Verformungen in den ersten kritischen Schichten zu vermeiden, ist die Verwendung von Bettabdeckungsmaterialien und Klebstoffen wie Haarspray und PVA-Kleber, die mit dem zu druckenden Material kompatibel sind.
- Schließlich kann auch der Austausch unseres Druckbetts durch eine **spezielle Druckoberfläche** aus Glas, flexiblen Materialien, Polypropylenplatten und anderen Materialien die Haftung auf dem Bett verbessern.

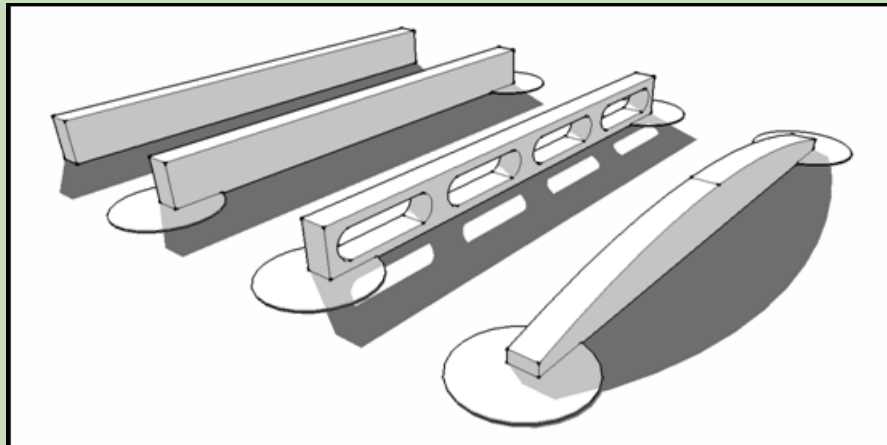


Im Folgenden sehen wir verschiedene Designansätze zur Verringerung der Verformung eines langen, großen Bauteils.

a) Es wurden zusätzliche Stützvorrichtungen (Mausohren) hinzugefügt, um die Enden festzuhalten.

b) Der Träger wurde neu gestaltet und große Massen aus der Mitte des Bauteils entfernt, um Verformungsspannungen zu reduzieren.

c) Der Träger wurde so umgestaltet, dass er sich zu den Kanten hin verjüngt, wodurch das Hebemoment der inneren Spannung erheblich reduziert wurde.





Qualität und Eigenschaften über Druckparameter steuern

- Düsendurchmesser: 0,25 mm bis 1,00 mm
 - Maximale Schichthöhe = 0,75 * Düsendurchmesser
 - Minimale Schichthöhe = 0,25 * Düsendurchmesser
- Temperatur: Düse, Druckbett, Bauraum
- Druckgeschwindigkeit

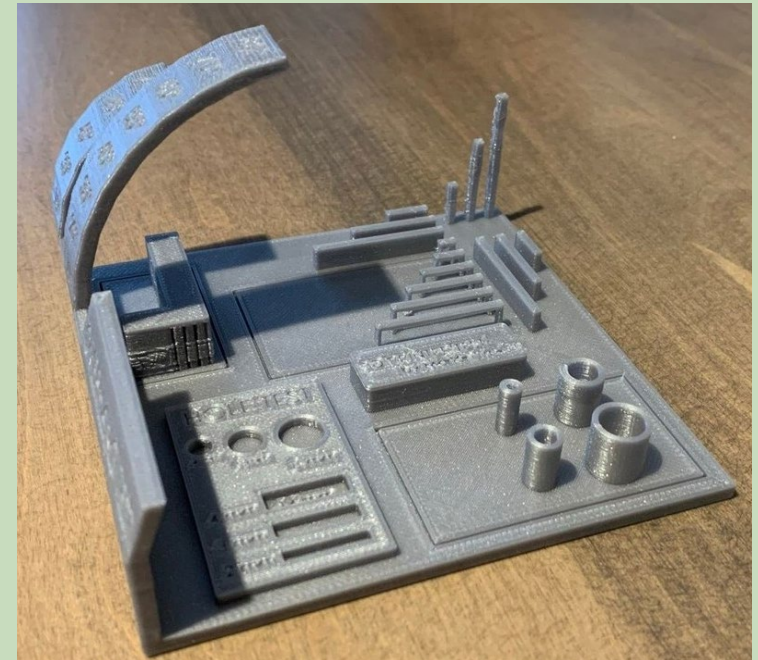
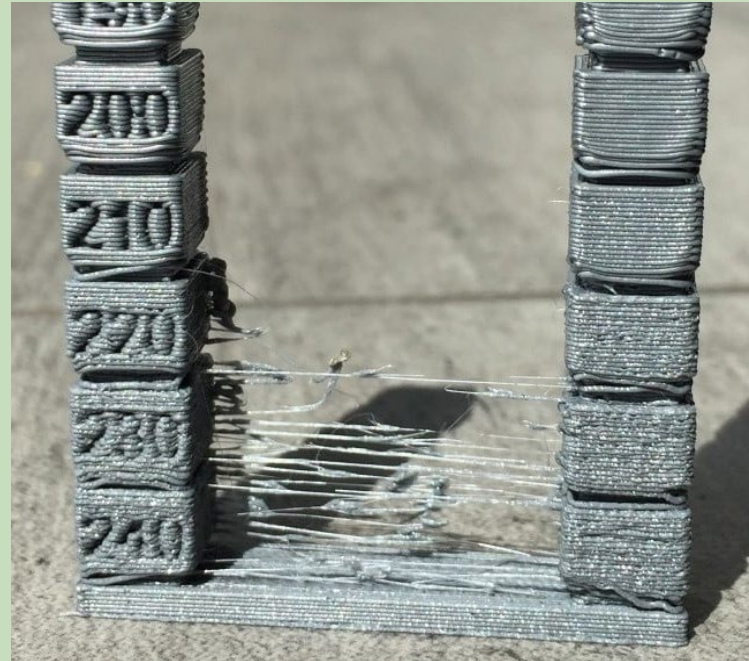


Slicing



3D-Druckerkalibrierung Tests

[3D-Druckerkalibrierung: Die besten 3D-Testdruck-Modelle | All3DP](#)



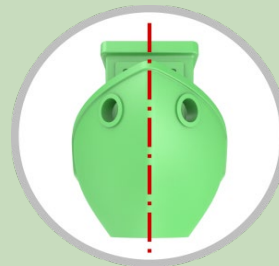
Slicing



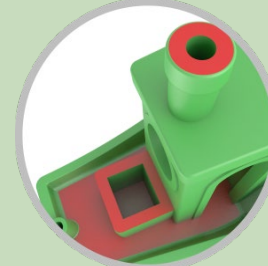
Eines der beliebtesten Benchmarking-Objekte für MEX-Drucker ist dieses kleine Boot namens 3DBenchy. Damit lassen sich alle wichtigen Funktionen testen, und das fertige Druckerzeugnis macht sich auf Ihrem Regal besser als die meisten anderen Testobjekte.



Curved Surfaces



Symmetry



Horizontal Faces



Overhangs



Surface Details



First-Layer-Details



Holes



Cylindrical Shapes

Slicing



Aufbau G-Code

Gcode| Marlin Firmware

```
; generated by PrusaSlicer 2.2.0-alpha3+184-win64 on 2020-02-04 at 18:53:08 UTC
;
; external perimeters extrusion width = 0.45mm
; perimeters extrusion width = 0.45mm
; infill extrusion width = 0.45mm
; solid infill extrusion width = 0.45mm
; top infill extrusion width = 0.40mm
; first layer extrusion width = 0.42mm

M73 P0 R128
M73 Q0 S129
M201 X1000 Y1000 Z1000 E5000 ; sets maximum accelerations, mm/sec^2
M203 X200 Y200 Z12 E120 ; sets maximum feedrates, mm/sec
M204 P1250 R1250 T1250 ; sets acceleration (P, T) and retract acceleration (R), mm/sec^2
M205 X8.00 Y8.00 Z0.40 E2.50 ; sets the jerk limits, mm/sec
M205 S0 T0 ; sets the minimum extruding and travel feed rate, mm/sec
M107 ; disable fan
M862.1 P0.4 ; nozzle diameter check
M115 U3.8.1 ; tell printer latest fw version
G90 ; use absolute coordinates
M83 ; extruder relative mode
M104 S215 ; set extruder temp
M140 S60 ; set bed temp
M190 S60 ; wait for bed temp
M109 S215 ; wait for extruder temp
G28 W ; home all without mesh bed level
G80 ; mesh bed leveling
G1 Y-3.0 F1000.0 ; go outside print area
G92 E0.0
G1 X60.0 E9.0 F1000.0 ; intro line
M73 Q0 S129
M73 P0 R128
G1 X100.0 E12.5 F1000.0 ; intro line
G92 E0.0
M221 S95
G21 ; set units to millimeters
G90 ; use absolute coordinates
M83 ; use relative distances for extrusion
M900 K0.06 ; Filament gcode LA 1.5
M900 K30 ; Filament gcode LA 1.0
;BEFORE_LAYER_CHANGE
G92 E0.0
```

```
G1 E-0.80000 F2100.00000 ; retract
G1 Z0.600 F10800.000 ; lift Z
;AFTER_LAYER_CHANGE
;0.2
G1 X117.536 Y130.259 ; move to first skirt point
G1 Z0.200 ; restore layer Z
G1 E0.80000 F2100.00000 ; unretract
M204 S1000 ; adjust acceleration
G1 F1200.000
G1 X116.259 Y130.177 E0.04011 ; skirt
G1 X115.532 Y129.955 E0.02384 ; skirt
G1 X114.959 Y129.680 E0.01992 ; skirt
G1 X113.955 Y128.916 E0.03956 ; skirt
G1 X106.829 Y121.790 E0.31599 ; skirt
G1 X106.256 Y121.094 E0.02825 ; skirt
G1 X105.708 Y119.991 E0.03863 ; skirt
G1 X105.476 Y118.769 E0.03900 ; skirt
G1 X105.597 Y117.531 E0.03901 ; skirt
G1 X106.046 Y116.393 E0.03835 ; skirt
G1 X106.605 Y115.605 E0.03028 ; skirt
G1 X122.203 Y97.905 E0.73971 ; skirt
G1 X123.127 Y96.939 E0.04191 ; skirt
G1 X124.218 Y95.963 E0.04591 ; skirt
G1 X125.533 Y94.977 E0.05154 ; skirt
G1 X126.864 Y94.151 E0.04910 ; skirt
G1 X128.253 Y93.446 E0.04885 ; skirt
G1 X129.651 Y92.878 E0.04730 ; skirt
G1 X131.102 Y92.428 E0.04761 ; skirt
G1 X132.831 Y92.059 E0.05545 ; skirt
G1 X134.355 Y91.876 E0.04814 ; skirt
G1 X135.884 Y91.823 E0.04796 ; skirt
G1 X138.535 Y92.039 E0.08339 ; skirt
G1 X140.050 Y92.343 E0.04844 ; skirt
G1 X141.026 Y92.652 E0.03209 ; skirt
G1 X141.780 Y93.089 E0.02734 ; skirt
G1 X142.406 Y93.655 E0.02646 ; skirt
G1 X142.890 Y94.326 E0.02594 ; skirt
G1 X143.237 Y95.092 E0.02636 ; skirt
G1 X143.649 Y96.877 E0.05746 ; skirt
G1 X143.865 Y98.567 E0.05341 ; skirt
G1 X143.917 Y100.394 E0.05731 ; skirt
G1 X143.789 Y102.187 E0.05637 ; skirt
G1 X143.475 Y103.997 E0.05760 ; skirt
G1 X143.016 Y105.653 E0.05388 ; skirt
G1 X142.404 Y107.257 E0.05382 ; skirt
```



.Gcode ist eine numerische Steuerungsprogrammiersprache, die zur Steuerung automatisierter Maschinen wie CNC-Maschinen, Lasergravierer und 3D-Drucker verwendet wird.

Sie gibt der Maschine Anweisungen, wie sie sich bewegen oder die Druckperle oder die Düse erhitzen oder viele andere Aktionen ausführen soll.

Wenn Sie eine .gcode-Datei in einem Texteditor öffnen, sehen Sie Tausende von Zeilen mit XY-Koordinatenänderungen sowie Extrusionssteuerungsbefehle, die der Drucker ausführen soll.

G-Befehle sind geometrische Befehle, die Positionen beschreiben, während M-Befehle verschiedene Codes darstellen, die die Maschinenaktionen steuern.

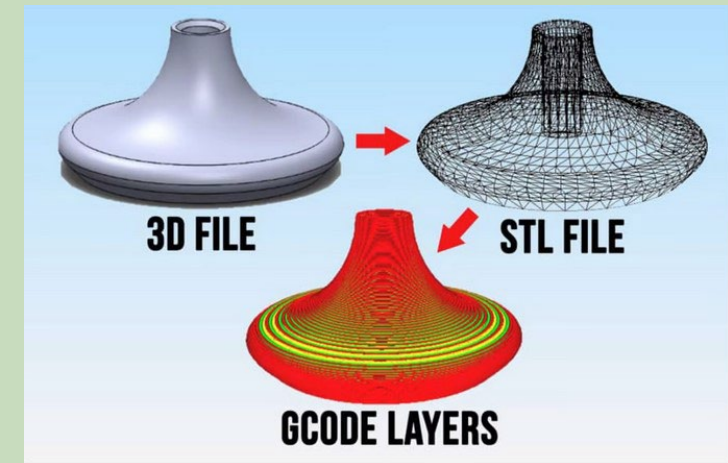
Slicing



Wenn Sie mit Programmierung nicht vertraut sind, brauchen Sie sich keine Sorgen zu machen! Die Erstellung von .gcode ist in den meisten Fällen **so einfach wie ein Knopfdruck!**

Öffnen Sie Ihre STL-Datei in einem Slicer-Programm, nehmen Sie die gewünschten Einstellungen vor (wie zuvor beschrieben), **klicken Sie auf „Slice“**, und schon wurde eine **benutzerdefinierte .gcode-Datei** für Sie **automatisch erstellt!**

Natürlich können Sie Ihren eigenen .gcode bearbeiten oder sogar selbst schreiben, aber seien Sie vorsichtig, da dies fortgeschrittene Kenntnisse erfordert und bei falscher Ausführung sowohl Ihr gedrucktes Teil als auch den Drucker selbst beschädigen kann.



Wartung und Troubleshooting

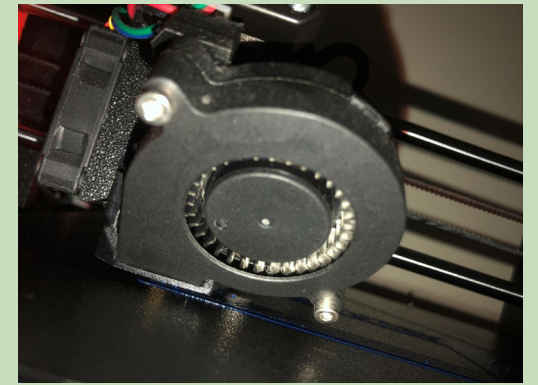


Vor jeder Wartung

- ## Vor und nach jedem Druck

- ## Monatlich oder nach Bedarf

- Bewegliche Teile reinigen und schmieren
- Prüfen auf Verschleiß und der Verbindungselemente
- Reinigen der Lüfter
- Riemenspannung prüfen
- Extruder Antrieb prüfen





Reinigen der Druckfläche

- Reste vom vorherigen Druck entfernen
- Reinigen – mit Glasreiniger oder Isopropanol



Vorbereitung der Druckfläche

- Blue-Tape
- Kapton Klebeband
- Klebestift
- Haftstift
- Haftspray





Die häufigsten Probleme, die beim FDM-Druck auftreten können

- Verstopfte Düse
- Filament bricht
- Probleme mit der Haftung auf dem Druckbett
- Das Druckbett ist nicht richtig kalibriert - Layerhöhe
- Das Filament wird nicht richtig zugeführt (Extruderproblem, Grinding)
- Probleme mit der Temperatur
- Probleme mit den Lüftern
- Schlechte Druckqualität (z. B. Stringing, Warping, Layer Shifting)
- Firmware- oder Software-Probleme
- Vibrationen oder Geräusche



Druckfehler

1. Warping
2. Delamination
3. Layer shifting
4. Z-wobble
5. Stringing
6. Overheating
7. Elephant's foot
8. Ghosting

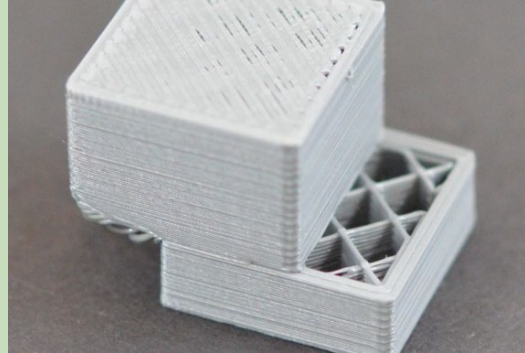
1



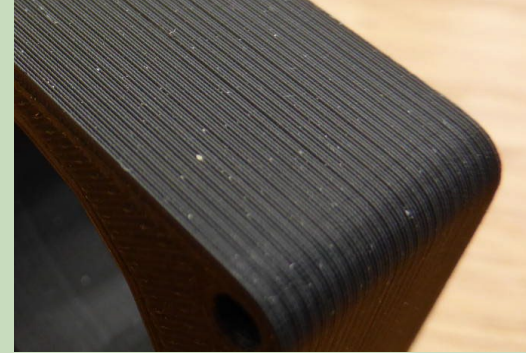
2



3



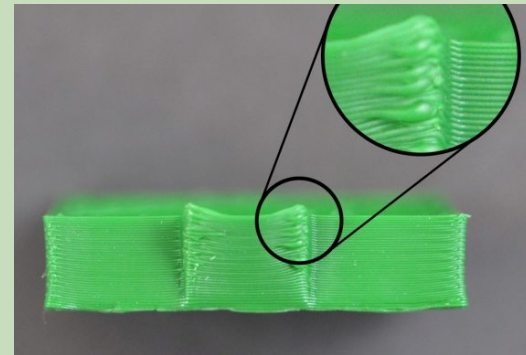
4



5



6



7



8



Konstruktion & 3D-Scan



Marius Laux

13.03.2026



© ADMiRE Research Center



- Einführung – Was genau ist CAD?
- Vorstellung - Onshape
- Übungen Zahnstange, Welle
- 3D-Scanner Funktionsweise
- Reverse Engineering Prozess



- Einführung – Was genau ist CAD?
- Vorstellung - Onshape
- Übungen Zahnstange, Welle
- 3D-Scanner Funktionsweise
- Reverse Engineering Prozess



Was ist CAD? CAD - Computer Aided Design

Einfach gesagt: CAD bedeutet, dass mithilfe eines Computers und spezieller Software geometrische Modelle erzeugt und/oder verändert werden

Was ist eine CAD-Software?

Eine Software, die zur Konstruktion von Produkten und/oder zur Erstellung technischer Dokumentation verwendet wird.



Welche Berufsgruppen verwenden CAD-Software?

CAD Software werden hauptsächlich von Ingenieuren, Architekten, Bauzeichnern und/oder Konstrukteuren verwendet.

Was kann man mit CAD-Programmen tun?

- Herstellen von Fertigungs-/Herstellungsunterlagen (zum Beispiel Technische Zeichnungen, Stücklisten, Montagepläne, Explosionszeichnungen)
- Visualisierungen
- Exportieren in ein anderes Dateiformat
- FEM Simulation
- Fertigung (CAM - Computer Aided Manufacturing)
- Leiterplattendesign



Konstruktionslehre

Unter Konstruieren versteht man die Summe aller Tätigkeiten, die zu einer Dokumentation führen, welche ein neues technisches Produkt vollständig beschreibt und so seine Fertigung ermöglicht.

Dazu gehören:

- Funktionsanalyse
- Konzeptentwicklung
- Gestaltung von Bauteilen
- Auswahl von Werkstoffen
- Auslegung und Dimensionierung

CAD unterstützt diese Schritte, indem Konstruktionen digital erstellt und verändert werden können.



Vergleich verschiedener CAD Programme

Programm	Typ	Kosten	Besonderheiten
Autodesk Fusion	Desktop + Cloud	Kostenlose Version für Privatanwender 703 € für Fusion, weitere Varianten verfügbar	Cloud Abhängigkeit
Onshape	100 % Cloud	Kostenlose Version (öffentlich) Standard –Abo €1,410 pro Jahr Professional-Abo €2,350 pro Jahr	ohne Internet unbrauchbar
FreeCAD	Desktop	Open Source	Open-Source
Tinkercad	Cloud	Kostenlos	Einfach, für Schule
SolidWorks	Desktop	teuer	Industrie
Autodesk Inventor	Desktop	teuer	Industrie



- Einführung – Was genau ist CAD?
- Vorstellung - Onshape
- Übungen Zahnstange, Welle
- 3D-Scanner Funktionsweise
- Reverse Engineering Prozess



- CAD Software – Onshape
- Skizze erstellen
- Bauteilerstellung
 - Linear austragen , Rotieren, Austragung, Ausformung, Wandung, Bohrung, Gewinde, Linearmuster
- Zeichnungen erstellen
- Baugruppe erstellen
- Dateien Importieren
- Dateien Exportieren

Onshape



Startoberfläche

Schnellstart (nur Englisch)

Konto verwalten
/Einstellungen

Dokument erstellen

Tutorials (nur Englisch)

onshape

Suchen in „Gehört mir“

Erstellen

Dokument erstellen, Veröffentlichung, Kurs, Bezeichnung erstellen oder Dateien importieren

Gehört mir

ADMIRE

Gehört mir

Klassen

Zuletzt geöffnet

Von mir erstellt

Mit mir geteilt

Bezeichnungen

Öffentlich

Papierkorb

Erste Schritte mit Onshape

Design zusammen mit einem Dokument erstellen

Dokumente in Onshape funktionieren als Container für Bauteile, Baugruppen, Zeichnungen und andere zugehörige Daten. Jedes dieser Elemente verfügt über eine eigene Registerkarte im Dokument.

Onshape-Schnellstart

Lernen Sie in dieser Anleitung die Grundlagen von Onshape kennen.

Dokument erstellen

Sie können auch etwas Neues erstellen oder mit dem Menü „Erstellen“ importieren.

An einem Kurs zum Selbststudium teilnehmen

Machen Sie einen Grundkurs in unserem Learning Center.

Zuletzt von mir geöffnet

Onshape EDU Quickstart

Prusa XL Enclosure Spool Holder - Copy

r6_printables - Copy

Ordner

Typ

Hinzufügen

Name	Geändert	Geändert von	Gehört
Prusa XL Enclosure S...	gestern um 16:26 Uhr	mir	mir
Onshape EDU Quickst...	13.02.2026	mir	mir
r6_printables - Copy	16.01.2025	mir	mir

Abonnement: Educator

© 2013 – 2026, PTC Inc. Alle Rechte vorbehalten.

