

Mittelstand-Digital-Zentrum Chemnitz

- Für Mittelstand in Industrie, Handel und Handwerk -

Das Mittelstand-Digital Netzwerk

Regionale Zentren und Zentren mit Themenschwerpunkten



- Mit dem Mittelstand-Digital Netzwerk unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz die Digitalisierung in kleinen und mittleren Unternehmen.
- Das Zentrum in Chemnitz fokussiert auf die Digitalisierung in sächsischen Betrieben.
- bundesweite Vernetzung

Unsere Experten

Starkes Partnernetzwerk vor Ort



Unser Ziel: Digitalisierung unterstützen

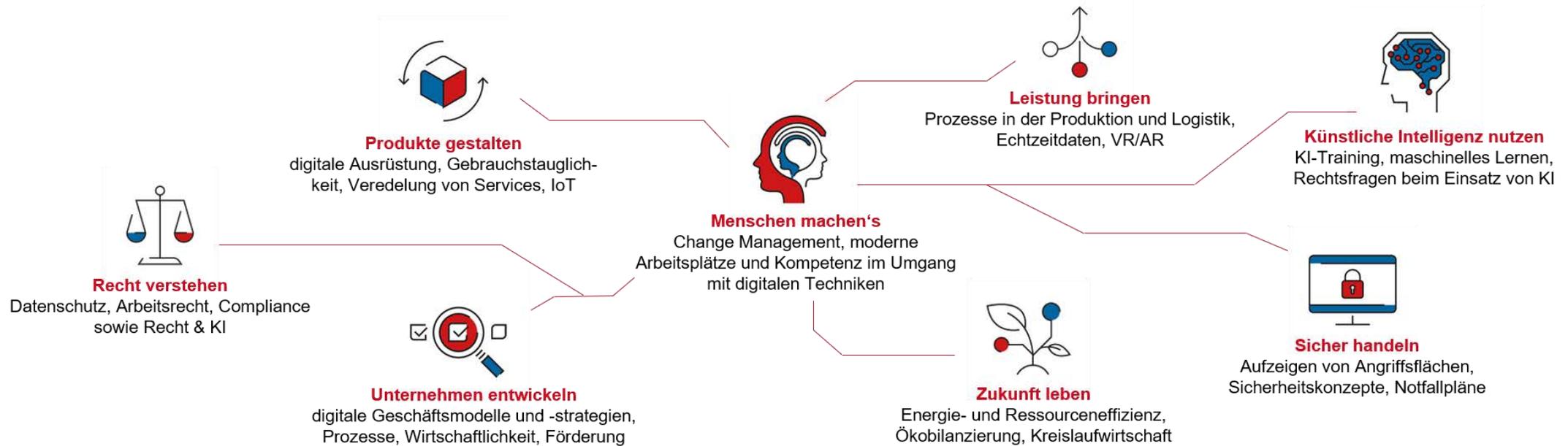
Sächsischer Mittelstand in Industrie, Handwerk und Handel als Zielgruppe

→ Kostenfreier und anbieterneutraler Wissens- und Technologietransfer

- Veranstaltungen wie Workshops, Seminare und Expertenrunden anbieten
- Fachwissen zugänglich machen
- Digitalisierungsprojekte begleiten
- Trainings- und Testumgebungen zur Verfügung stellen
- Lösungen mit Hilfe von Demonstratoren veranschaulichen
- Erfahrungsaustausch zwischen Unternehmen fördern

Unsere Themen

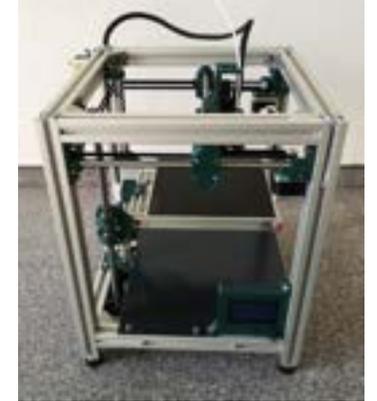
Im Fokus steht der Mensch



Besonderheiten des 3D-Drucks – Wissensupdate für Konstrukteure

Martin Uhlmann, M.Sc.

- Ausbildung Technischer Zeichner
 - Bachelor + Master Maschinenbau
 - Arbeit als Konstrukteur
-
- Professur Fabrikplanung und Intralogistik / MDCZ, Bereiche Additive Fertigung, Künstliche Intelligenz



Ziele des Workshops

- Reduktion von Materialaufwand, Druckzeit
- Reduktion von Nacharbeit
- Reduktion von Druckfehlern
- Verbesserung der mech. Bauteileigenschaften
- Verbesserung der Montierbarkeit (Passgenauigkeit)
- Verbesserung der optischen Bauteilqualität

→ Durch konstruktive Anpassungen im CAD

Gliederung

1. 3D-Druck Grundlagen
2. 3D-Druck Konstruktion
3. Stützstruktur vermeiden
4. Mechanische Bauteileigenschaften verbessern
5. Druckfehler verhindern
6. Optische Bauteilqualität verbessern
7. Maßhaltigkeit verbessern

1. 3D-Druck Grundlagen

1. 3D-Druck Grundlagen

- Additive Fertigung / 3D-Druck
- Fertigungsverfahren, bei denen das Bauteil durch Hinzufügen von Volumenelementen oder Schichten direkt aus digitalen 3D-Daten automatisiert aufgebaut
- Wesentliches Merkmal: Entfall produktspezifischer Werkzeuge und Vorbereitungen („werkzeuglose Fertigung“).