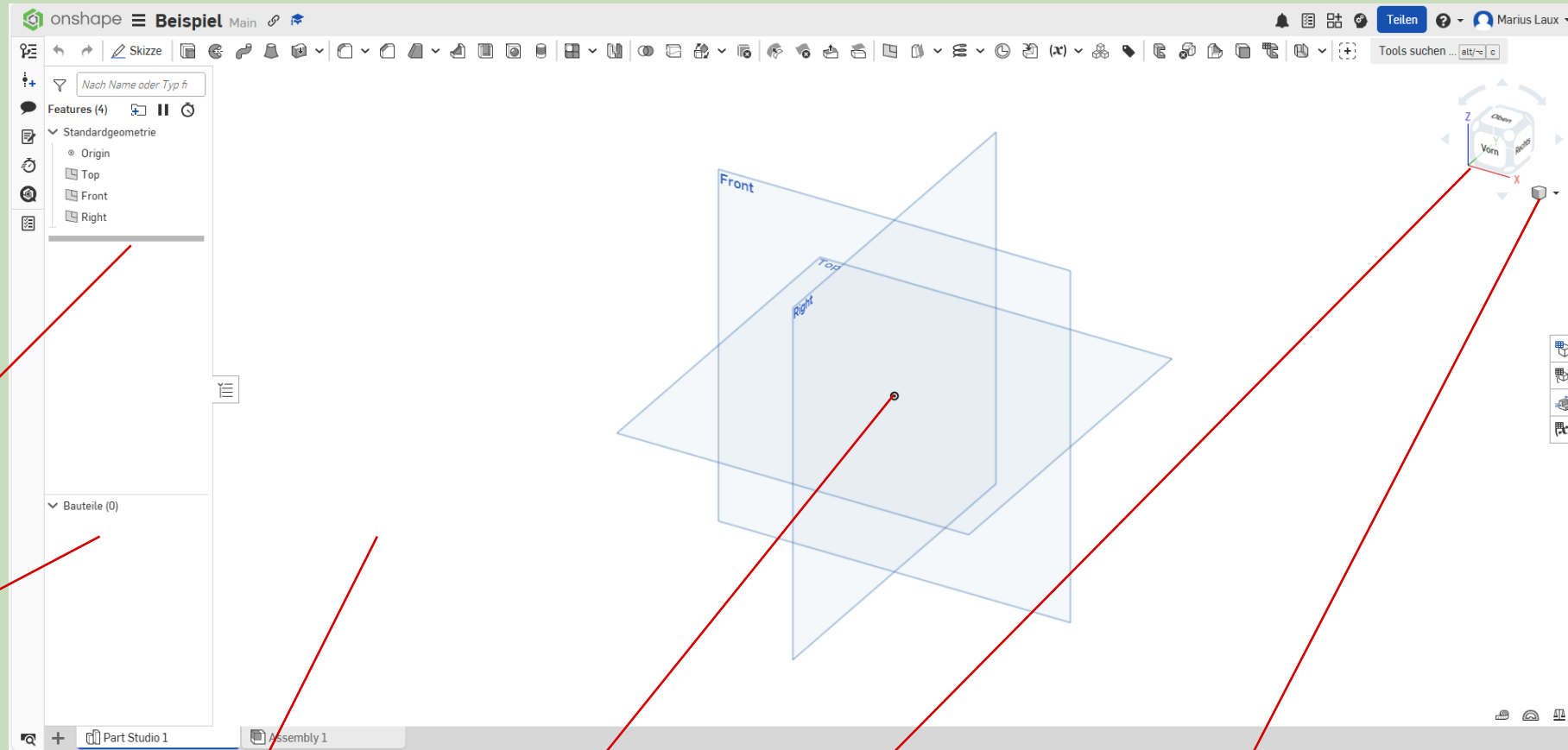
Nutzungsbedingungen und Datenschutzerklärung von Onshape

(1.211.74321.8c555f5b6186)

Onshape



Benutzeroberfläche



Rollback-Leiste

Bauteile

Arbeitsbereich

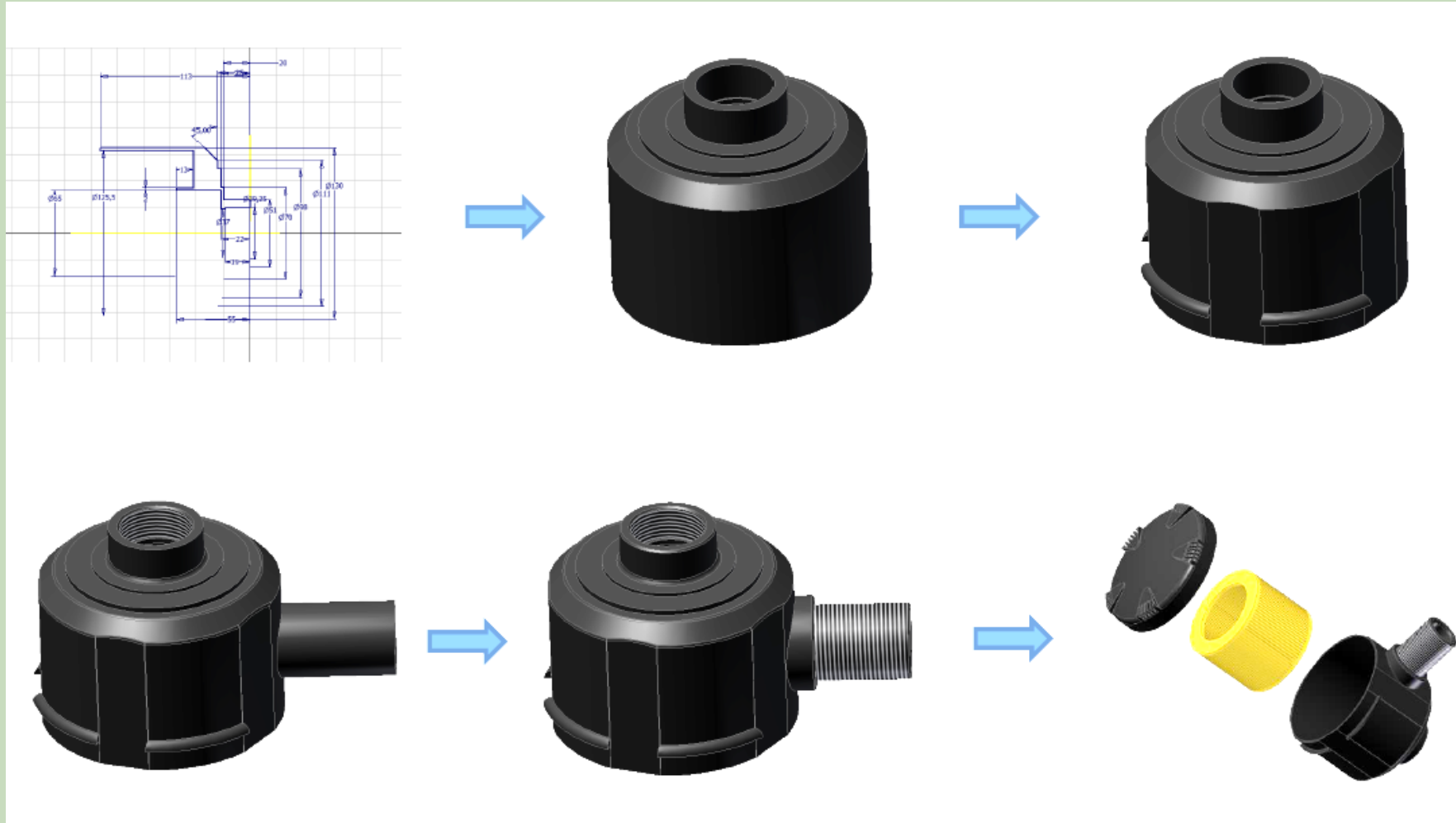
Ursprung

ViewCube

Darstellung anpassen



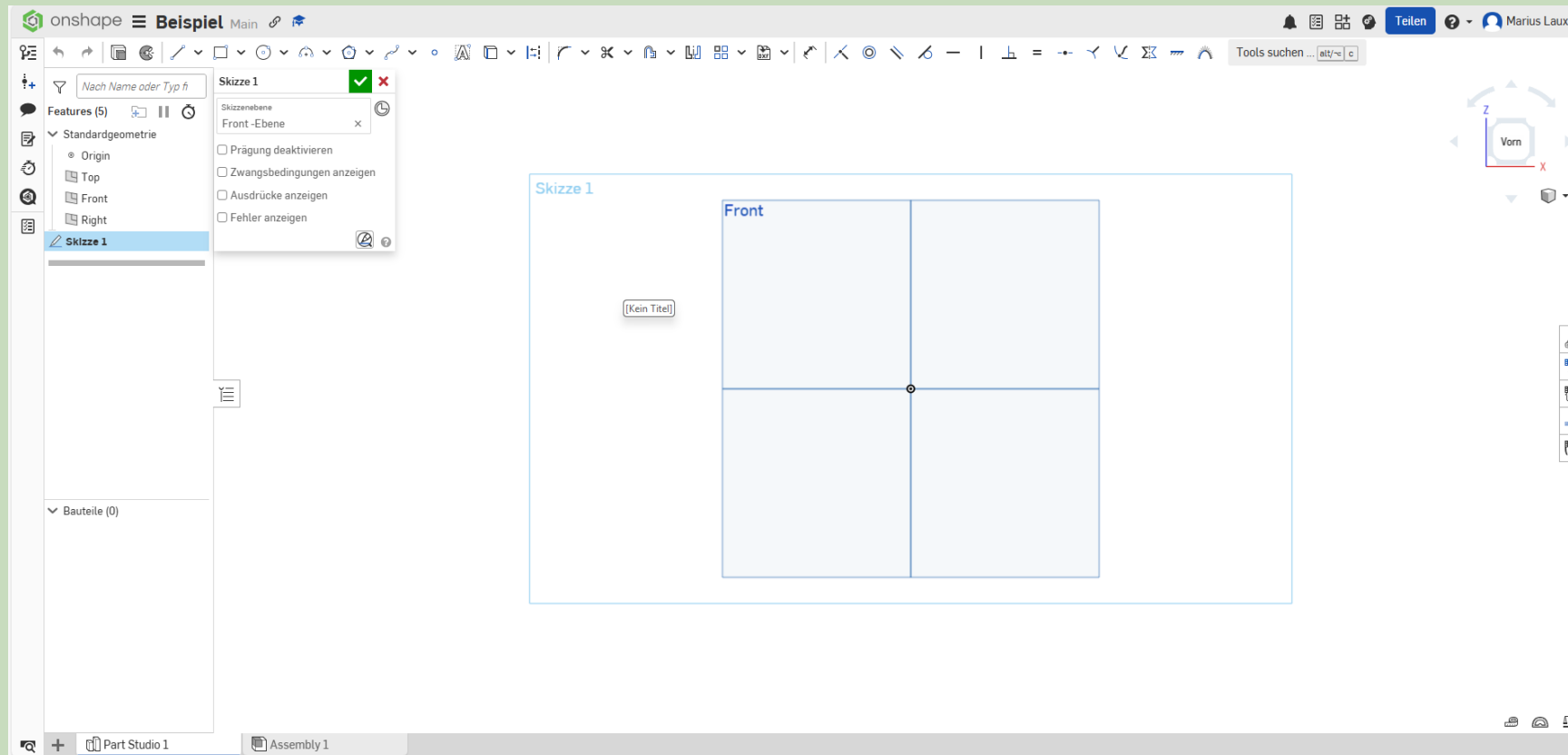
Aufbau eines Modells





Skizzenerstellung

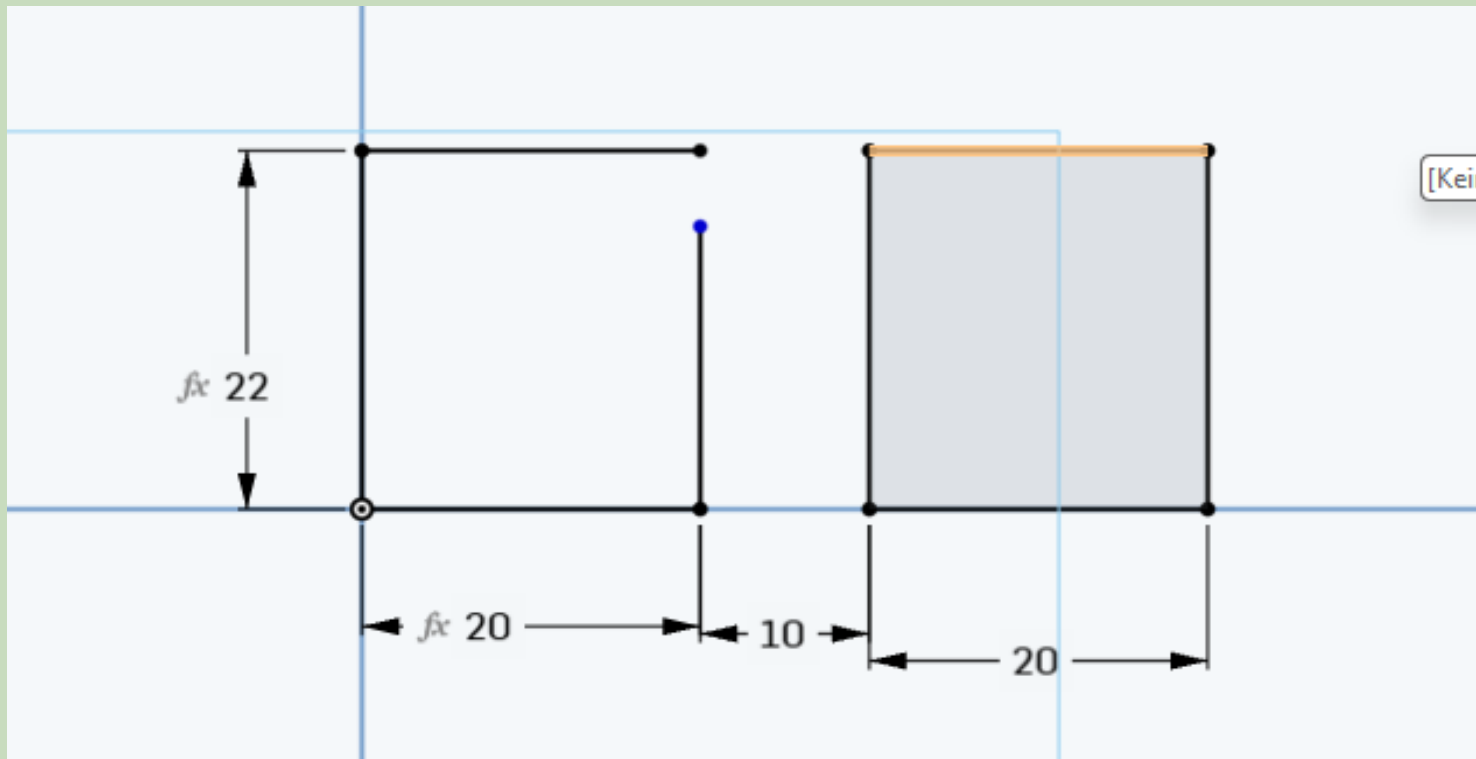
Skizze Erstellen -> zuerst Skizzierebene definieren





Skizzenerstellung

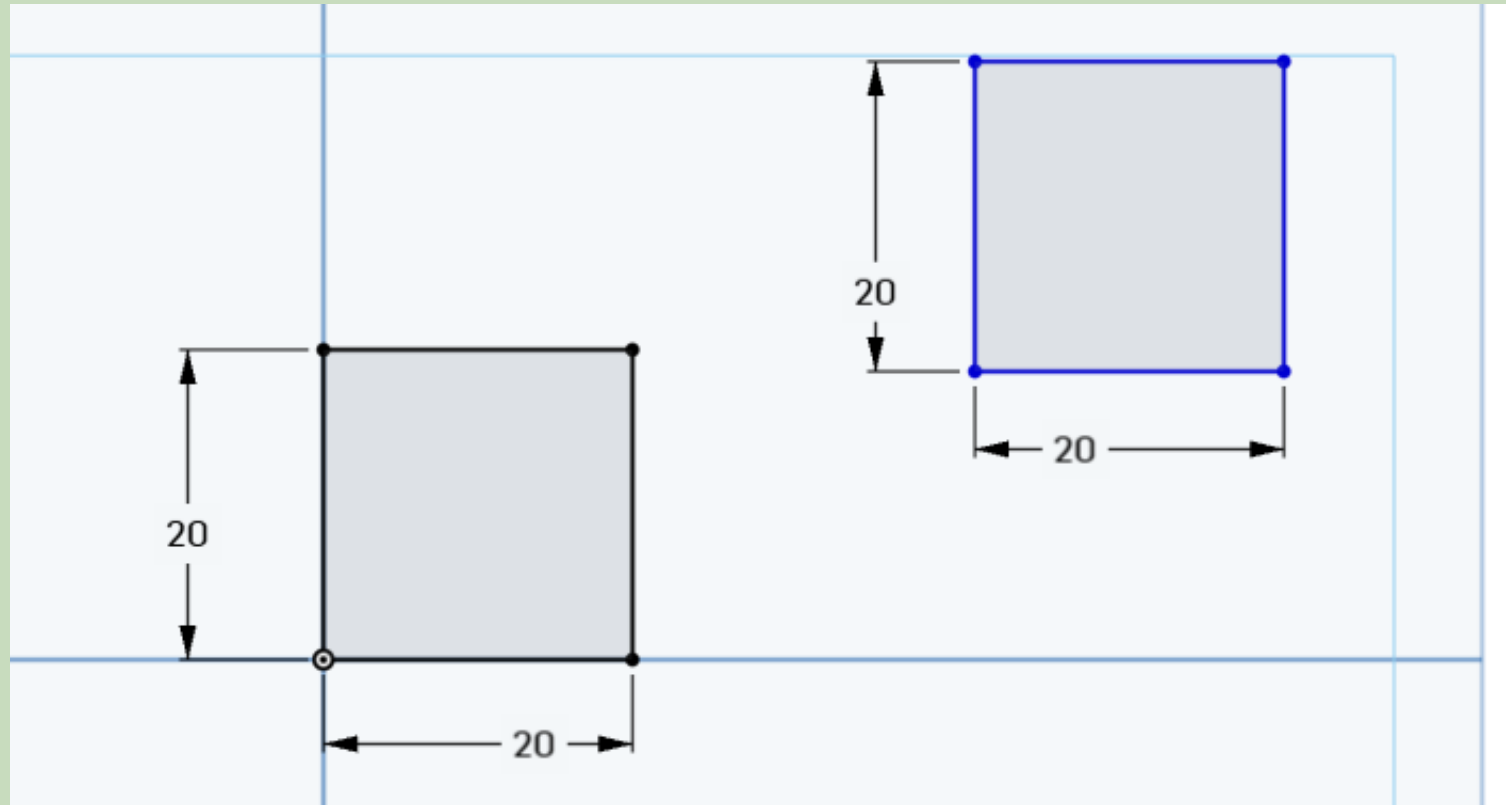
geschlossene Skizze ist notwendig -> durch die graue Einfärbung erkennbar
Funktion Konstruktion -> Linientyp ändern





Skizzenerstellung

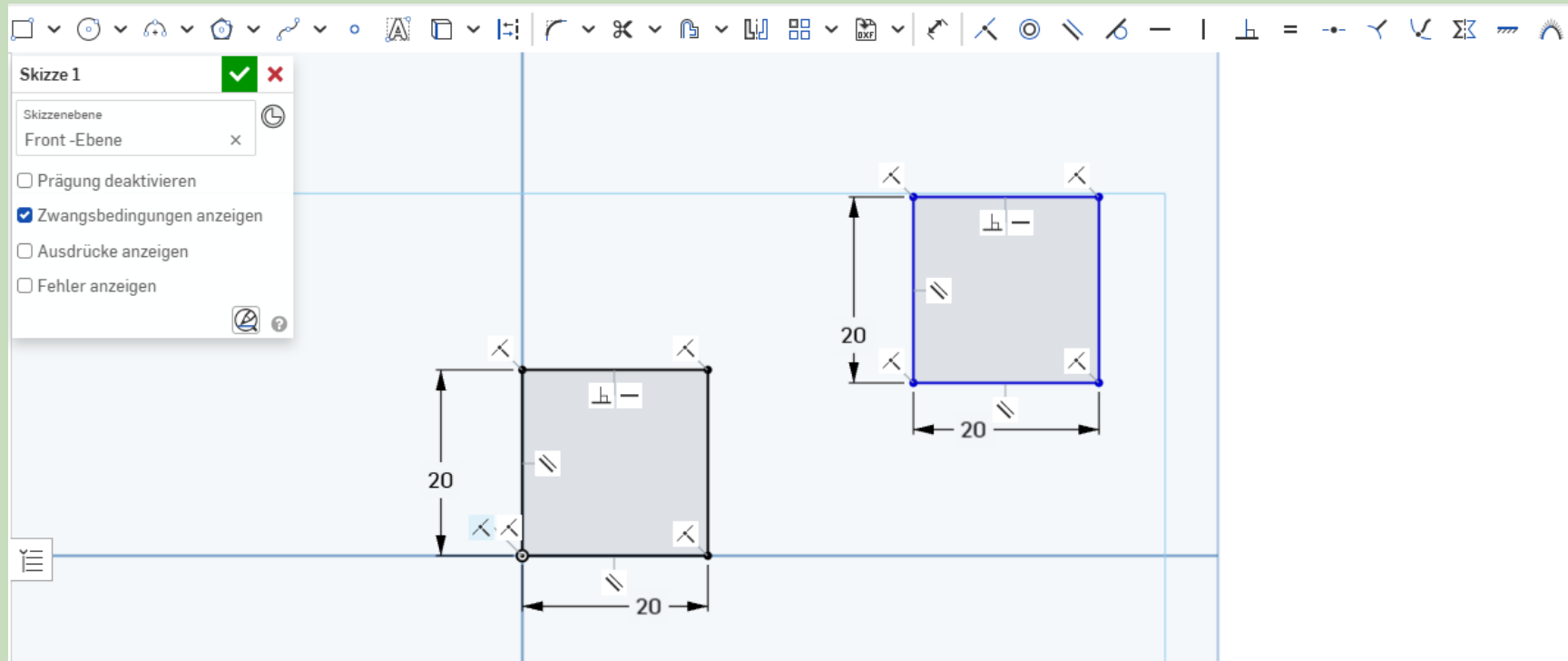
Blaue Linien/Bögen/Kreise sind nicht bedingt und können verschoben werden





Skizze Zwangsbedingungen / Abhängigkeiten

Zum Anpassen der Skizzen





Skizzen Variablentabelle

Zum gleichzeitigen Anpassen von Bemaßungen in einer Skizze
Name des Parameters ist in der Bemaßung einzugeben

Variablentabelle				
▼ Part Studio 1				
Name	Variablentyp	Wert	Beschreibung	
Breite	Länge ▼	20 mm		
Hoehe	Länge ▼	22 mm		
Name				



Skizze – neue Ebenen, Achsen und Punkte erstellen

Erstellen von neuen Ebenen

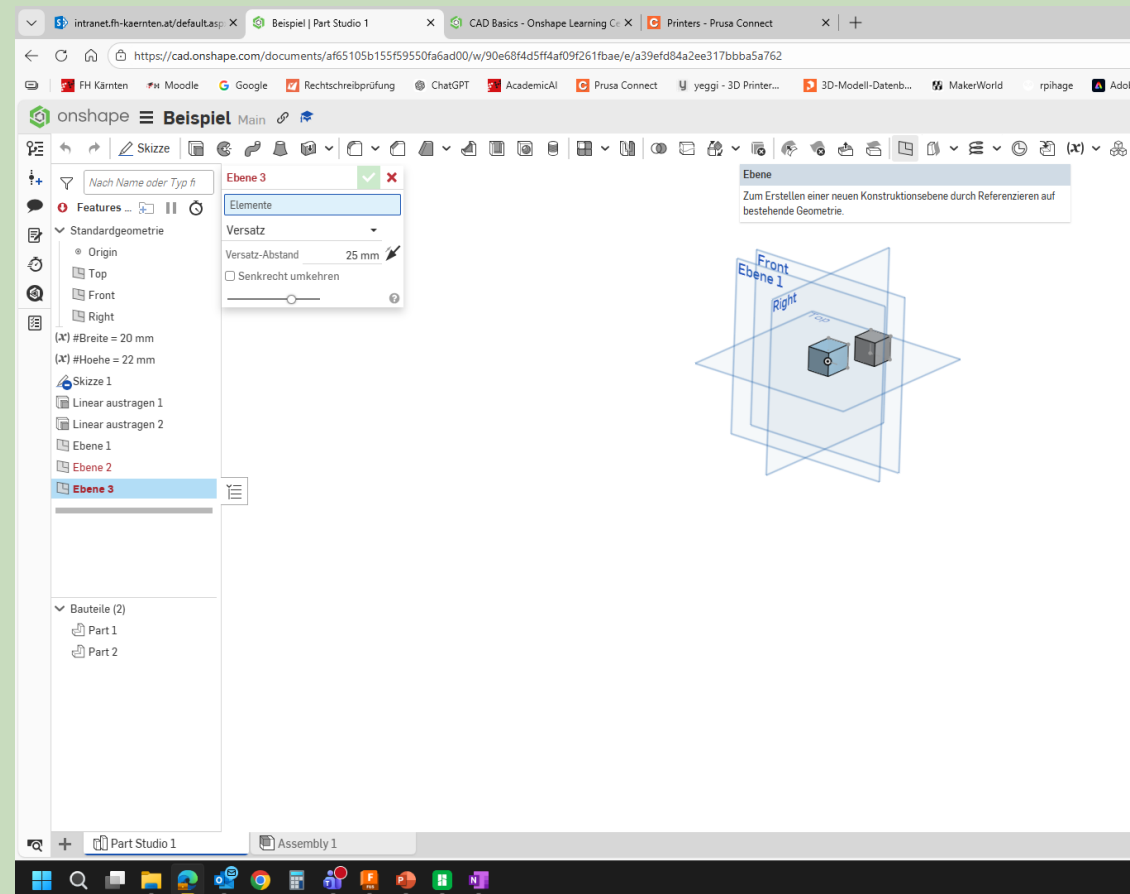
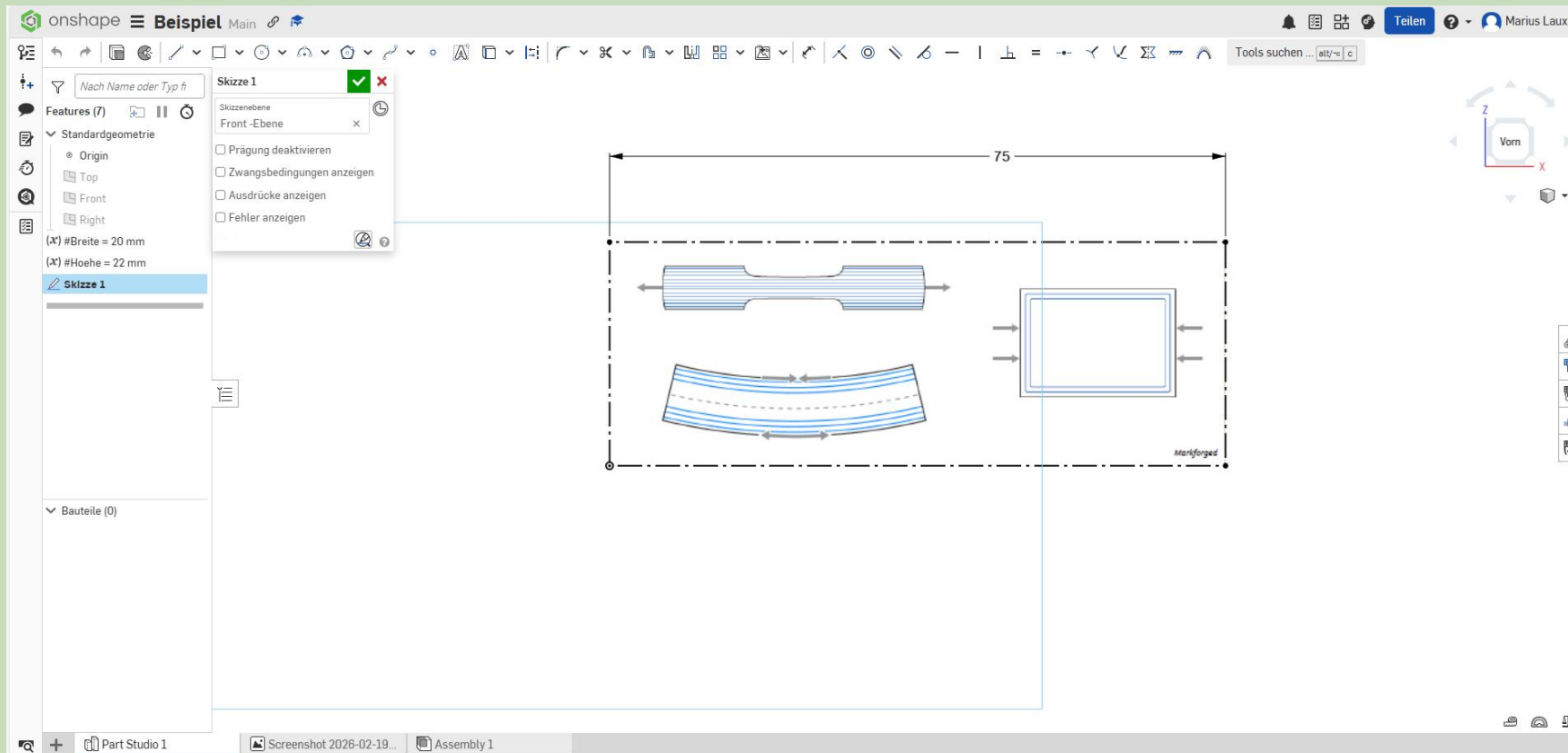




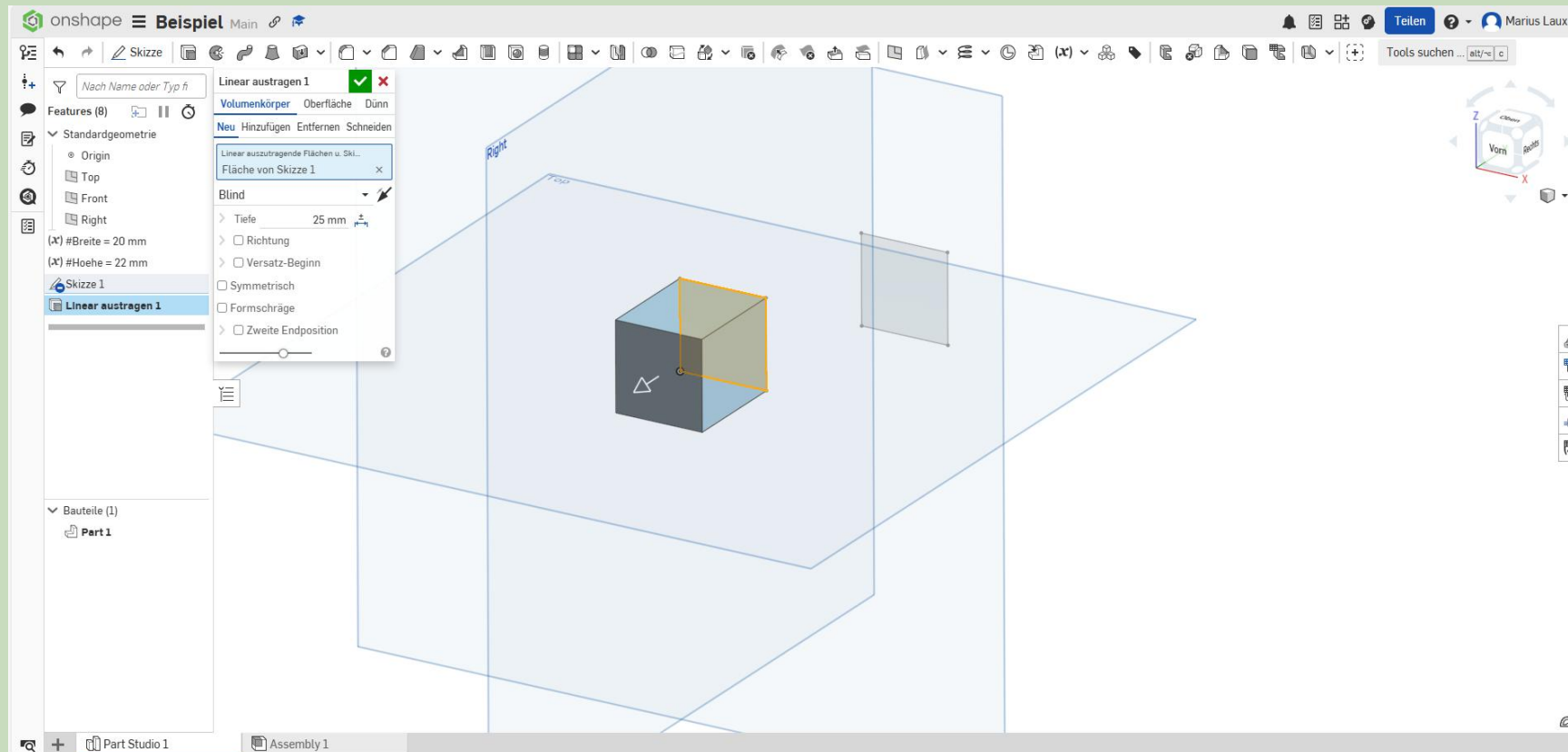
Bild als Referenz einfügen

Einfügen -> Ansichtsbereich -> Datei auswählen -> Fläche auswählen





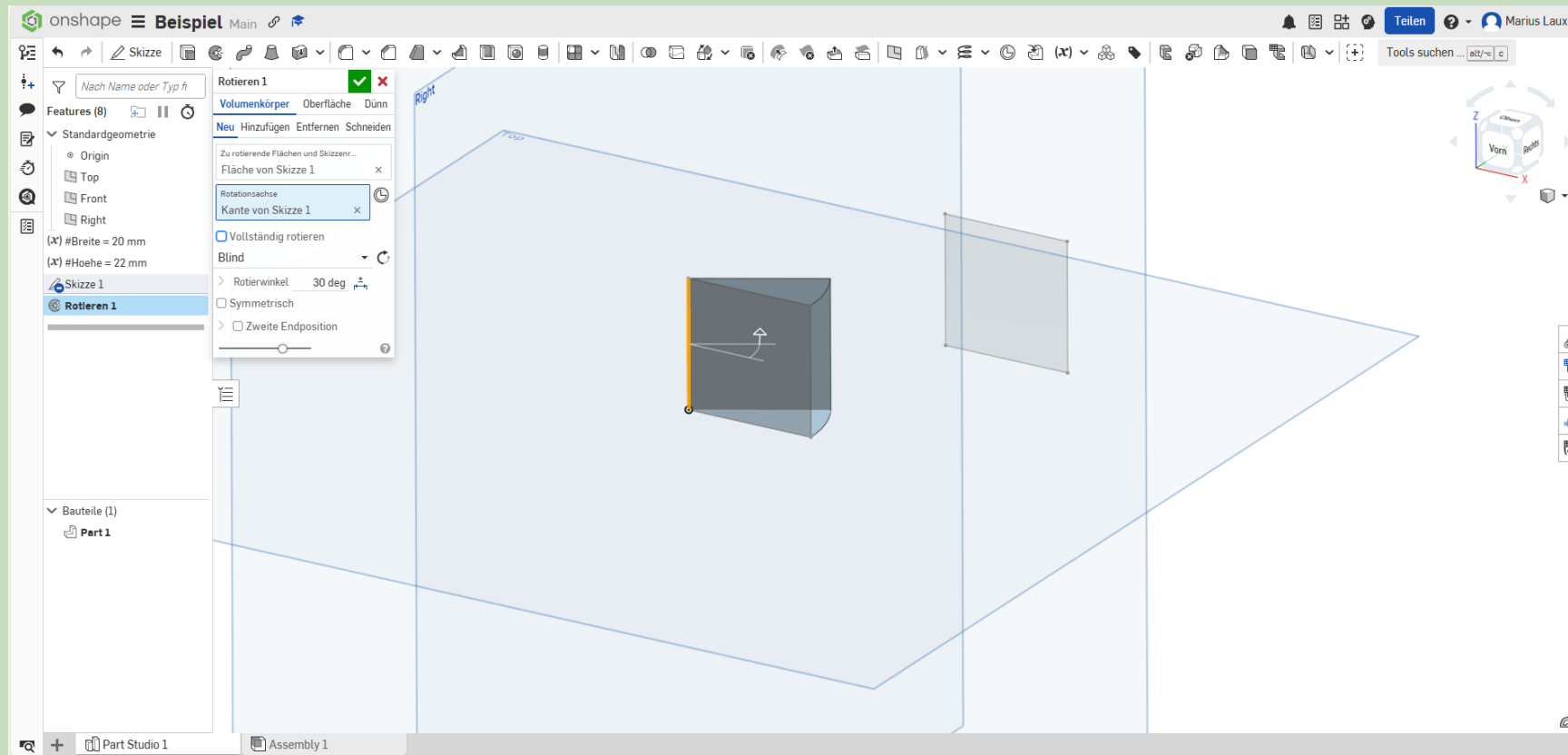
Bauteilgenerierung – Linear austragen geschlossene Skizze ist notwendig





Bauteilgenerierung – Rotieren

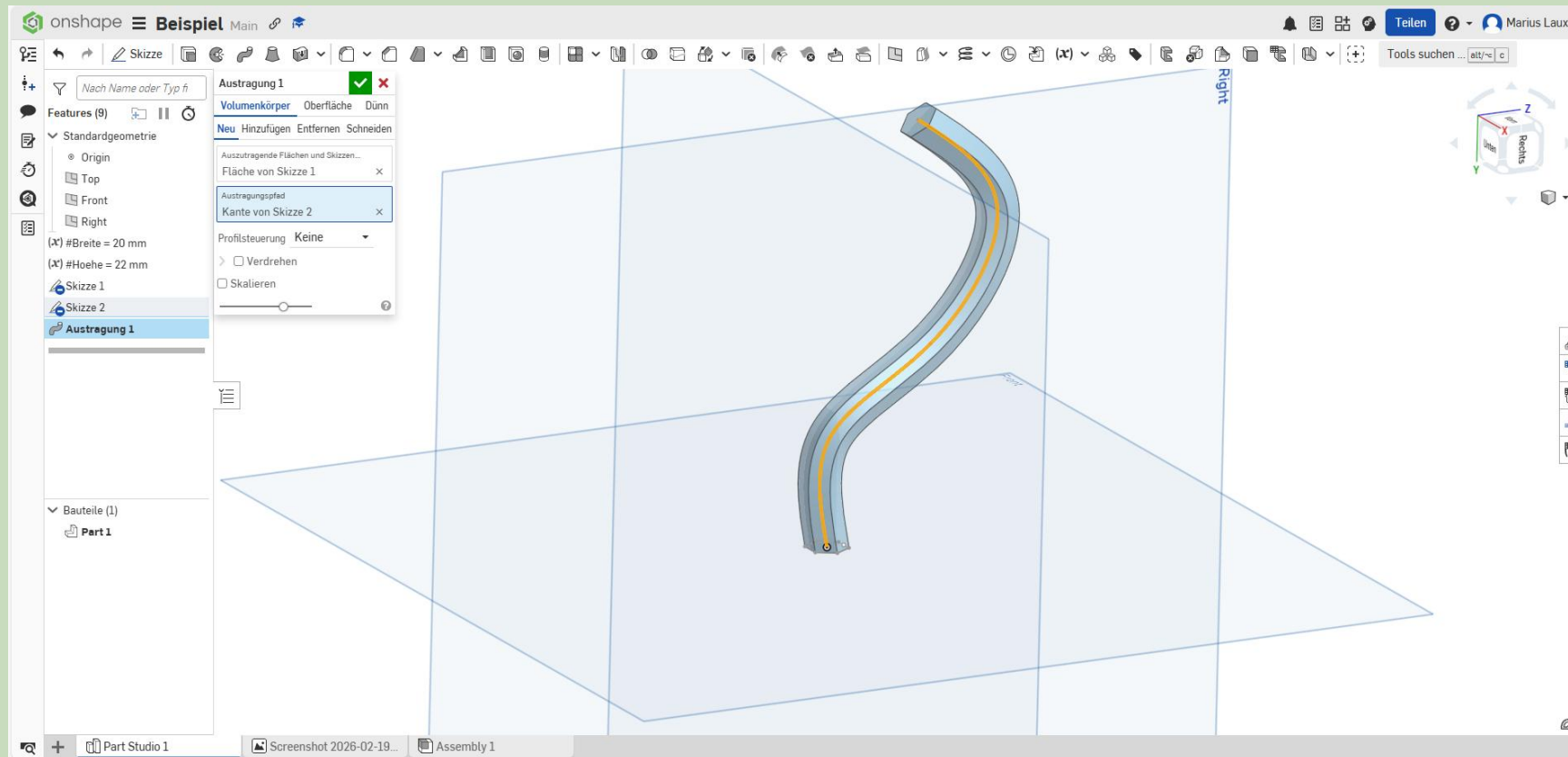
geschlossene Skizze und Rotationsachse ist notwendig