1. 3D-Druck Grundlagen: Verfahren FDM

- *Fused Deposition Modeling* - (sinngemäß „Schmelzablagemodellierung“)
- Kunststoff von Spule aufschmelzen, durch Düse pressen
- Schichtweise Auftragen an definierten Stellen durch Verfahrbewegung
- Erstarren des Materials durch Kühlung der Lüfter



Quelle: <https://scitechdaily.com/images/3D-Printer.gif/>

1. 3D-Druck Grundlagen: Verfahren DLP

- *Digital Light Processing* - (sinngemäß „Digitale Lichtverarbeitung“)
- Harz in Wanne (am Boden lichtdurchlässig)
- Lokale Belichtung → Aushärten
- Bauteil entsteht schichtweise und kopfüber



Quelle: <https://www.pcbway.com/rapid-prototyping/3D-Printing/3D-Printing-DLP.html>

1. 3D-Druck Grundlagen: Verfahren SLS

- *Selective Laser Sintering* - (sinngemäß „*Selektives Lasersintern*“), „Pulverbettverfahren“
- Kunststoffpulver wird als dünne Schicht komplett verteilt
- Punktueller Aufschmelzen durch Laser
- Bauteil wird nach Fertigstellung aus dem umgebenden, losen Pulver entnommen



Quelle: https://www.youtube.com/watch?v=9E5MfBAV_tA/

1. 3D-Druck Grundlagen: Slicer

- Slicer = Programm zur Berechnung der Maschinenbewegungen für additive Verfahren
- slice = engl. für „Scheibe“ → Aufteilung der Bauteilgeometrie in einzelne Scheiben / Schichten entsprechend des Fertigungsverfahrens
- Automatische Berechnung von:
 - Verfahrensbewegungen in X, Y, Z
 - Zufuhr von Kunststofffilament
 - Lüftergeschwindigkeit
 - Temperatur Düse und Druckbett

1. 3D-Druck Grundlagen: Orca Slicer

- Kostenlose Open Source Software
- Basiert auf Bambu Slicer und Prusa Slicer
- Anwendbar für jeden 3D-Drucker → spezifische Maschinenparameter anlegen
- Voreingestellte Profile für diverse verbreitete 3D-Drucker
- Weitere verbreitete Slicer: Prusa Slicer, Cura

Orca Slicer V 1.6.2

Based on BambuStudio and PrusaSlicer



Quelle: <https://www.obico.io/assets/images/OrcaSlicer-introduction-8bc9bfce6d8e6326e516e36743c5d81c.png>

2. 3D-Druck Konstruktion

2. 3D-Druck Konstruktion: Unterschied Spanende Fertigung

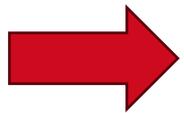
- Kein Halbzeug mit vordefinierter Geometrie
- Keine Einschränkung bei innenliegenden Geometrien (Erreichbarkeit mit Bohrern, Fräswerkzeugen)
- Keine Einschränkung bzgl. geschwungener / gekrümmter Geometrien (auch ohne 5-Achs-Fräse möglich)



Quelle: https://www.mk-zerspantechnik.de/assets/images/4/SB121128_DSC5305-911a58dc.jpg

2. 3D-Druck Konstruktion: Unterschied Spanende Fertigung

- Kein Aufwand durch ständige Werkzeugwechsel für verschiedene Geometrien oder Radien
- Flexible Bauteilelemente sind möglich



Gedruckte Bauteile müssen nicht mehr Klotzartig aussehen

2. 3D-Druck Konstruktion: Unterschied Spritzguss

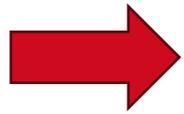
- Keine Einschränkung bzgl. Wandstärken
- Keine Einschränkung bzgl. innenliegender Geometrien (keine Kerne notwendig)
- Keine Einschränkung bzgl. Entformbarkeit (keine Entformungsschrägen, Hinterschneidungen sind möglich)



Quelle: <https://www.tegro-reutter.de/spritzgussteile/>

2. 3D-Druck Konstruktion: Unterschied Spritzguss

- Keine Einschränkung bzgl. Materialflussverhalten und Anguss



Gedruckte Bauteile brauchen keine dünnwandigen Rippen, sondern können großvolumig und komplex konstruiert werden

2. 3D-Druck Konstruktion: Allgemein

- Konstruktionsrichtlinien von konventionellen Verfahren nicht auf additive Fertigung übertragen
- Ein für additive Fertigung optimal ausgelegtes Bauteil ist in der Regel mit konventionellen Fertigungsverfahren nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand fertigbar
- Viele Einschränkungen konventioneller Verfahren fallen weg
- ABER: dafür andere Einschränkungen und Besonderheiten



Quelle: <http://www.insta3dp.com/info/what-is-topology-optimization-simply-explai-79272810.html>

2. 3D-Druck Konstruktion: Übertragbarkeit

- Konstruktionshinweise heute: Fokus auf FDM
- Weitestgehend übertragbar auf DLP-Verfahren
- Nur bedingt anwendbar für andere Verfahren (SLS, SLM...)