Bauteilgenerierung – Austragung

Profil und Pfad ist erforderlich

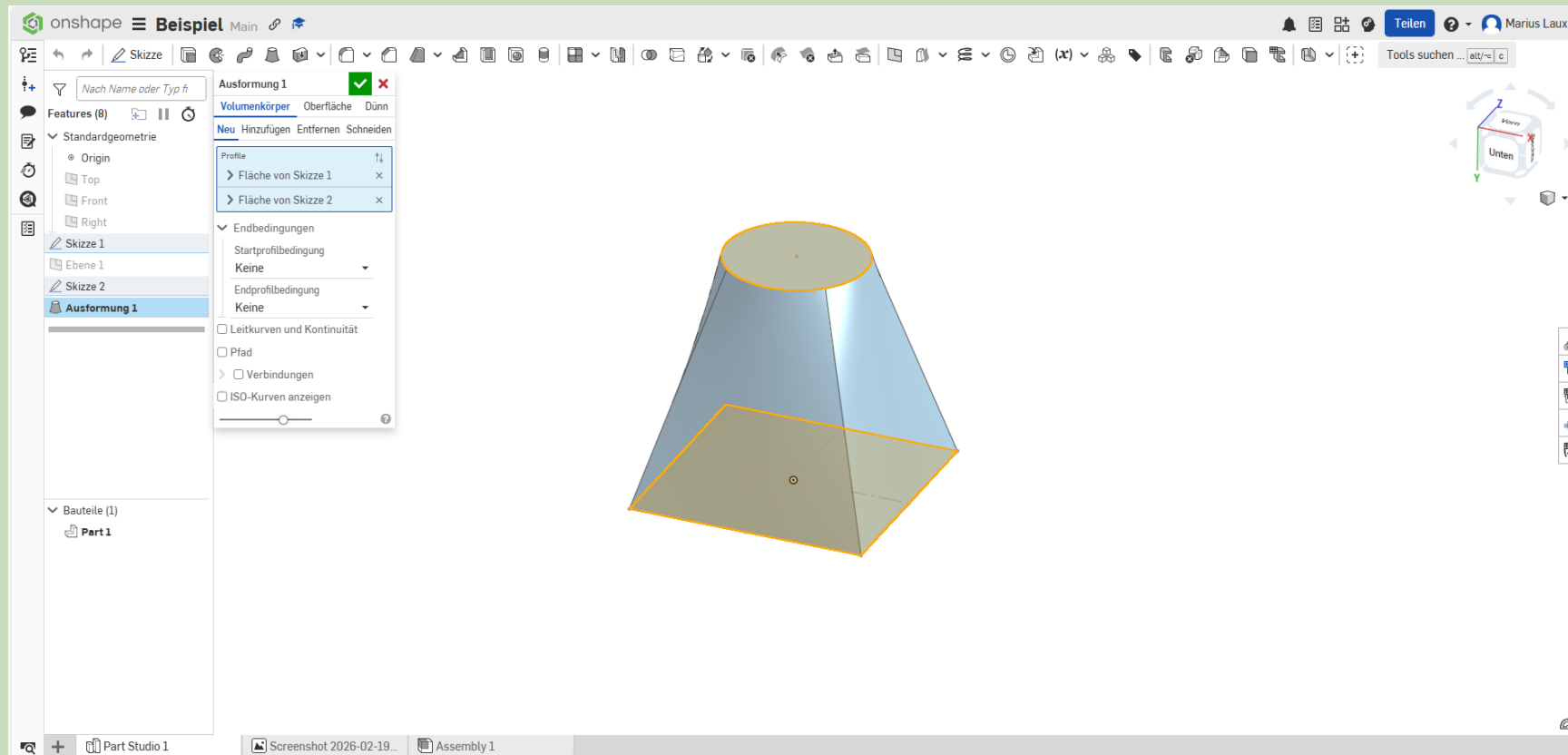


Onshape



Bauteilgenerierung – Ausformung

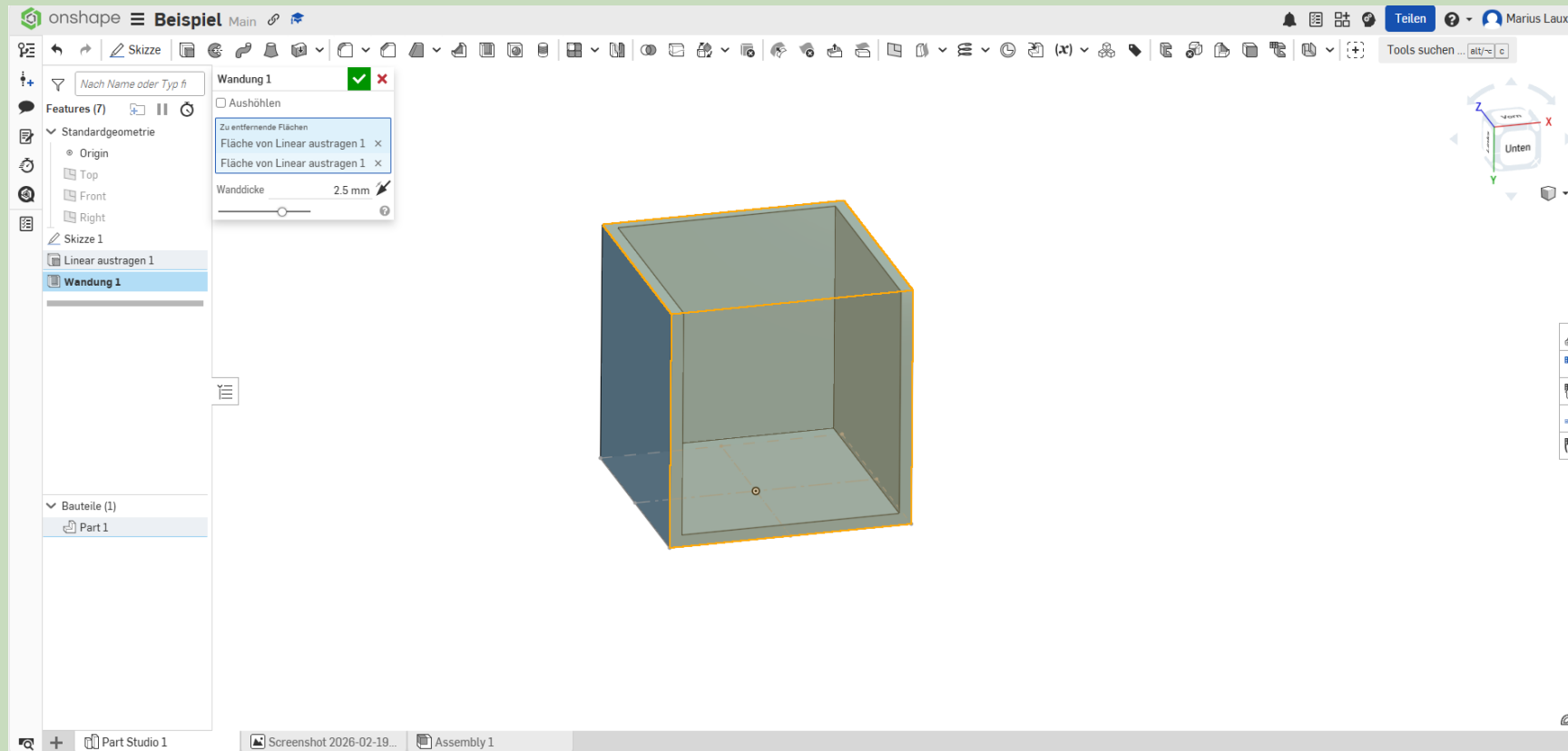
Zwei Profile sind erforderlich





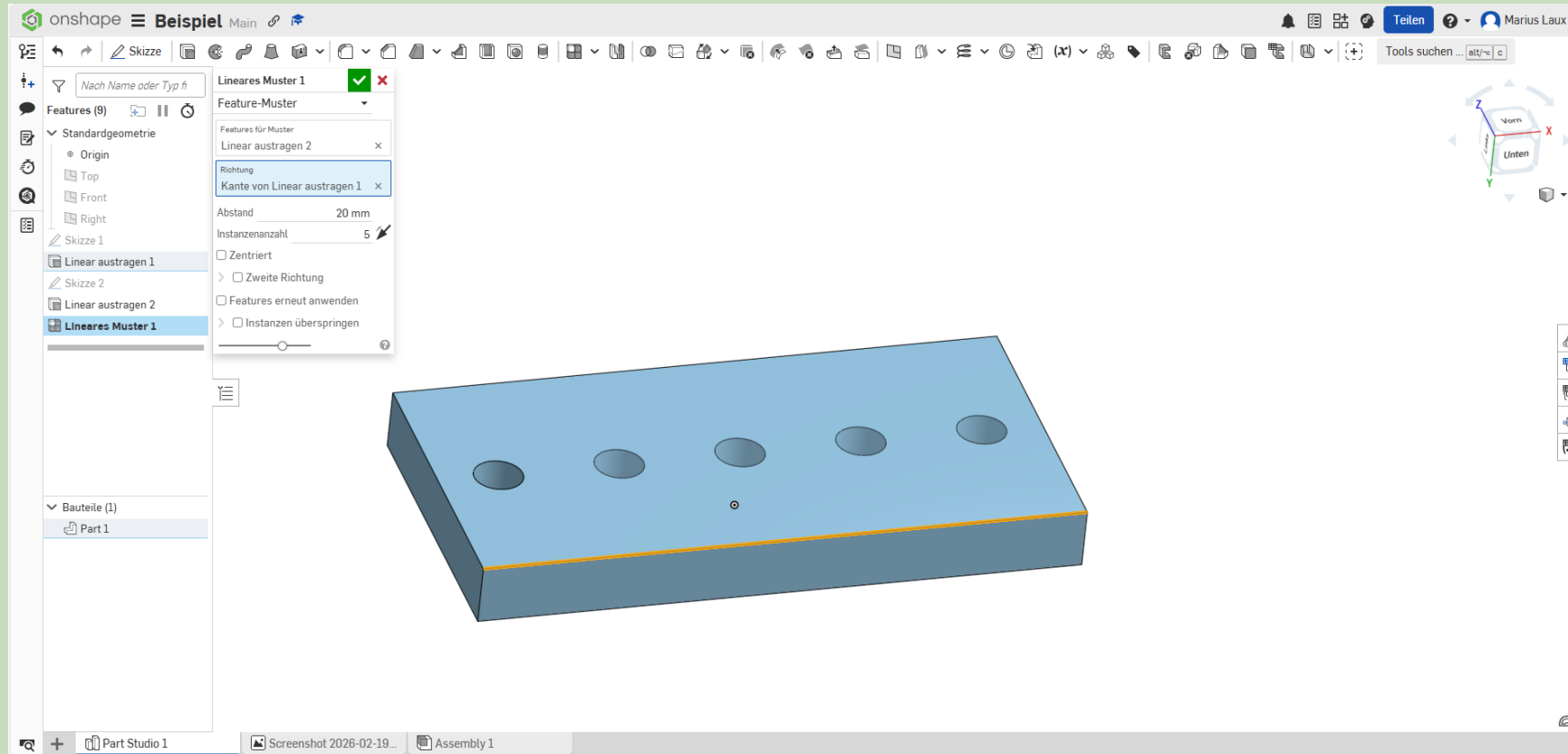
Bauteilgenerierung – Wandung

Volumenkörper, wegzuschneidende Fläche und Wandstärke





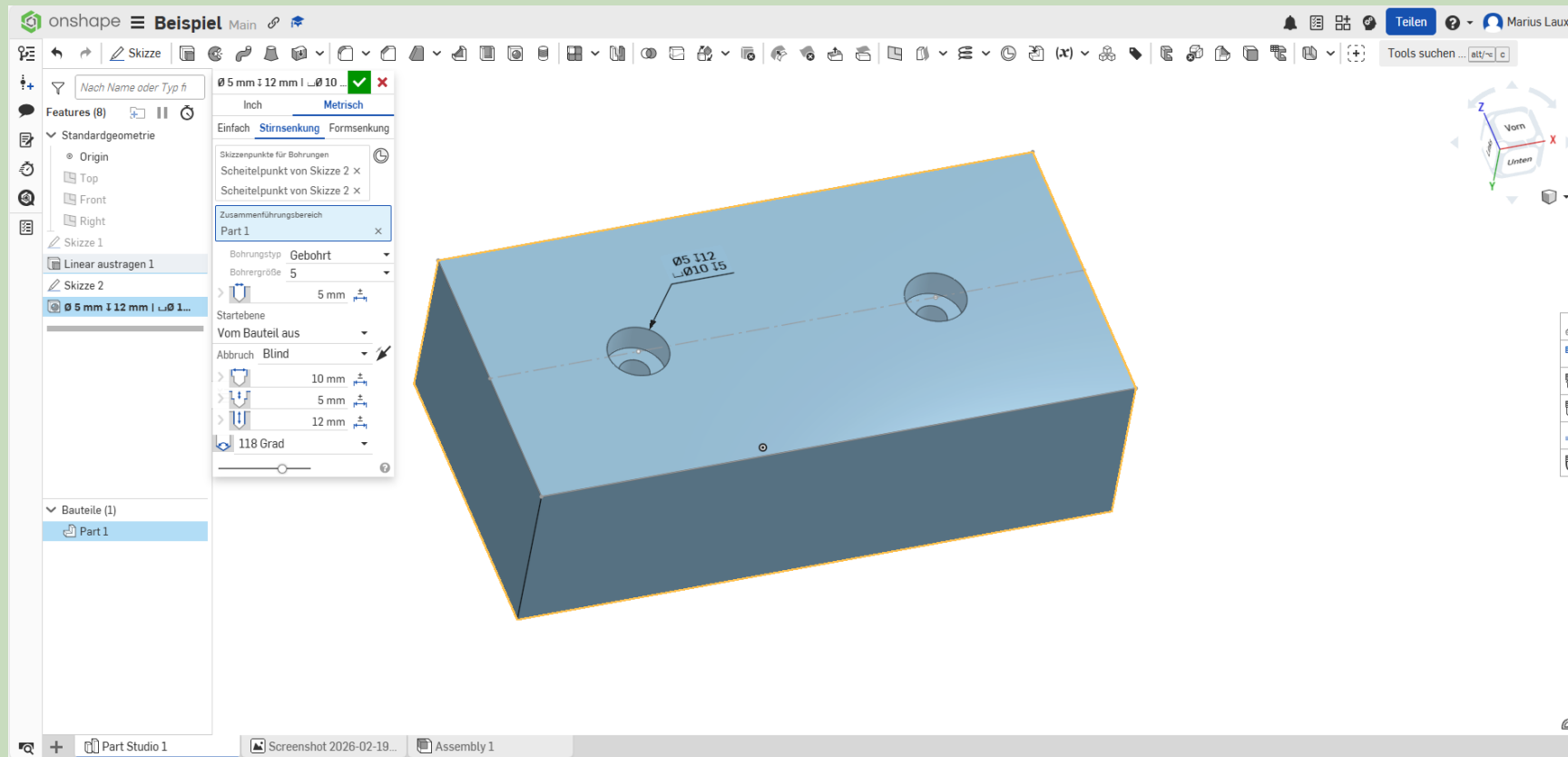
Linienmuster – Anordnung Rechteckig, Kreismuster – Anordnung Runde Bauteil, Richtung, Anzahl und Abstand erforderlich





Bauteilgenerierung – Bohrung

Volumenkörper wird benötigt



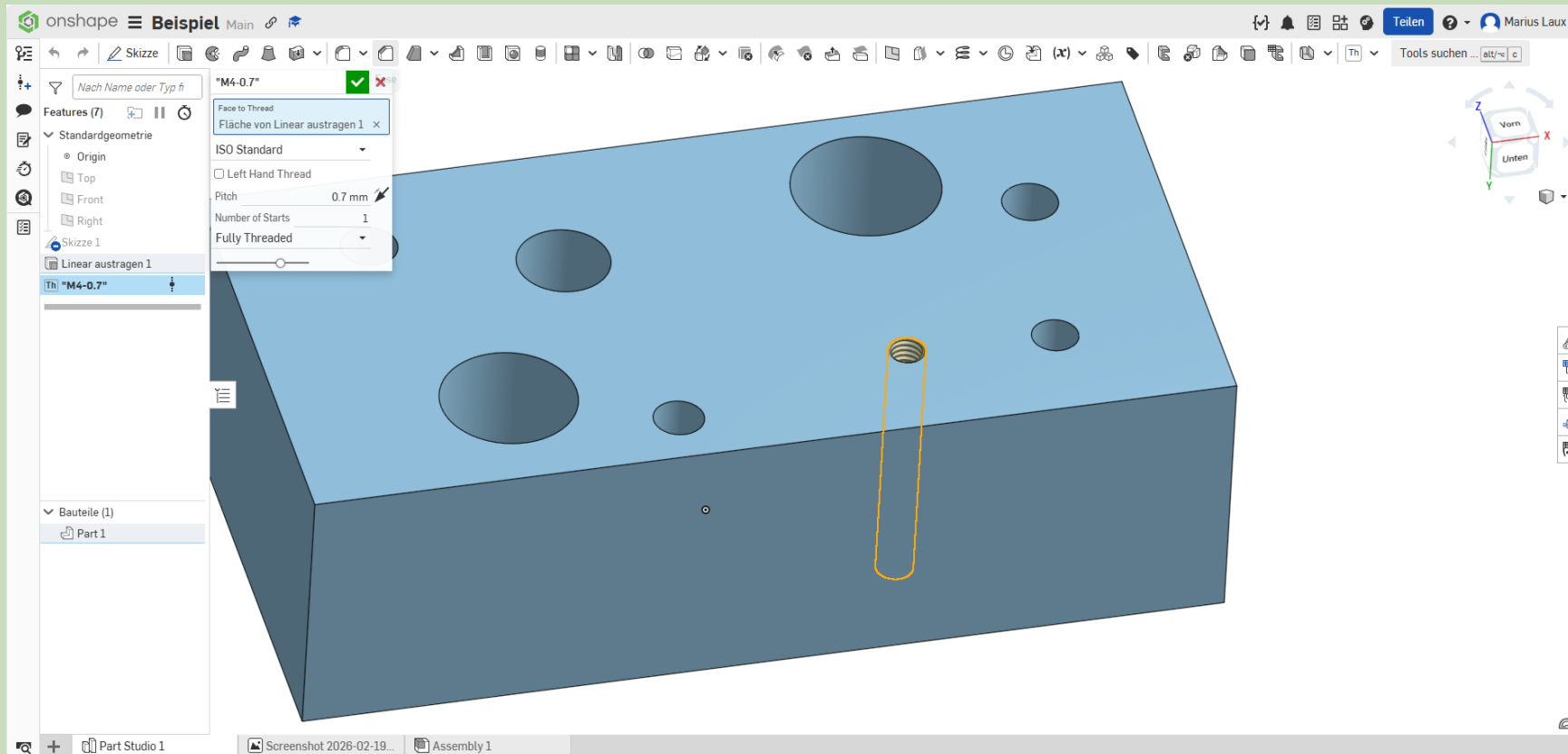
Onshape



Bauteilgenerierung – Gewinde

Für ein Bestehende Bohrung

Funktion muss über Features hinzugefügt werden -> Thread Creator





Verbindungsmöglichkeiten – Gewindeeinsätze / Schrauben

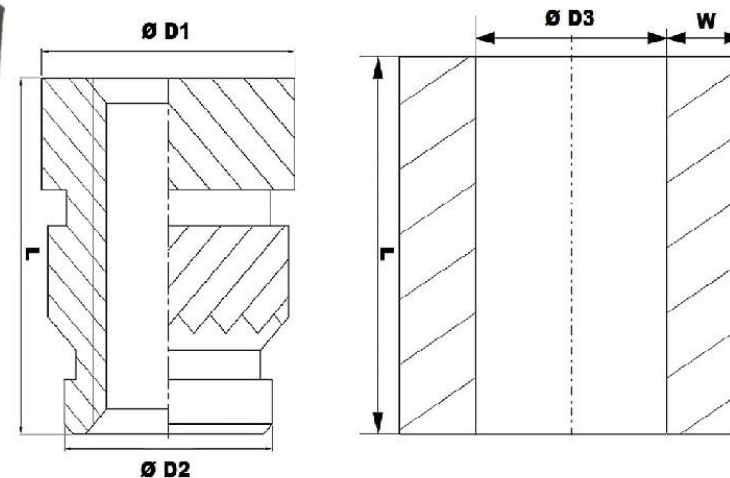
Werden in Bohrungen eingeschmolzen mit einem LötKolben

Für M2 bis M8 Gewinde

Verschiedene Längen/Varianten verfügbar



Gewindegröße	Ø D1	Ø D2	Ø D3	L (+1 mm)	W (mind.)
M3	4,6 mm	3,9 mm	4,0 mm	5,7 mm	1,6 mm
M4	6,3 mm	5,5 mm	5,6 mm	6,35 mm	2,1 mm
M5	7,1 mm	6,3 mm	6,4 mm	9,5 mm	2,6 mm
M6	8,7 mm	7,9 mm	8,0 mm	12,7 mm	3,3 mm
M8	10,24 mm	9,5 mm	9,6 mm	12,7 mm	4,5 mm





Verbindungsmöglichkeiten – Muttern / Gewinde / Schrauben

Werden in Taschen eingesetzt/eingeschmolzen/gepresst

Können eingebettet werden





Verbindungsmöglichkeiten – Magnete

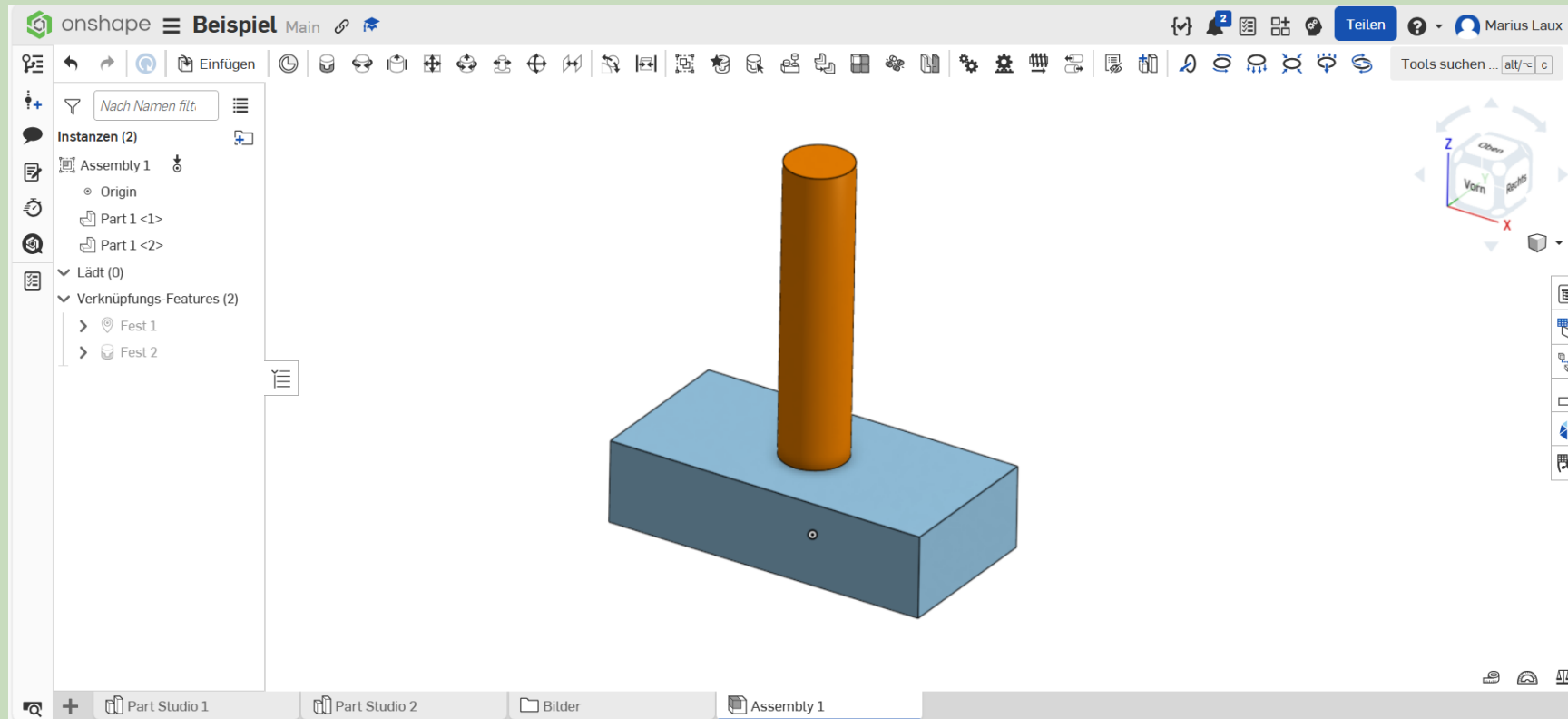
Werden in Taschen eingeklebt oder eingebettet





Zusammenbauzeichnung

Neue Registerkarte erstellen -> Baugruppe erstellen

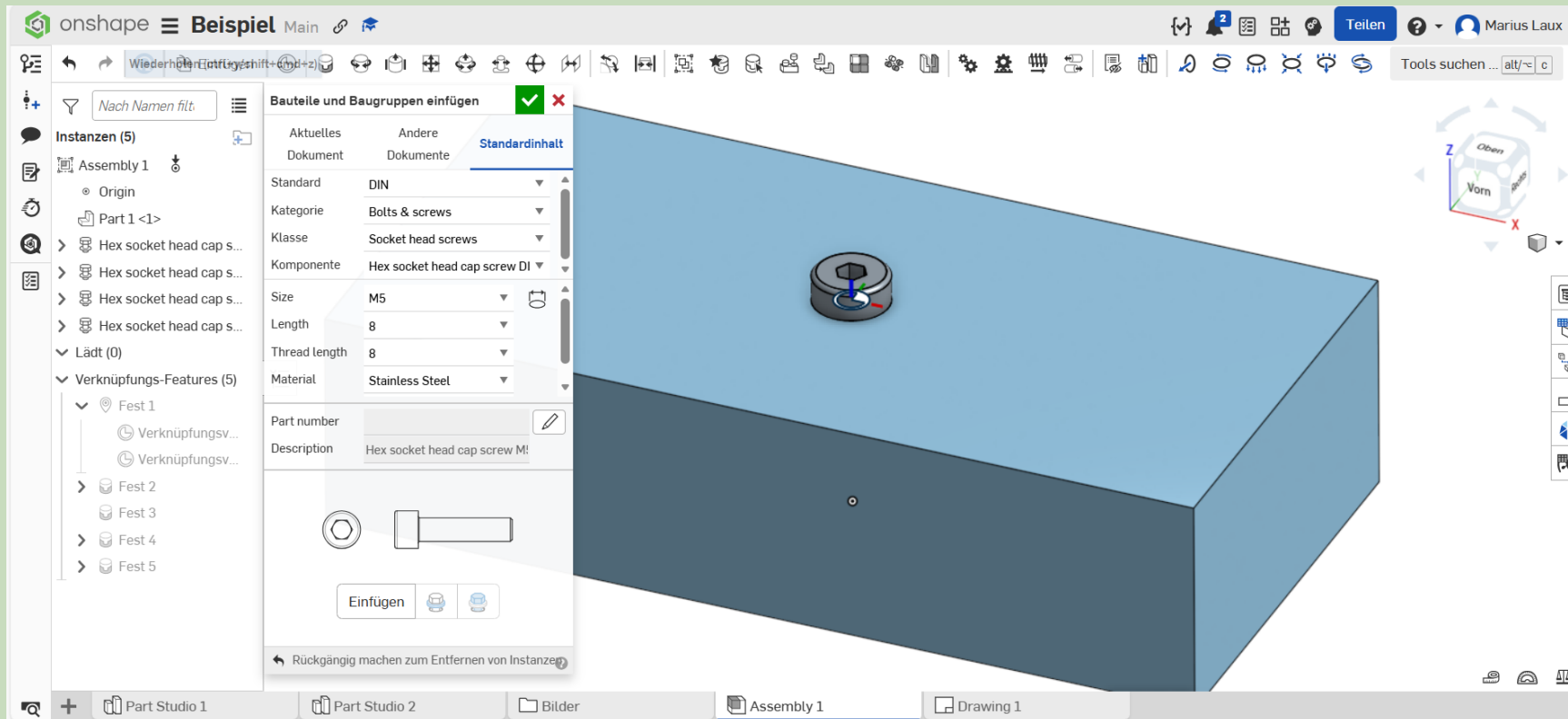


Onshape



Normteile

In der Baugruppe einfügen -> Standardinhalt

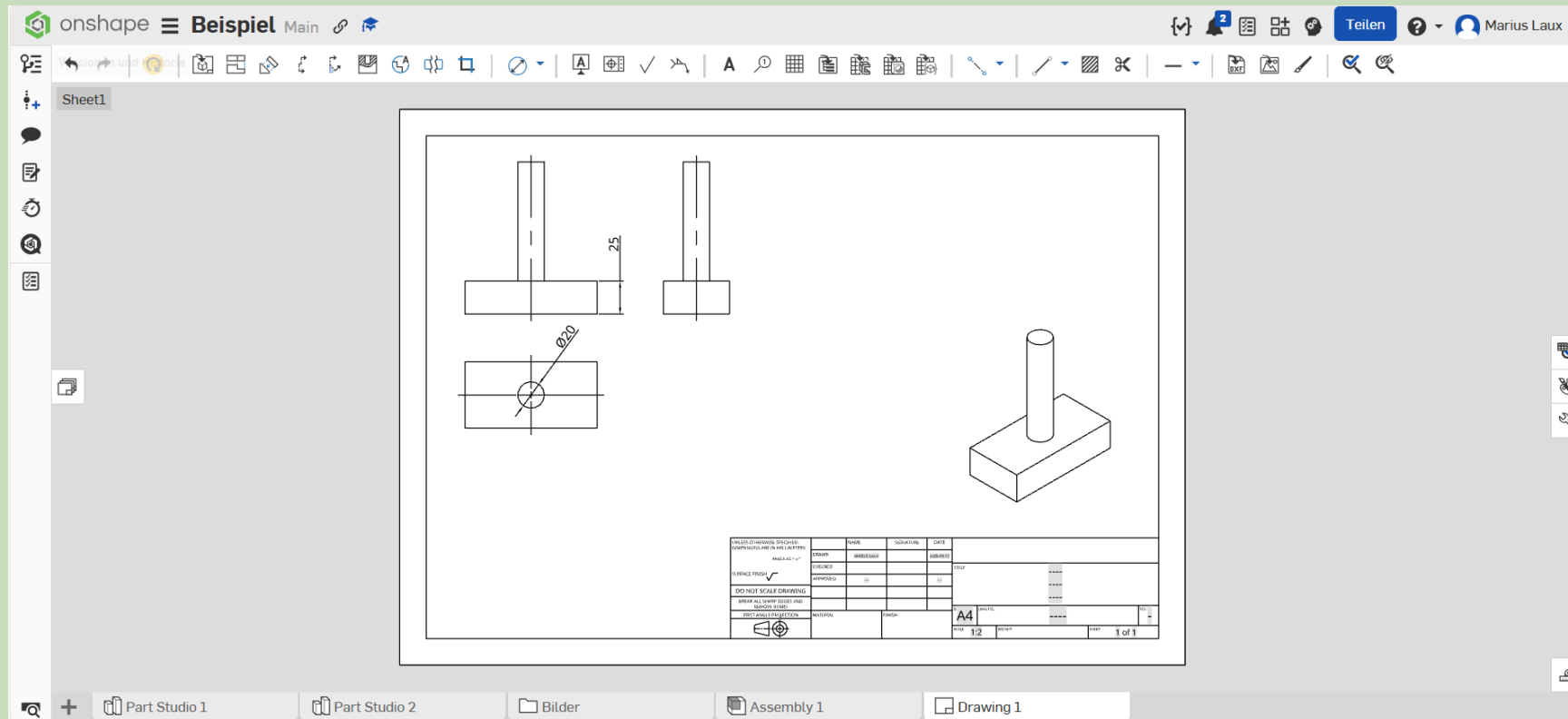


Onshape



Zeichnungen ableiten

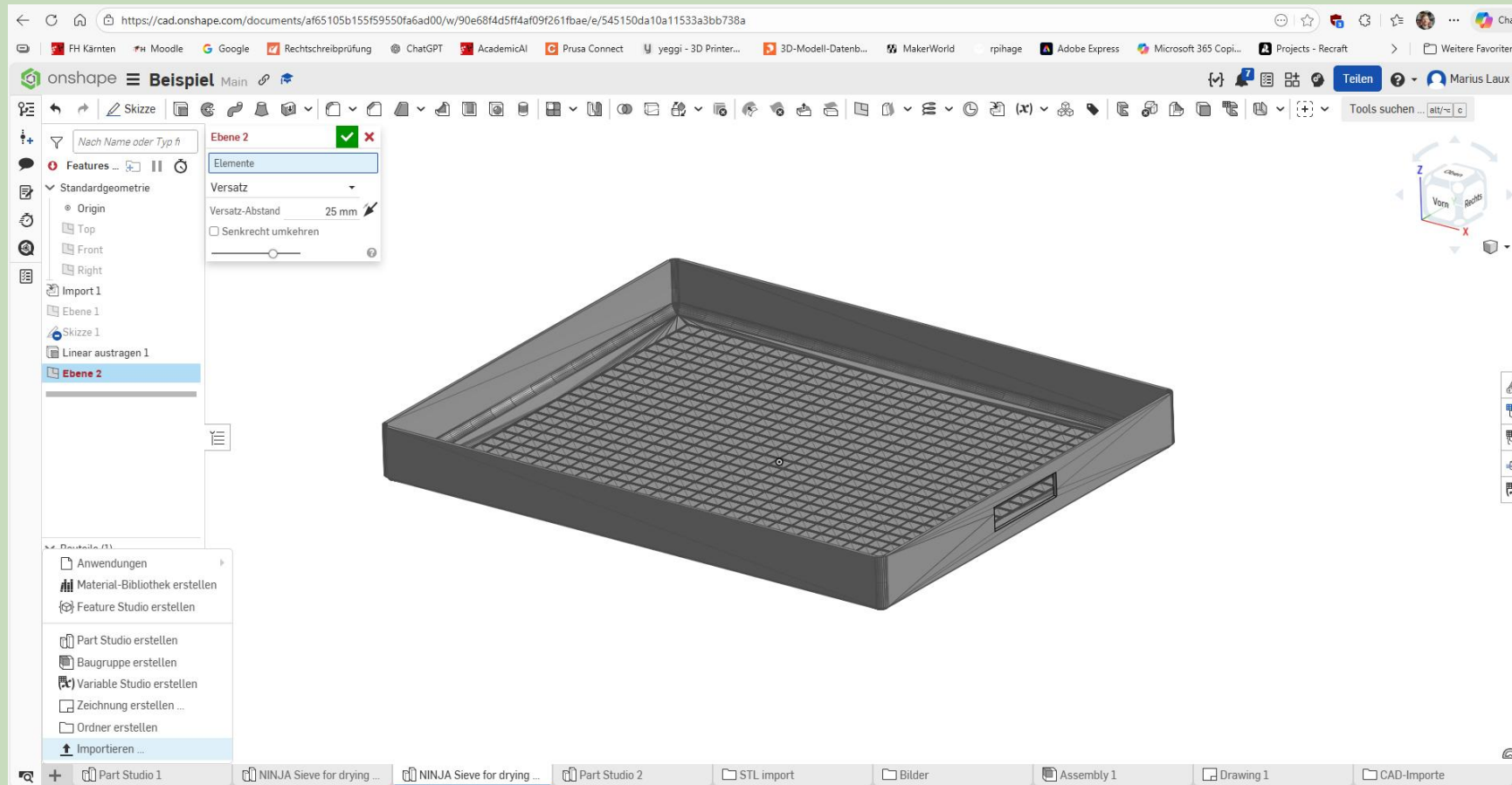
Neue Registerkarte einfügen -> Zeichnung erstellen





Dateien Importieren

Neue Registerkarte öffnen -> Importieren -> z.B. STEP oder STL Dateien
Einheiten können eingestellt werden

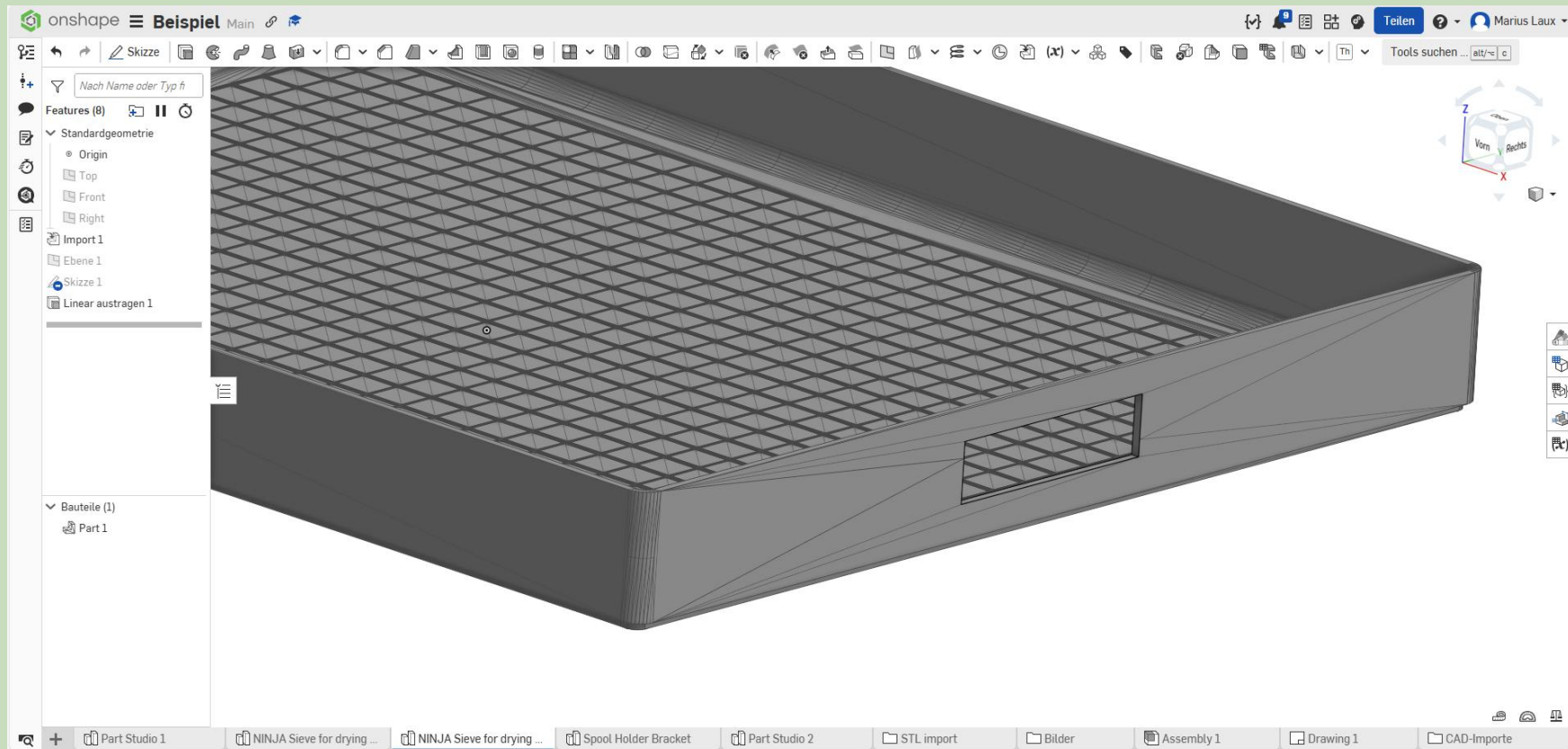




Importierte Datei bearbeiten

Bei STEP und IGES einfacher möglich (Flächen können direkt ausgewählt werden)

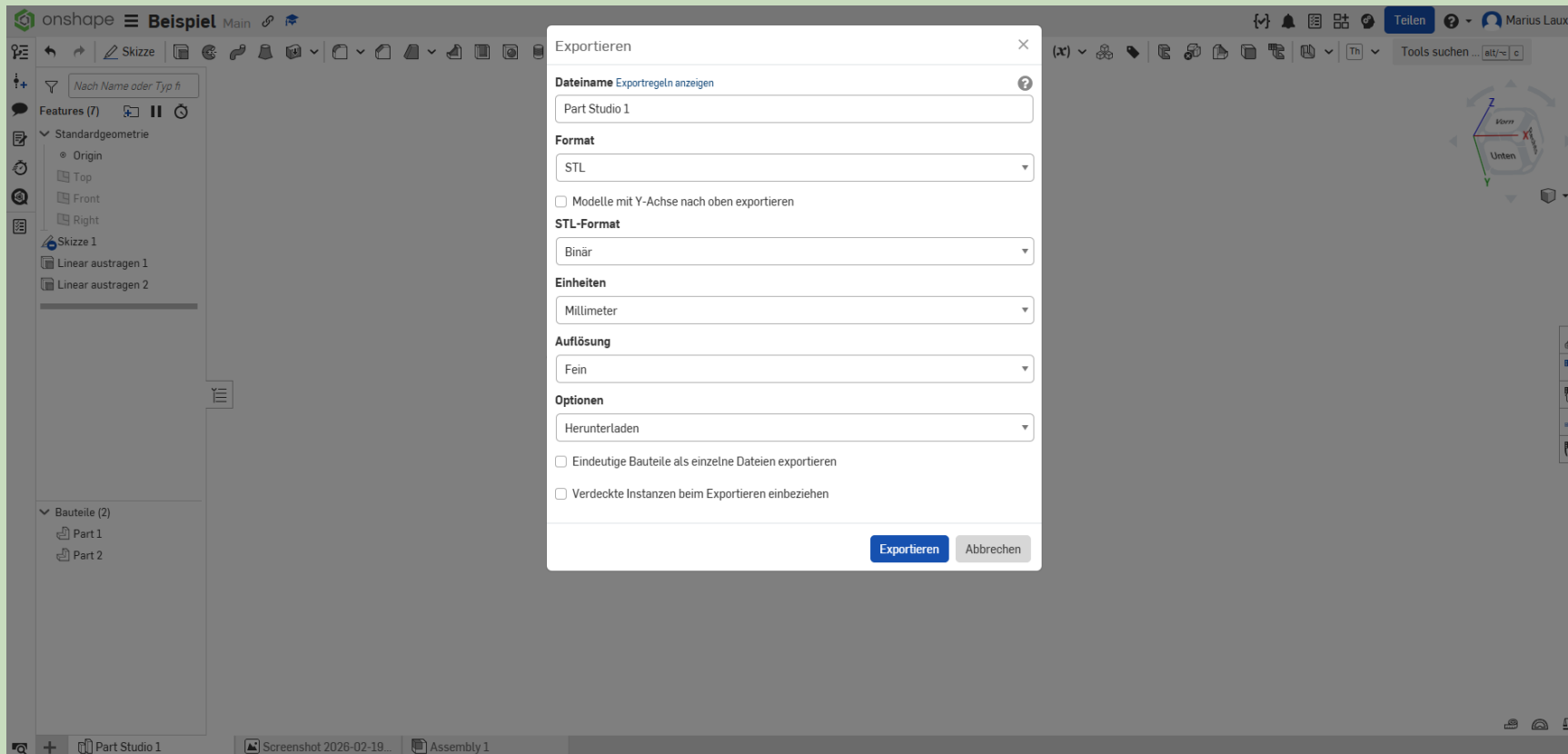
Bei STL müssen Ebene für die Skizze zuerst erstellt werden -> Bearbeitung schwieriger und aufwändiger





Dateien Exportieren

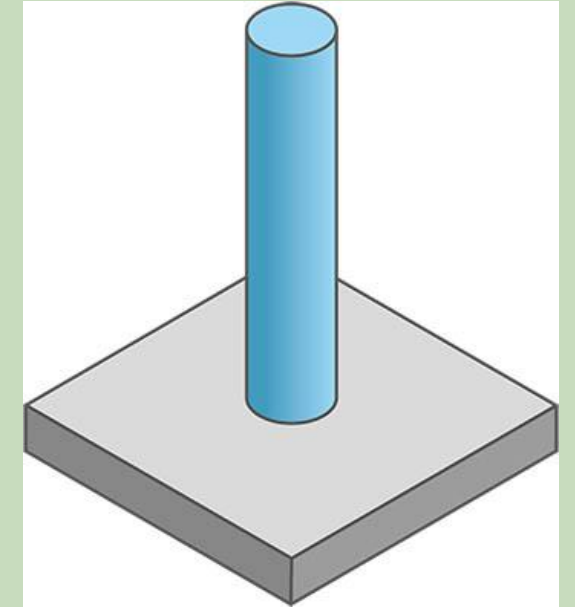
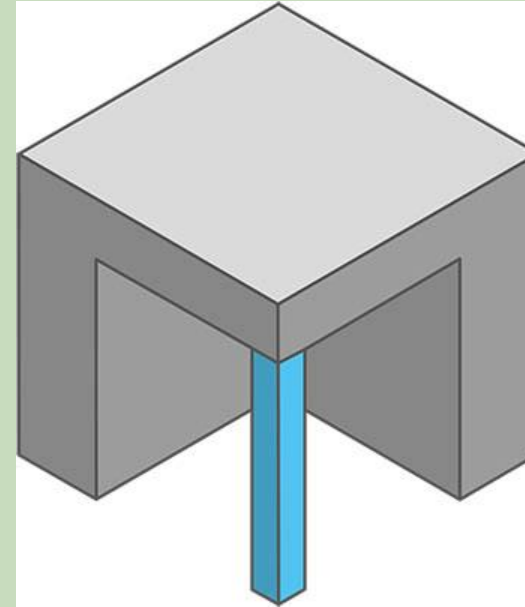
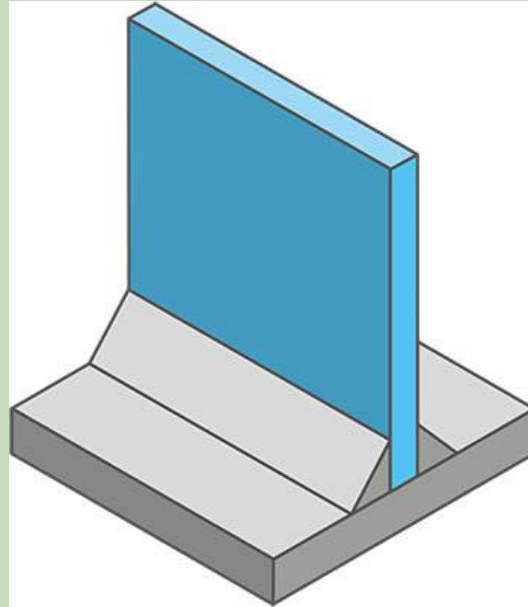
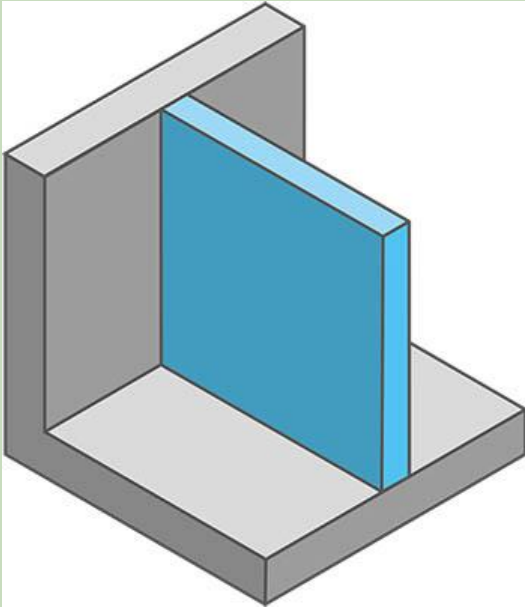
mit der rechten Maustaste auf eine Registerkarte oder über Bauteile
STL-Format, Einheit und Auflösung beim STL-Typ einstellen