3. Stützstruktur vermeiden

3. Stützstruktur

- Notwendig um Materialüberhänge in Z-Richtung herstellen zu können
- Schichtauftrag nur auf darunter liegenden Festkörper möglich (3D-Drucker können nicht „in die Luft“ drucken)
- Stabile Hilfsstruktur, die nach dem Druckvorgang entfernt wird (manuell / wasserlöslich)
- Auf der Druckplatte oder dem Bauteil selbst

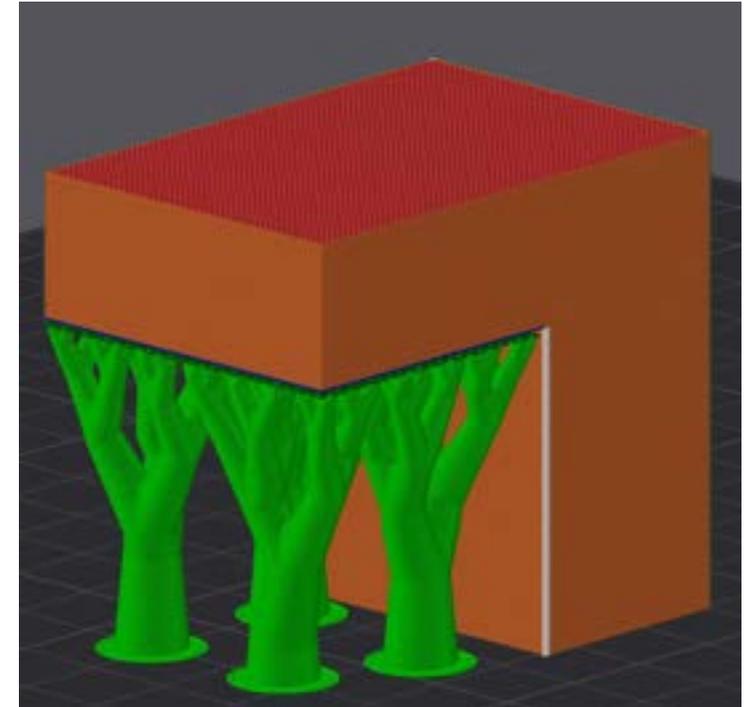
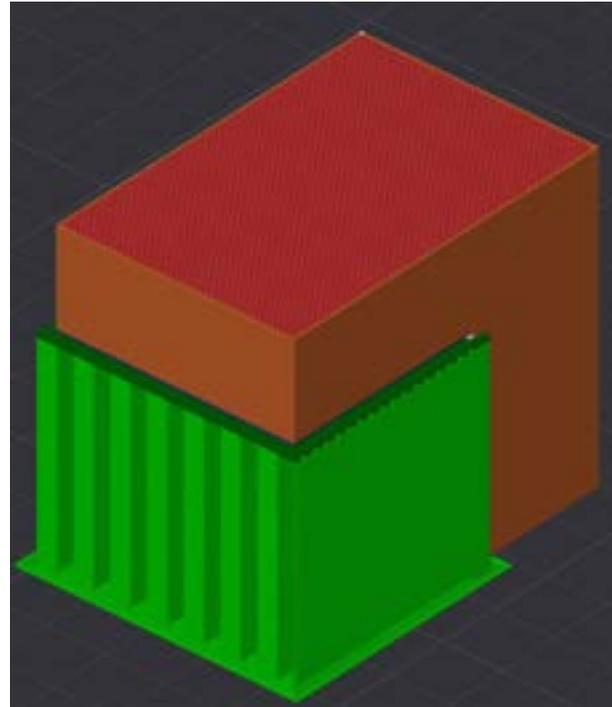


Quelle: https://filament2print.com/de/blog/category/3_materialien.html

3. Stützstruktur

Arten:

- Klassisch (massiv → für groß oder plane Überhangflächen)
- Baum (filigraner → für kleinere oder unregelmäßig geformte Überhangflächen oder um Stützstruktur auf dem Bauteil zu „umgehen“)



3. Stützstruktur

Nachteile:

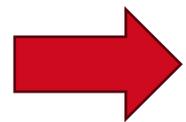
- Mehr Materialbedarf
- Längere Druckzeit



3. Stützstruktur

Nachteile:

- Arbeitsaufwand beim Entfernen
- Optisch unansprechende Fläche bleibt zurück
- Bei Stützstruktur auf Bauteil selbst: zwei optische unansprechende Flächen