Design Tipps für den 3D Druck

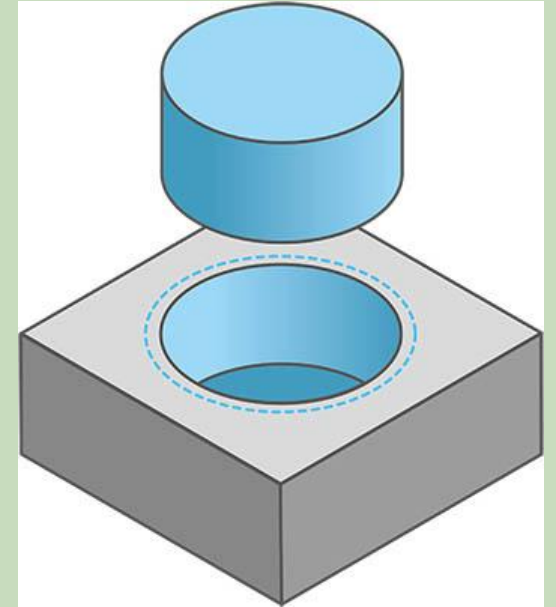
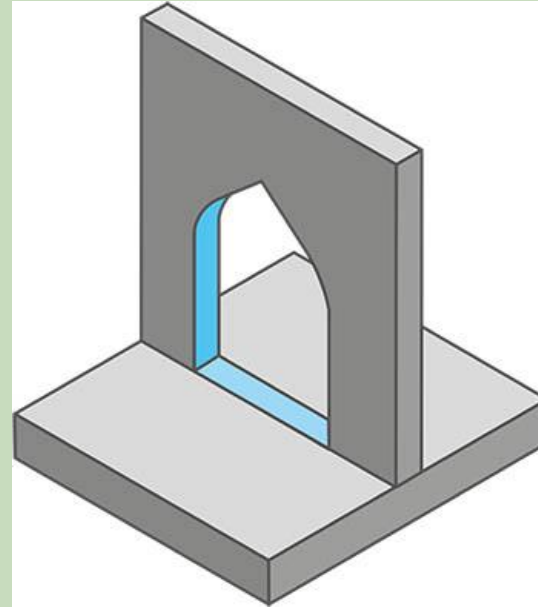
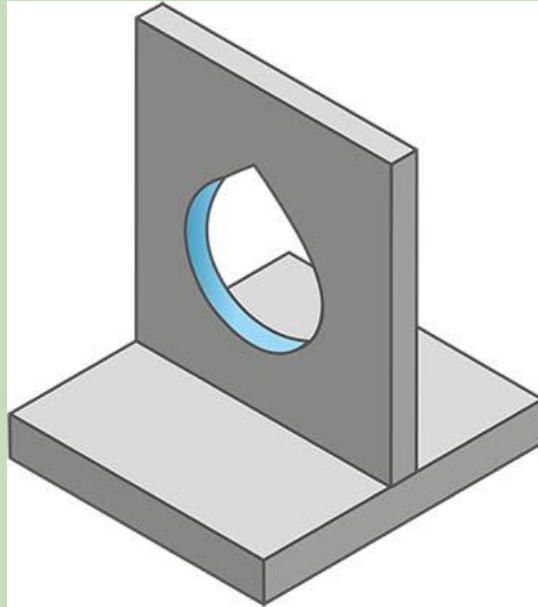
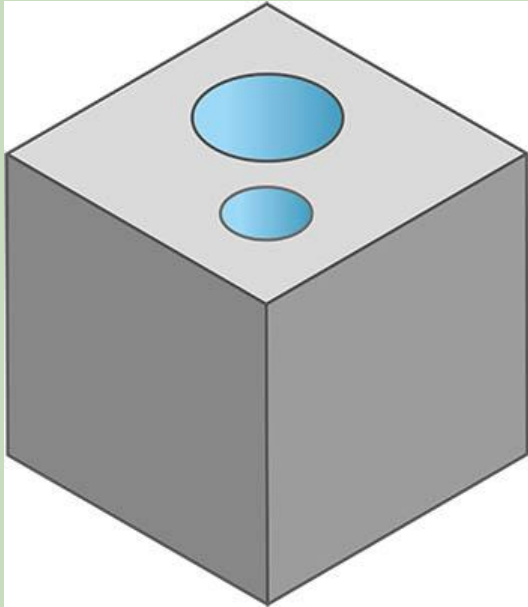
- Mindeststärke für gestützte Wände
- Mindeststärke für nicht gestützte Wände
- Mindestgröße für feine Merkmale
- Mindestdurchmesser für Stifte





Design Tipps für den 3D Druck

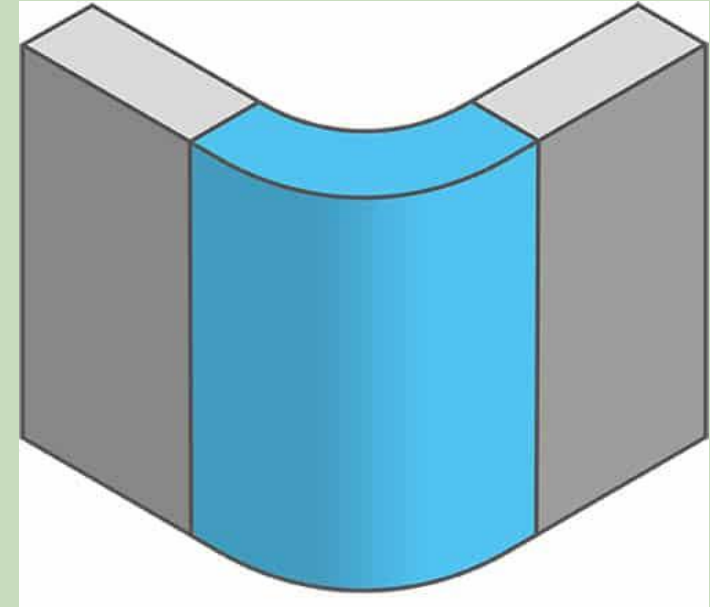
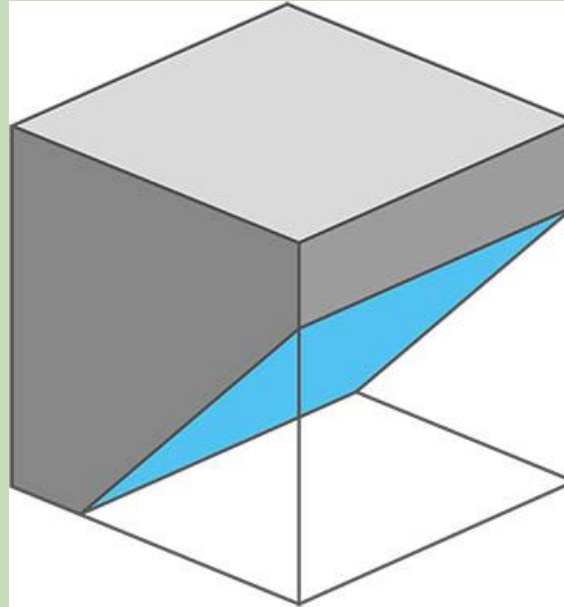
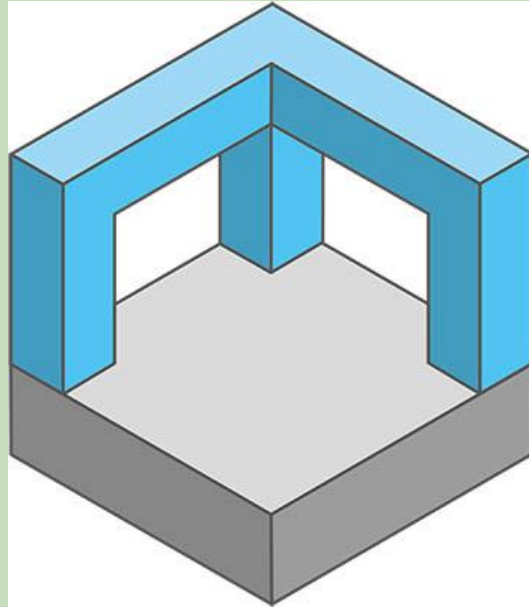
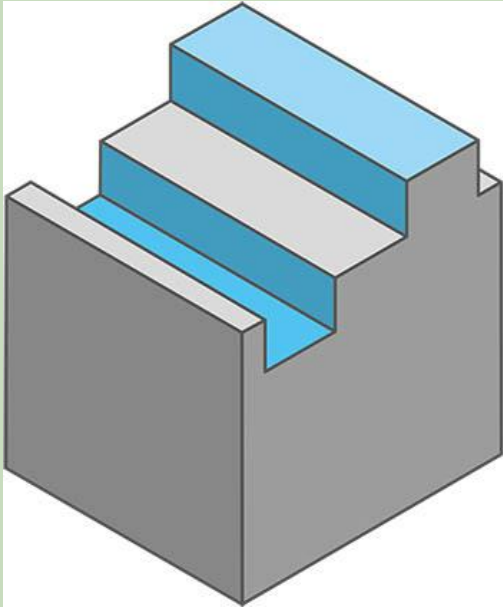
- Löcher auf einer horizontalen Fläche
- Löcher auf einer vertikalen Fläche
- Bögen auf einer vertikalen Fläche
- Spaltmaß für Verbindungen





Design Tipps für den 3D Druck

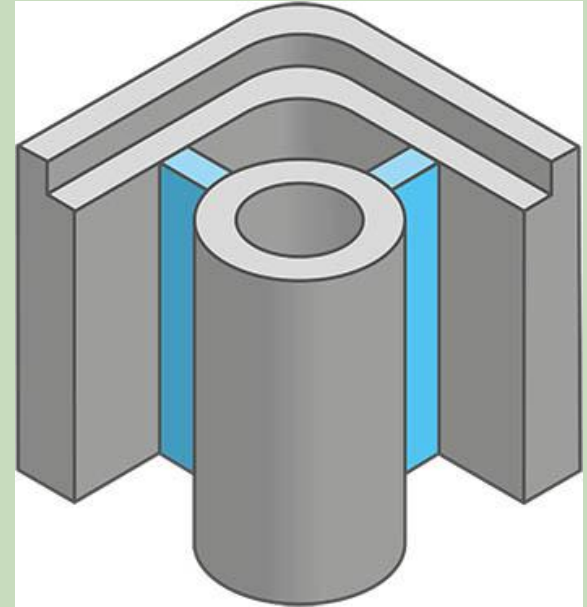
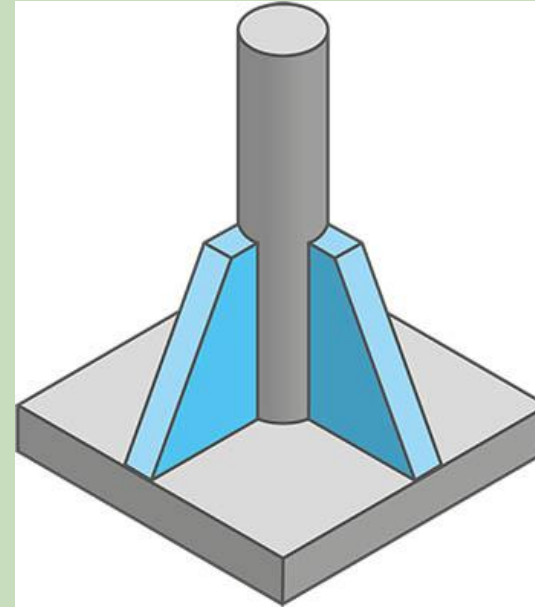
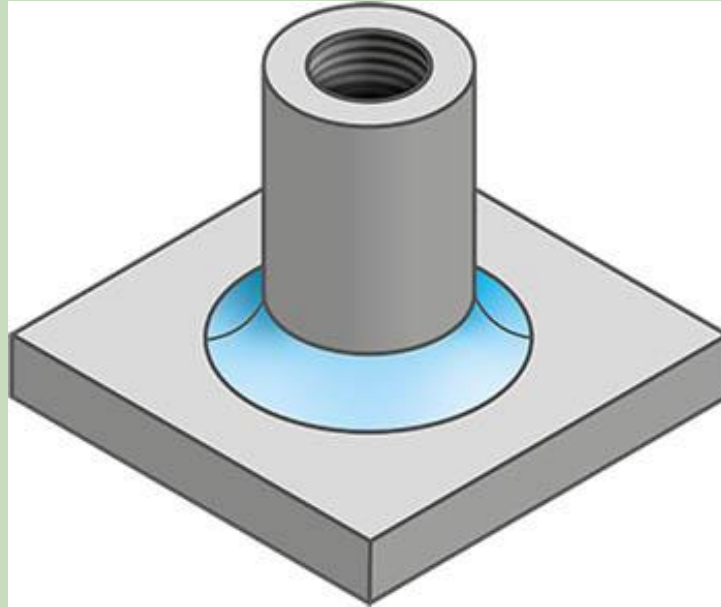
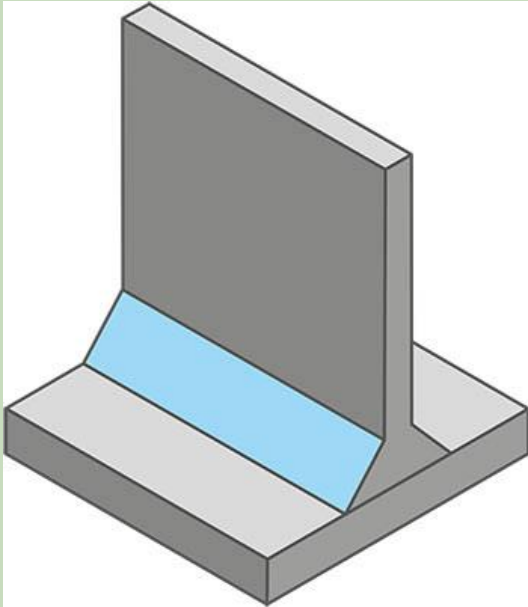
- Prägungen und Erhöhungen
- Distanzen für Brücken
- Nicht gestützte Überhänge
- Rundungen





Design Tipps für den 3D Druck

- Fasen an Übergängen
- Hohlkehlen an Übergängen
- Stützkeile zur Stabilisierung
- Rippen zur Stabilisierung



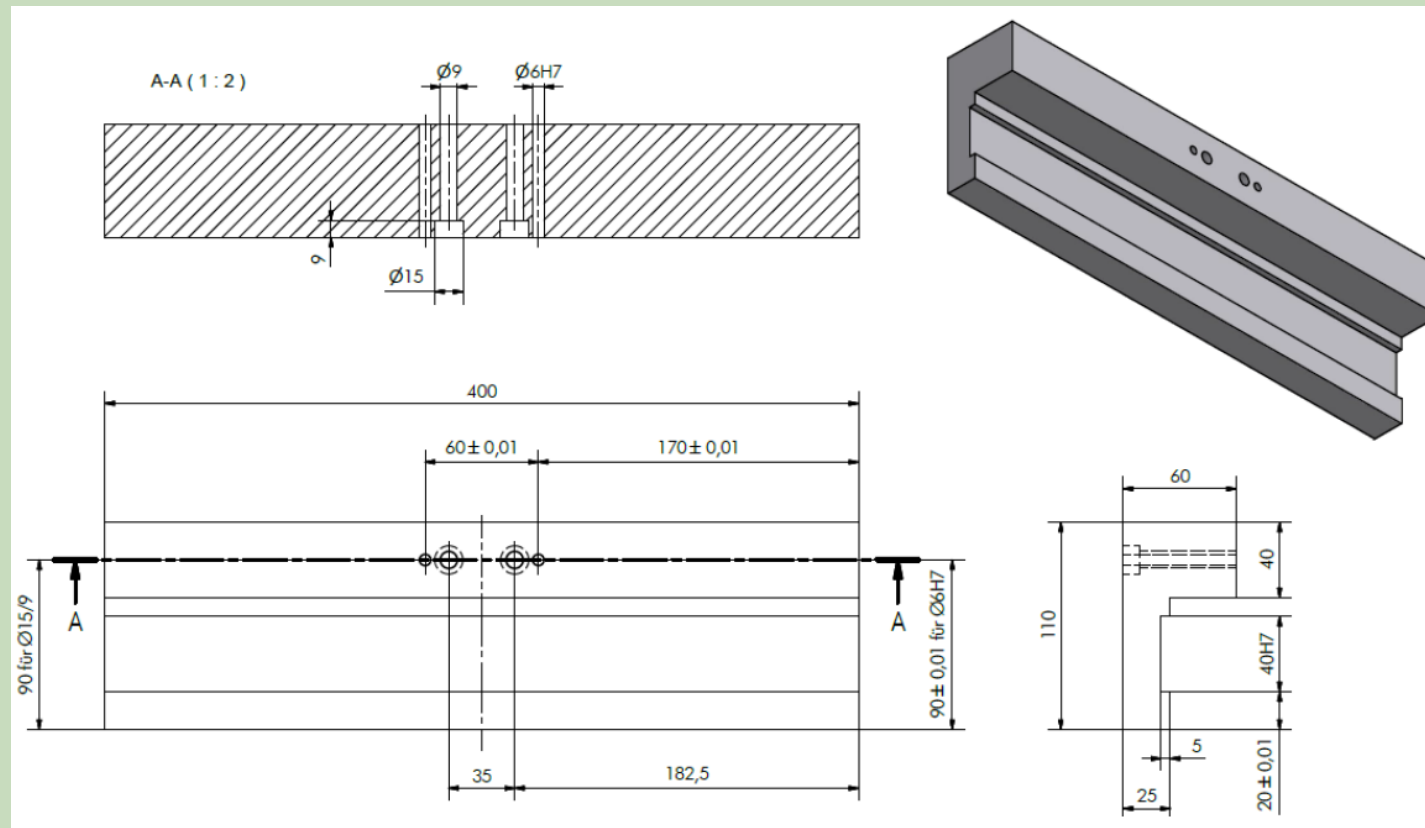


- Einführung – Was genau ist CAD?
- Vorstellung - Onshape
- Übungen Zahnstange, Welle
- 3D-Scanner Funktionsweise
- Reverse Engineering Prozess



Übung – Führung für Zahnstange

Dateien Unter: I:\EnglIT\IT-geoIT-medIT-mediaIT-netIT.d\3D-Druck in der Medizin (Medizinische Smart Sensoren)\Modelle und Zeichnungen



B-B (1:1)

C-C (1:1)

3D View: A 3D isometric drawing of the shaft, showing its overall shape and the locations of the cross-sections B-B and C-C.

Dimensions and Tolerances:

- Overall length: 225
- Central section diameter: $\varnothing 35$
- Left section diameter: $\varnothing 26 \pm 0,2$
- Right section diameter: $\varnothing 30 \pm 0,2$
- Central section length: 74
- Left section length: 41
- Right section length: 73
- Keyway width: 16
- Keyway depth: 6
- Keyway position: 32 $\pm$ 0,2
- Keyway offset: 1,3 $\pm$ 0,1
- Keyway radius: R0,25
- Keyway chamfer: 1,6
- Keyway fillet: R0,25
- Keyway chamfer: 1,6
- Keyway fillet: R0,25
- Keyway chamfer: 1,6
- Keyway fillet: R0,25
- Keyway chamfer: 1,6
- Keyway fillet: R0,25

Surface Finish:

- Central section: $Ra \leq 1,6$
- Left section: $Ra \leq 1,6$
- Right section: $Ra \leq 1,6$

Material and Norm:

Material: 11SMn30

Norm: DIN 7685-m

Table:

Datum		Name	
Gezeichnet	11.05.2012	gezeichnet	gsh
Geprüft		geprüft	
Freigegeben		freigegeben	
Norm		norm	
Datum		Name	
gezeichnet		gezeichnet	
geprüft		geprüft	
freigegeben		freigegeben	
norm		norm	

Alle unbemaßten Fasen: 1x45°

Maßstab: 1:1

Gewicht: 2,7kg

Benennung:

Welle

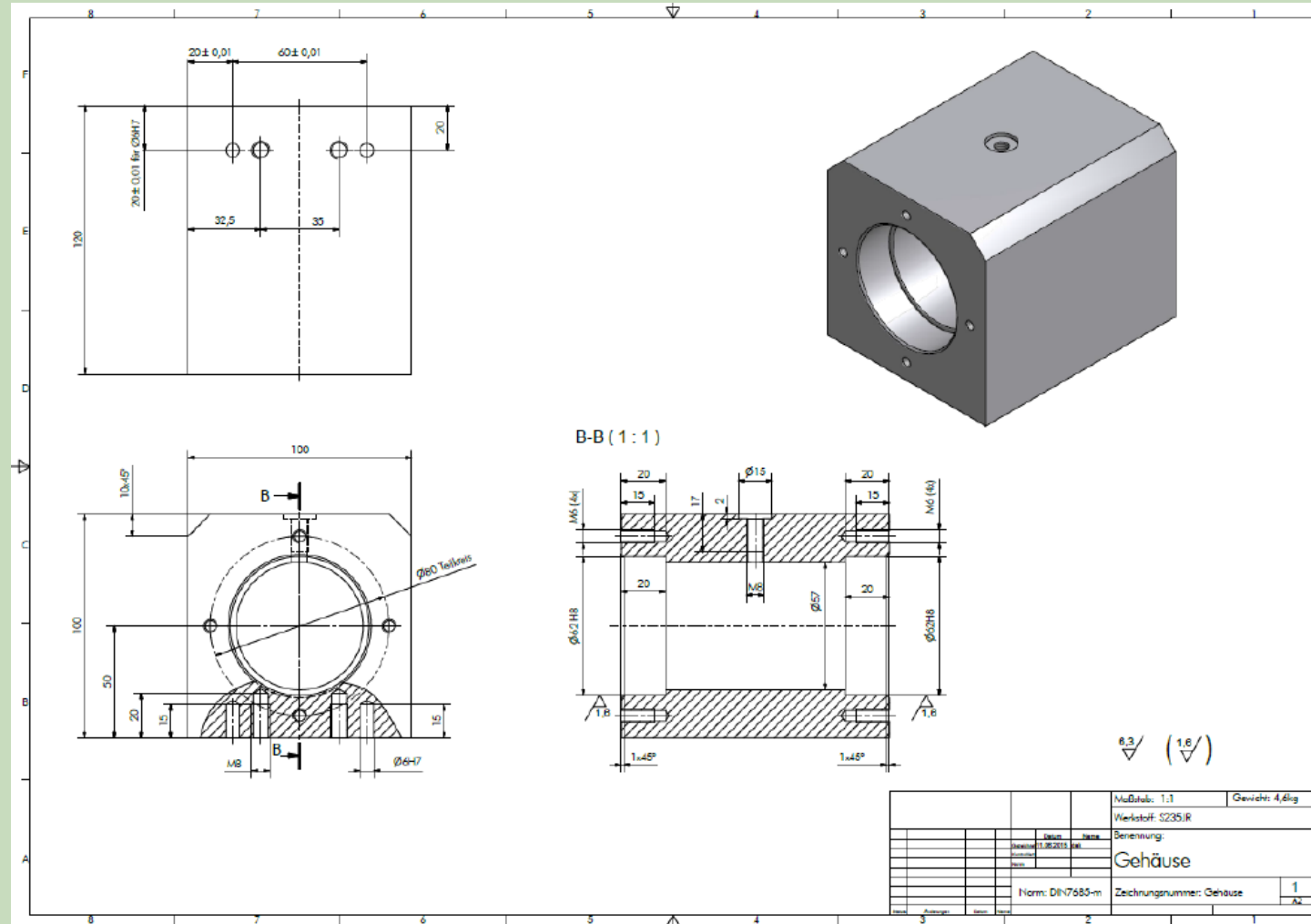
Zeichnungsnummer: Welle

1

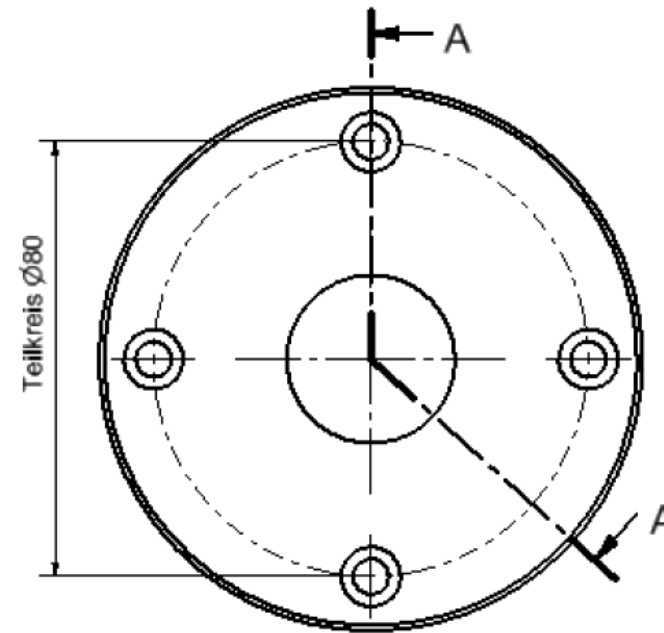
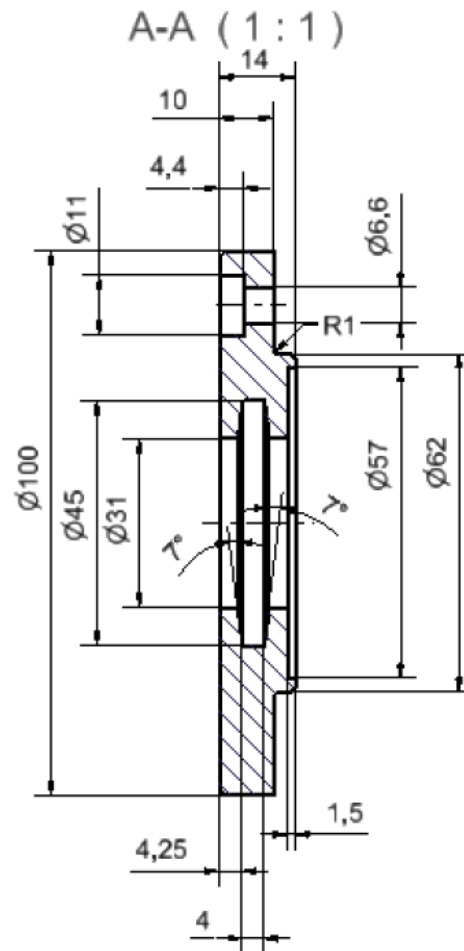
A3



Übung – Gehäuse – optional

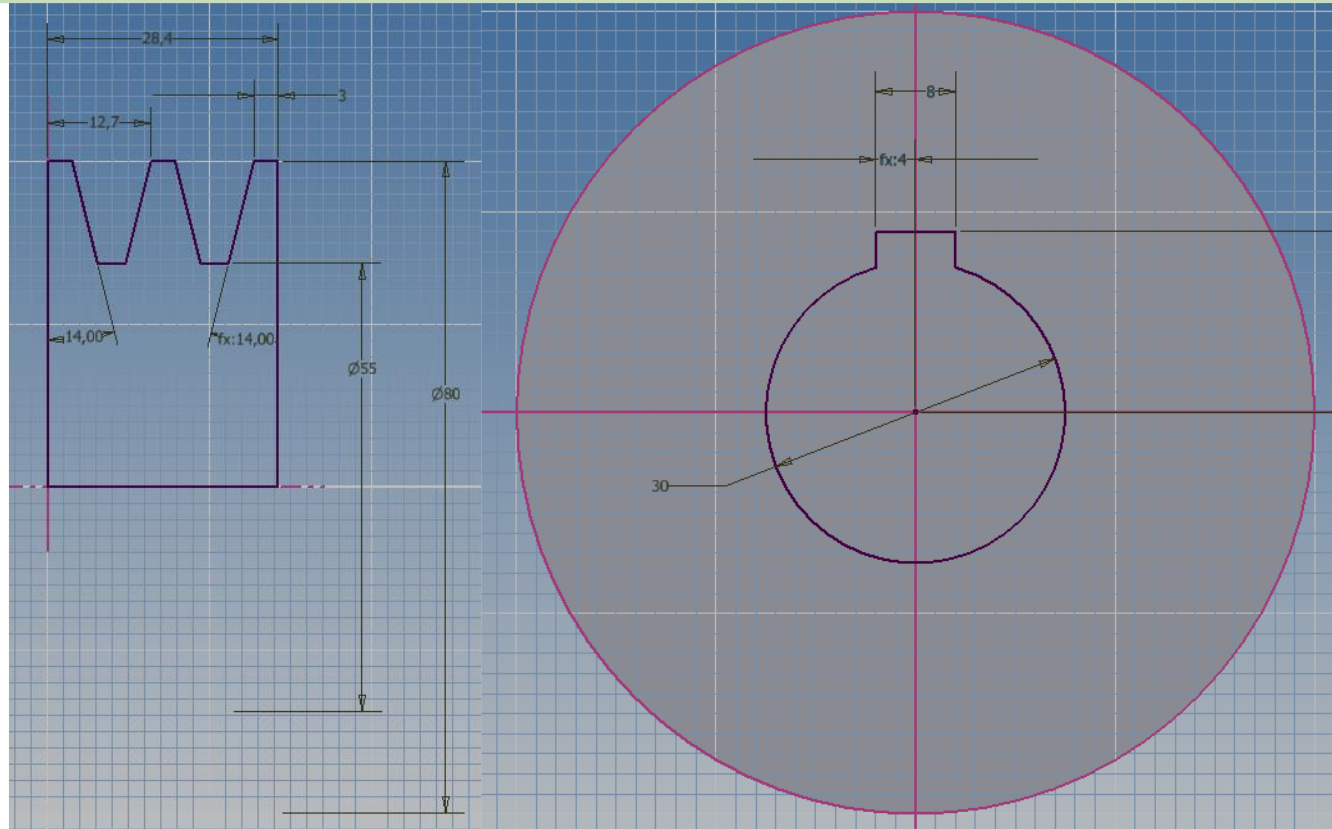
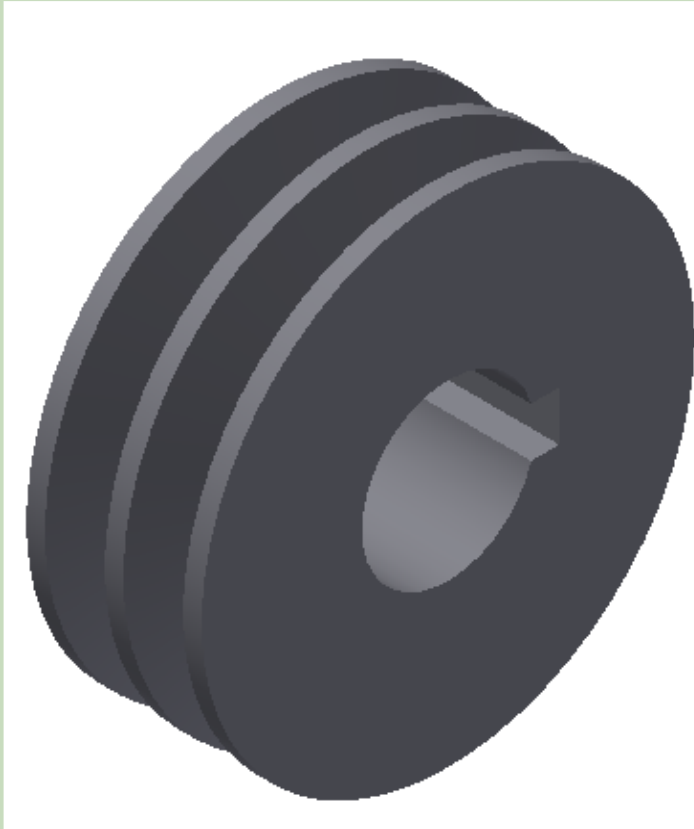


Übung – Flansch – optional



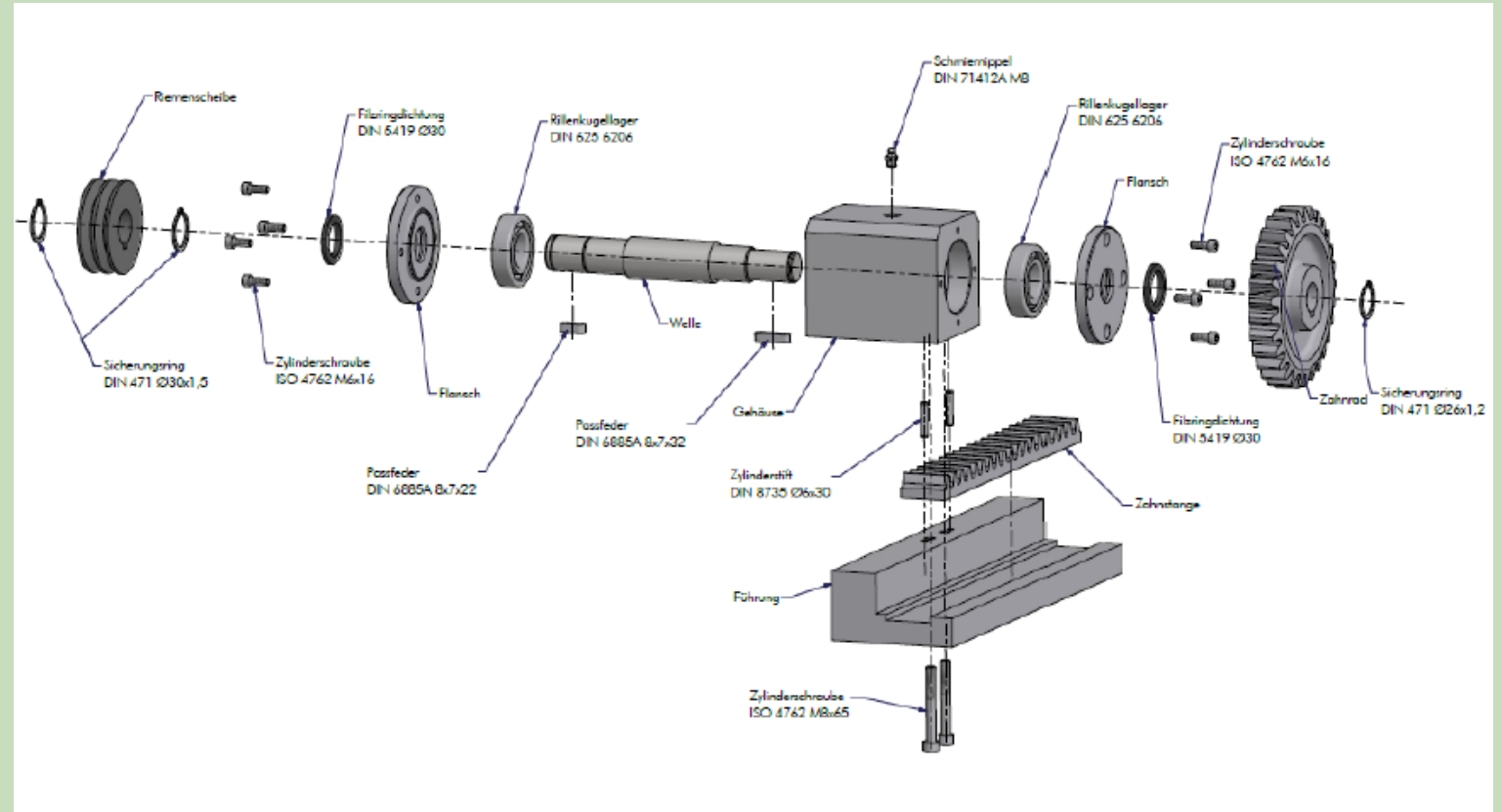
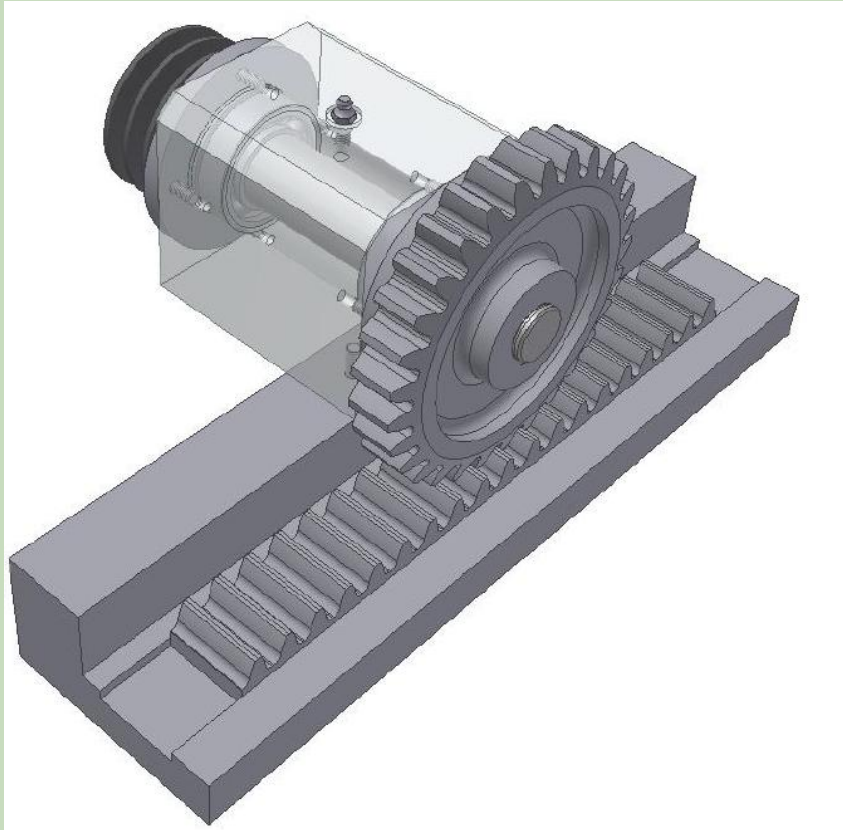


Übung – Keilriemenscheibe – optional





Übung – Baugruppenerstellung





- Einführung – Was genau ist CAD?
- Vorstellung - Onshape
- Übungen Zahnstange, Welle
- 3D-Scanner Funktionsweise
- Reverse Engineering Prozess



3D-Scanner Funktionsweisen:

1. Photogrammetrie

Schnell in der Datenverarbeitung, oft für größere Entfernungen oder raumfüllende Scans genutzt.

+

Kostengünstig (nur Kamera nötig)

Große Objekte möglich

Farbdetails automatisch

-

Empfindlich bei wenig Licht

Glatte / reflektierende Oberflächen problematisch

Verarbeitung sehr rechenintensiv



3D-Scanner Funktionsweisen:

2. Strukturlicht-Scanner

Ein Muster aus Lichtstreifen/Muster wird auf das Objekt projiziert

Eine Kamera analysiert die Verzerrung der Muster, um die 3D-Form zu berechnen

+

Hohe Genauigkeit ($\sim 0,05$ – $0,1$ mm)

Schnelle Erfassung großer Flächen

Gute Details

-

schlecht für glänzenden oder transparenten Oberflächen

Benötigt eine stabile Umgebung (kein direktes Sonnenlicht)

Begrenzte Reichweite



3D-Scanner Funktionsweisen:

3. Laser-Triangulation

Ein Laserpunkt oder eine Laserlinie wird auf das Objekt projiziert.
Eine Kamera erfasst die Position des reflektierten Lichts

+

Funktioniert auch bei dunklen und glänzenden
Oberflächen und Materialien

Hohe Präzision

Vielseitigkeit

Störlichtunempfindlichkeit

-

Kann langsam sein als Strukturlicht

Bei manchen Geräten geringere Detailgenauigkeit

Teurer



3D-Scanner Funktionsweisen:

4. LiDAR (Light Detection and Ranging)

Schnelle Impulse von Nah-Infrarot-Laserlicht wird ausgesendet, ein Sensor der die zurückkehrenden Lichtimpulse erfasst

+

Große Reichweite

Gut für Outdoor & Landschaften

Weniger Lichtabhängig

-

Niedrigere Genauigkeit (cm-Bereich)

Weniger Detail

Teuer



EinScan Pro 2x V2

Scan-Modi	Handheld HD Scan	Handheld Rapid Scan	Fixed Scan mit Drehteller	Fixed Scan ohne Drehteller
Scan-Genauigkeit	Bis zu 0,05 mm	Bis zu 0,1 mm	0,04 mm (Einzelschuss)	0,04 mm (Einzelschuss)
Volumengenauigkeit*	0.03 mm/m (Marker Ausrichtung)	0.03 mm/m (Marker Ausrichtung)	/	/
Scan-Geschwindigkeit	20 frames/s; 110,000 Punkte/s 100 data capture lines 100 Datenerfassungslinien	30 frames/s; 1,500,000 Punkte/s	Einzelscan <0.5s	Einzelscan <0.5s
Punktabstand	0.2 mm-3 mm	0.25 mm-3 mm	0.24 mm	0.24 mm
Messfeld	208*136 mm—312*204 mm			
Tiefenschärfe	±100 mm			
Arbeitsabstand	510 mm			
Lichtquelle	LED			
Ausrichtungsmodus	Marker Ausrichtung	Marker Ausrichtung, Feature Ausrichtung (mit markenten geometrischen Eigenschaften), Hybride Ausrichtung (Marker und Feature)	Drehteller Targets, Feature, Markers, Manuelle Ausrichtung	Marker, Feature, Manuelle Ausrichtung
Textur-Scan	Nein	Ja (mit Color Pack)	Ja (mit Color Pack)	Ja (mit Color Pack)
Betrieb im Freien	Um direktes Sonnenlicht zu vermeiden, stellen Sie einen Unterstand oder eine Abdeckung auf			
Objekte mit besonderen Anforderungen	Transparente, reflektierende oder dunkle Objekte sollten vor dem Scannen mit Kreidespray präpariert werden.			
Ausgabeformate	OBJ; STL; ASC; PLY; P3; 3MF			

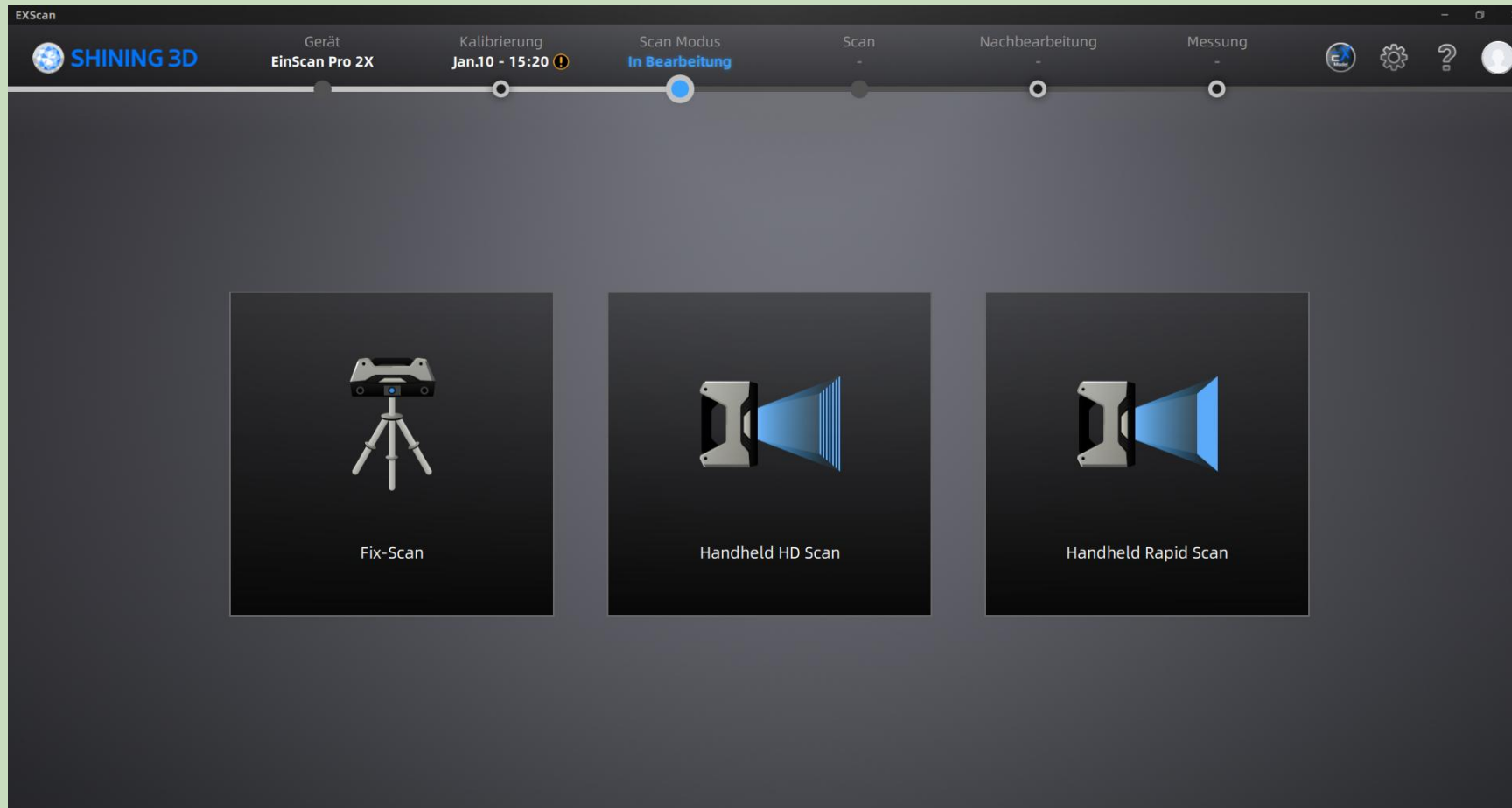
*Die Volumengenauigkeit bezieht sich auf das Verhältnis zwischen 3D-Datengenauigkeit und Objektgröße; die Genauigkeit wird um 0,3 mm pro 100 cm reduziert. Die Schlussfolgerung ergibt sich aus der Messung des Mittelpunktes der Kugel unter der Ausrichtung der Marker.





EXScan Version 4.0.1.0

EinScan Pro 2X Series - Multi-functional 3D Scanner - SHINING 3D Digitizing Solutions





EXScan Ablauf 1

- Scan Modus auswählen
 - Rapid Scan - große Objekte, schnelle Digitalisierung
 - HD Scan - kleine Teile, präzise Modelle
 - Fixed Scan → mit Drehteller
- Scan-Parameter
 - Ausrichtungsmodus (Alignment Mode)
 - Feature Alignment → Software erkennt Oberflächenmerkmale
 - Marker Alignment → Marker-Punkte aufkleben (3–5 cm Abstand zwischen den Markern)
 - Hybrid → Kombination
- Weitere Einstellungen
 - Auflösung (Detailgrad)
 - Helligkeit
 - Scan-Distanz



EXScan Ablauf 2

- Nachbearbeitung
 - Mesh erzeugen
 - Löcher schließen
 - Glätten / Rauschen entfernen
- Datei Exportieren
 - z.B. STL oder OBJ (mit Textur)



EXModel

3D Reverse Engineering Demo with Shining 3D ExModel Pro

Software, um einen 3D-Scan in ein CAD-Modell umzuwandeln.

- Objekt scannen (z. B. mit EinScan)
- Mesh erzeugen (STL / OBJ)
- Export zu EXModel
- In EXModel:
 - Mesh bearbeiten
 - Flächen erkennen
 - CAD-Geometrie erstellen
 - Export als STEP / IGES / CAD



- Einführung – Was genau ist CAD?
- Vorstellung - Onshape
- Übungen Zahnstange, Welle
- 3D-Scanner Funktionsweise
- Reverse Engineering Prozess



Reverse Engineering Prozess



Ziel:

- um herauszufinden, wie ein Objekt oder System funktioniert
- Erweiterungen
- Produktverbesserungen
- Innovationsanstoß
- Wiederbelebung
- Nachahmung



Reverse Engineering Prozess



Anwendungseispiele:

Automobilindustrie - Stoßstangen, Dächer, aerodynamische Modifikationen, Abgaskrümmen, Ersatzteile, Digitalisierung von Tonmodellen

Biomedizintechnik - Anatomiemodelle, Implantate, chirurgische Instrumente, Prothesen/Orthesen, Orthopädie

Maschinenbau - Ersatzteile, Teileverbesserung, Wertanalyse, Maschinenumbau, Fehleranalyse

Mobiliar - Verzierung, Beine, Formen, Zierränder, Ersatzteile

Schmuck - Repliken, Formen, maßgeschneiderte Artikel, Konservierung



Reverse Engineering Prozess



1. Analyse des Bestehenden:

Das vorhandene Produkt oder Bauteil eingehend zu analysieren.



Reverse Engineering Prozess



2. Daten- und Informationsgewinnung:

Durch den Einsatz verschiedener Technologien wie **3D-Scannern, Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Materialanalysen, Messtechniken, Mikroskopie** und manuellen **Vermessungswerkzeugen** werden umfassende Daten über das Produkt gesammelt. Hierbei werden sowohl geometrische als auch funktionale Aspekte erfasst.



Reverse Engineering Prozess



3. Daten Aufbereitung:

Aufbereitung der gesammelten Daten. Eventuelle Zusammenführung der einzelnen Scans. Erzeugen des Polygonmodells. Verwendung von Algorithmen zum neuen Vernetzen des Modells. Flächenrückführung.



Reverse Engineering Prozess



4. Modellierung und Rekonstruktion:

Basierend auf den gesammelten Daten erfolgt die digitale Modellierung und Rekonstruktion des Produkts oder Bauteils.



Reverse Engineering Prozess



5. Prototypenherstellung:

Die Herstellung von Prototypen basierend auf dem rekonstruierten Modell. Prototypen dienen dazu, die Funktionalität zu testen, Designänderungen zu überprüfen und die Machbarkeit von Optimierungen zu evaluieren



Reverse Engineering Prozessbeispiele





KEYNOTE

ADDITIVE FERTIGUNG - AUS DER PERSPEKTIVE EINES INDUSTRIELLEN ANWENDERS

VOM KOPF IN DIE HAND.

CHRISTIAN HUETER

Geschäftsführer d4pro GmbH // Wien & Kärnten



CHRISTIAN HUETER.

„Ich bin Maschinenbauer mit dem Drang, die Dinge nicht nur zu zeichnen – sondern sie auch in die Hand zu nehmen.“

— über mich, kurz und ungeschönt



STATIONEN.



MASCHINENBAU

Studium & Konstruktion – **klassisch im Stahl gelernt.**



SELBSTSTÄNDIG

Eigene Konstruktionen, eigene Kunden, **eigene Fehler.**



d4pro GRÜNDUNG

Startschuss der additiven Fertigung im UN – **Let´s GO!!!**



HEUTE

Hunderte Teile pro Tag – Additiv, CNC, Guss, Elektronik.



Disclaimer: Ich rede heute aus 10+ Jahren Praxis. Keine Folien aus dem Marketing-Lehrbuch – sondern aus der Praxis.

d4pro AUF EINEN BLICK.

design for production — und genau das ist Programm.

STANDORTE

2

Wien & Kärnten

TEILE AM TAG

100+

produziert

ADDITIVE VERFAHREN

5

MJF, SLS, DLP, SLA, FDM

FOKUS

1

Vom Konzept zur Serie

WAS WIR MACHEN.



PRODUKT-
ENTWICKLUNG



ADDITIVE
FERTIGUNG



CNC &
GUSS



ELEKTRONIK &
MONTAGE



ANLAGEN- &
MASCHINENBAU



MEINE THESE FÜR HEUTE.

„3D-DRUCK IST KEIN ZIEL. ER IST EIN HEBEL.“

Wer 3D-Druck als Ziel sieht, baut Spielzeug.

Wer ihn als Hebel sieht, beschleunigt sein gesamtes Produkt/Unternehmen.

— darauf komme ich heute mehrfach zurück.



MEIN ERSTER 3D-DRUCK.

DIE ERWARTUNG.

„Das wird genial. In zwei Stunden hab ich mein erstes Teil.“

DIE REALITÄT.

8 Stunden Druck. Halb gelöst von der Druckplatte. Geruch wie ein Reifenhandel.

DIE LERNUNG.

3D-Druck ist nicht Plug & Play. Er ist ein Handwerk – mit Bits statt Hobeisen.

**„Es war kein Bauteil. Es war ein Yoda-Kopf.
Und er sah aus wie ein verzogener Kürbis.“**

— Christian, 2014, vor seinem ersten FDM-Drucker

**Und genau diese Mischung – Faszination plus Handwerk – ist auch heute noch der Grund,
warum es Expertise benötigt.**

SPEED.

Vom CAD zum Bauteil – in Stunden statt Wochen.

KLASSISCH.

 **4-8 WOCHEN**

Werkzeugbau + Spritzgussform + Anlauf.
Projekt-Risiko: hoch.

ADDITIV.

 **24-72 STUNDEN**

CAD-Daten am Vormittag,
funktionsfähiger Teil am nächsten Morgen.

DER HEBEL.

„Speed heißt nicht: schneller drucken. Speed heißt: schneller lernen.

Wer drei Iterationen pro Woche schafft, schlägt jeden, der drei pro Quartal macht.“

DESIGNFREIHEIT.

Geometrien, die du fräsen nicht kannst – und gießen nicht willst.



INNENGEOMETRIE

Kühlkanäle, Hohlräume, Gitterstrukturen. Geometrie folgt der Funktion — nicht dem Fräser.



TEILE-INTEGRATION

Aus 12 Schraubteilen wird 1 Bauteil. Weniger Montage, weniger Fehlerquellen, weniger Lagerhaltung.



TOPOLOGIE-OPTIMIERUNG

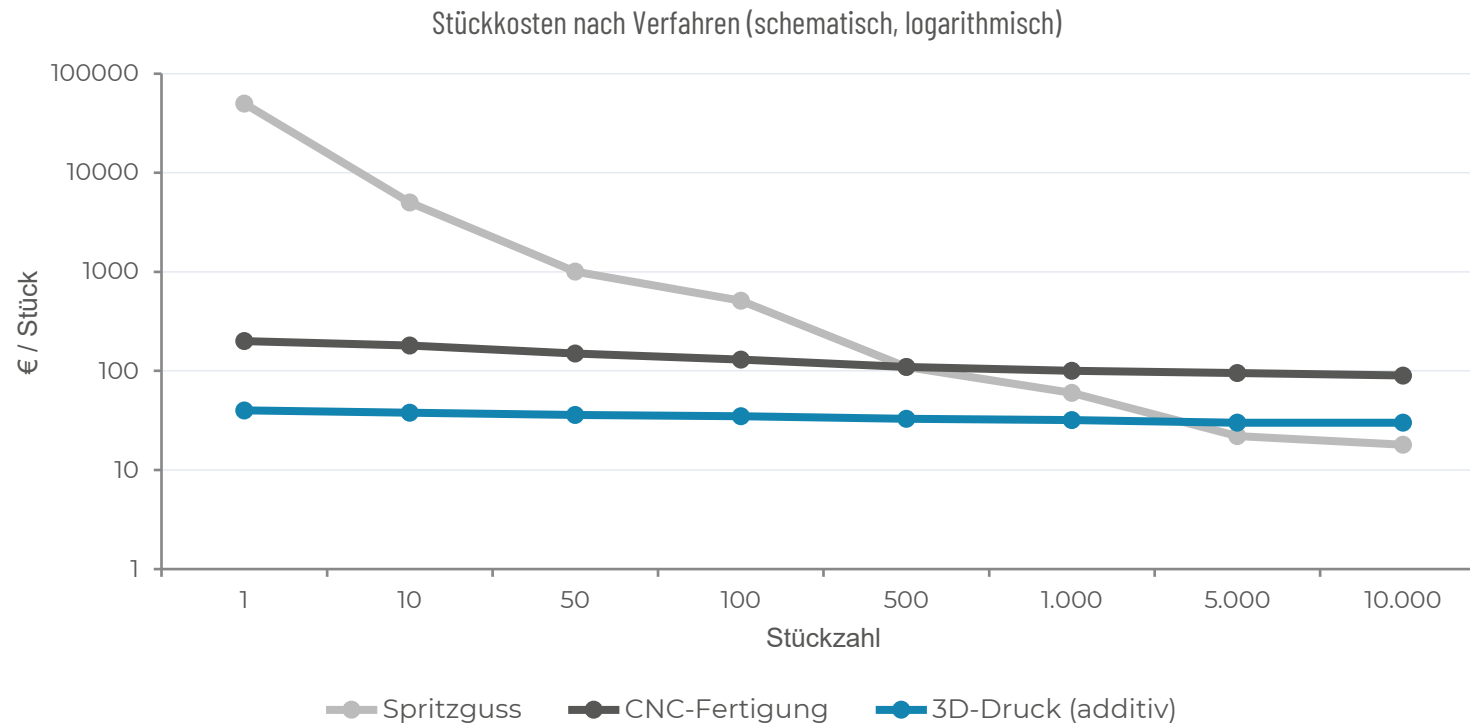
Material nur dort, wo es gebraucht wird. 30-60 % Gewichtsersparnis sind keine Seltenheit.

DER HEBEL:

Wenn die Geometrie nicht mehr von der Fertigung bestimmt wird — sondern von der Funktion — entstehen plötzlich Bauteile, die bisher schlicht unmöglich waren.

WIRTSCHAFTLICHKEIT.

Bei Stückzahl 1 bis ~5.000: oft konkurrenzlos.



DIE WAHRHEIT.

Bei Stückzahl 1.

Druck schlägt Spritzguss um Faktor 1.000.

Bei 100-1.000 Stück.

Sweet Spot. Hier verdient man Geld.

Ab 10.000+ Stück.

Spritzguss gewinnt. Punkt.

Aber: Time-to-Market schlägt oft Stückkosten.

DER HEBEL: 3D-Druck killt das Werkzeug-Investment. Du brauchst keinen Spritzgießer für eine Idee, die du noch testen willst.

ITERATION.

Fehlertoleranz ist plötzlich erlaubt – weil sie nichts mehr kostet.

KLASSISCHER ENTWICKLUNGSZYKLUS.



→ 1 Loop = mehrere Monate. Änderungen schmerzen.

ADDITIVER ENTWICKLUNGSZYKLUS.



→ 1 Loop = 1-3 Tage. Änderungen sind Routine — keine Eskalation.

DER HEBEL: „Wer schneller iteriert, scheitert produktiver – und kommt am Ende mit dem besseren Produkt raus.“

MYTHOS ↔ REALITÄT.

Was Hochglanz-Broschüren sagen – und was die Realität sagt.

✗ „Druck ersetzt jede Fertigungsmethode.“

✗ „Drucker kaufen und loslegen.“

✗ „Was im CAD steht, druckt der Drucker.“

✗ „Material ist Material.“

✓ Nein. 3D-Druck ist EIN Werkzeug. Bei manchen Anwendungen das beste — bei vielen aber nicht.

✓ Drucken ist 30 %. Nachbearbeitung, Printing-Knowledge und Material-Know-how sind 70 %.

✓ Falsch. Wer für den Druck NICHT designt, druckt “schöne” Schrottteile und nutzt die Möglichkeiten der additiven Fertigungen nicht aus.

✓ PA12, PA11, TPU, ABS, PEEK... jedes Material hat eine andere Physik. Verwechseln = Versagen.

WAS WIR HEUTE WIRKLICH MACHEN.

Industrielle Anwendungen, die bei uns täglich durch die Halle gehen.



FUNKTIONALE PROTOTYPEN

Mechanisch belastbar, in Endmaterialien. Für Tests vor der Serienfreigabe.



VORRICHTUNGEN & WERKZEUGE

Spannvorrichtungen, Montagehilfen, Lehren. Kleinserien, hochangepasst.



KLEIN- & MITTELSERIEN

Bis ~5.000 Stück wirtschaftlich. Variantenvielfalt ohne Aufpreis.



MEDIZIN- PRODUKTE

Patientenindividuell oder zertifizierte Materialien (z.B. PA12 biokompatibel).



ERSATZTEILE ON-DEMAND

Kein Lagerbestand. Druck, wenn gebraucht. Selbst für Maschinen von 1975.



PRÄSENTATIONS- MODELLE

Messemodelle, Marketing, Schulung. Vollfarbig, im Maßstab, anfassbar.

ABER MAL EHRlich: DIE HÜRDEN.

Was im Marketing nicht steht. Aus eigenem Schweiß gelernt.



MATERIAL-ZULASSUNGEN.

Für Luftfahrt, Medizin, Lebensmittel: das Material braucht Zertifikate. Die kosten Zeit und Geld — und sind je nach Verfahren ungleich verteilt.



STÜCKKOSTEN BEI HOHEN MENGEN.

Ab ~10.000 Stück bleibt Spritzguss meistens günstiger. Wer das ignoriert, verschenkt Marge.



VOLUMEN & GRÖSSE.

Bauräume sind begrenzt. 'Mal eben ein Auto drucken' geht nicht. Große Teile = aufteilen und kleben.



TOLERANZEN & OBERFLÄCHEN.

Wer ± 0.05 mm und Ra 0.8 erwartet, wird enttäuscht. Wer ± 0.2 mm akzeptiert und nachbearbeitet, gewinnt.



MENSCHEN, NICHT MASCHINEN.

Die teure Maschine kann jeder kaufen. Den richtigen Anwendungsfall finden — das ist die eigentliche Kunst.



NACHBEARBEITUNG.

Ein gedrucktes Teil kommt selten direkt aus der Maschine in den Versand. Entpulvern, glätten, lackieren — alles Aufwand.

→ **Das alles sind keine Showstopper. Das sind nur die ehrlichen Themen, über die niemand auf Messen redet.**

WAS BEI UNS DRUCKT.

Fünf Verfahren. Für jede Anwendung das richtige.

MJF	HP MULTI JET FUSION <i>Funktionsteile in Serie. Schnell, sauber, präzise.</i>	Material: PA12 / PA11 / TPU
SLS	SELECTIVE LASER SINTERING <i>Komplexe Geometrien ohne Stützen. Stabil und industrierobust.</i>	Material: PA12 / PA-glasgefüllt / TPE
SLA	STEREOLITHOGRAPHY <i>Höchste Detailtreue. Glatte Oberflächen für Sichtteile.</i>	Material: Photopolymere
FDM	FUSED DEPOSITION MODELING <i>Schnell, günstig, robust. Vorrichtungen & Großteile.</i>	Material: ABS / PET-G / PC
DMLS	DIRECT METAL LASER SINTERING <i>Funktionsbauteile aus Metall. Aluminium, Stahl, Titan.</i>	Material: AlSi10Mg / 1.4404 / Ti6Al4V

OTTOLANDER MEDICAL.

Ein Medizinprodukt — vom ersten Skizzenstrich bis zur 500er-Serie.



[FOTO MEDIZINGERÄT EINFÜGEN]

Echte Bauteile mitbringen — wirkt zehnmal stärker als jedes Foto.

ROLLE

Full Service

LEISTUNG

Design, CAD, Elektronik, Produktion, Montage

MATERIAL

PA12 (biokompatibel)

STÜCKZAHL

500+

PROJEKTDAUER

1 Jahr

DER HEBEL:

„Kein Spritzgusswerkzeug. Kein 6-monatiger Werkzeuganlauf.
Additive Serienfertigung mit zertifiziertem Material — und ein Produkt, das auch
in 5 Jahren noch lieferbar ist.“

STRAHLROHRHALTERUNG.

Aus 380 € Aluminium-Bauteil wurden 70 € additiv – bei 73 % weniger Gewicht.



KOSTEN

-81 %

380 € → 70 €

GEWICHT

-73 %

350 g → 96 g

VERFAHREN

HP Multi Jet Fusion

MATERIAL

HP 3D HR PA12

STÜCKZAHL

Gering bis mittel

EXTRA

FEM-optimiert + codiert

DER HEBEL.

„Gewicht und Kosten in einem Schritt halbiert — durch FEM-optimierte Innenstruktur. Plus: jedes Teil eindeutig codiert. Volle Rückverfolgbarkeit.“

STANZPLATTE.

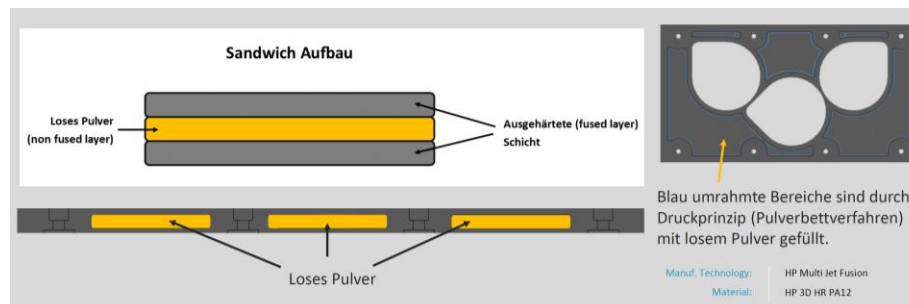
Die ungewöhnlichste Anforderung: leiser bitte.

DAS PROBLEM.

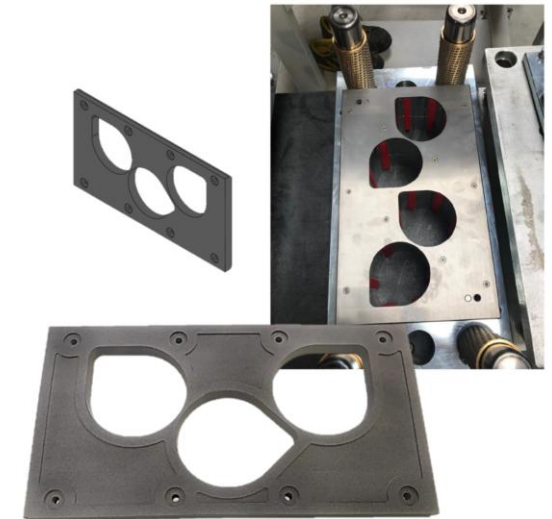
Aluminiumplatte. Industrielle Stanzanlage. Lärmpegel beim Stanzen = unangenehm — Arbeitsschutz-Thema.

UNSERE LÖSUNG.

Identische Geometrie, gedruckt in PA12 — mit Sandwich-Aufbau: Pulverbett, gefüllte Hohlräume bleiben innen. Wirkt wie ein Schalldämpfer.



DER HEBEL: Wer hätte gedacht, dass Schalldämpfung ein Argument für 3D-Druck ist? Und doch.



DAS ERGEBNIS.

-5 dB

Lärmpegel-
reduktion.
Und nebenbei: günstiger.

ABSCHIRMUNGSHAUBE.

Vom Blechbiegen in Handarbeit – zur reproduzierbaren Serie.



VORHER.

Fertigung:	Blechbiegen + Schweißen, Handarbeit
Material:	Aluminium
Einzelteile:	3
Gewicht:	800 g
Kosten:	980 €

NACHHER.

Fertigung:	HP Multi Jet Fusion
Material:	HP 3D HR PA12
Einzelteile:	1
Gewicht:	408 g
Kosten:	300 €

-70 %

Kosten

-50 %

Gewicht

3 → 1

Einzelteile

MEHR AUS DER Industrie.

Drei Bauteile – drei komplett unterschiedliche Anwendungsfälle.



GRIFF.

Kleinserie — kein Werkzeug

- 50 € / Stk
- 112 g
- 0,7 mm Wand

*Spritzgusswerkzeug = zu teuer für die Stückzahl.
Additiv: einfach drucken.*



INNENBEHÄLTER.

Test-Aufbau, statt Holzmodell

- 15 Teile
- 3,35 kg
- ± 5 mm gesamt

Schaumdichtheitstest bestanden. Was vorher Holz war, ist jetzt funktional dicht.



AUSKLINKWERKZEUG.

Eigener Werkzeugbau

- Verschleißbauteil
- Kunststoff = wenig Abrieb
- Indirect MFG

*Wir drucken Werkzeuge für unsere eigene Produktion.
Selbst günstig, selbst schnell.*

WO WIR HINMÜSSEN.

Meine Vision für die nächsten 5 Jahre additive Fertigung.

01

VON SONDERLÖSUNG ZU STANDARD.

Heute fragen Konstrukteure noch: 'Können wir das drucken?'. In 5 Jahren werden sie fragen: 'Warum SOLLTEN wir das nicht drucken?'

02

DESIGN FÜR DRUCK WIRD PFLICHTFACH.

DFM (Design for Manufacturing) wird so selbstverständlich für additiv wie heute für Spritzguss. Ohne diese Skill: keine Wettbewerbsfähigkeit.

03

DEZENTRALE PRODUKTION.

Bauteile reisen nicht mehr um die Welt — sondern Daten. Das Bauteil wird dort gedruckt, wo es gebraucht wird.

04

ABER: 3D-DRUCK BLEIBT EIN HEBEL.

Kein Heilsbringer. Kein 'Ende aller Fertigungsmethoden'. Sondern: ein wichtiger Baustein im Werkzeugkasten — und in Kombination unschlagbar.



ZUM MITNEHMEN.

01

**3D-DRUCK IST KEIN ZIEL.
ER IST EIN HEBEL.**

02

**DER DRUCKER IST 30 %.
DIE ANWENDUNG IST 70 %.**

03

**WER SCHNELLER ITERIERT,
LERNT SCHNELLER.
UND GEWINNT.**

— danke, dass ihr zugehört habt.



DANKE.

FRAGEN?

Ich freue mich auf die Diskussion.

KONTAKT.

CHRISTIAN HUETER

Geschäftsführer d4pro GmbH

 +43 664 5461044

 office@d4pro.at

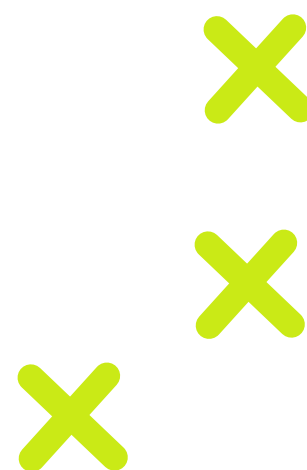
 www.d4pro.at

 WIEN. Christine-Touaillon-Str. 11/4, 1220 Wien

 KÄRNTEN. Rittersdorf 40, 9773 Irschen

 linkedin.com/company/d4pro-mbh

Melden Sie sich zu den
kostenlosen Workshops und Angeboten
des DIH SÜD unter www.dih-sued.at an.



Follow us on LinkedIn



Der DIH SÜD
wird unterstützt von: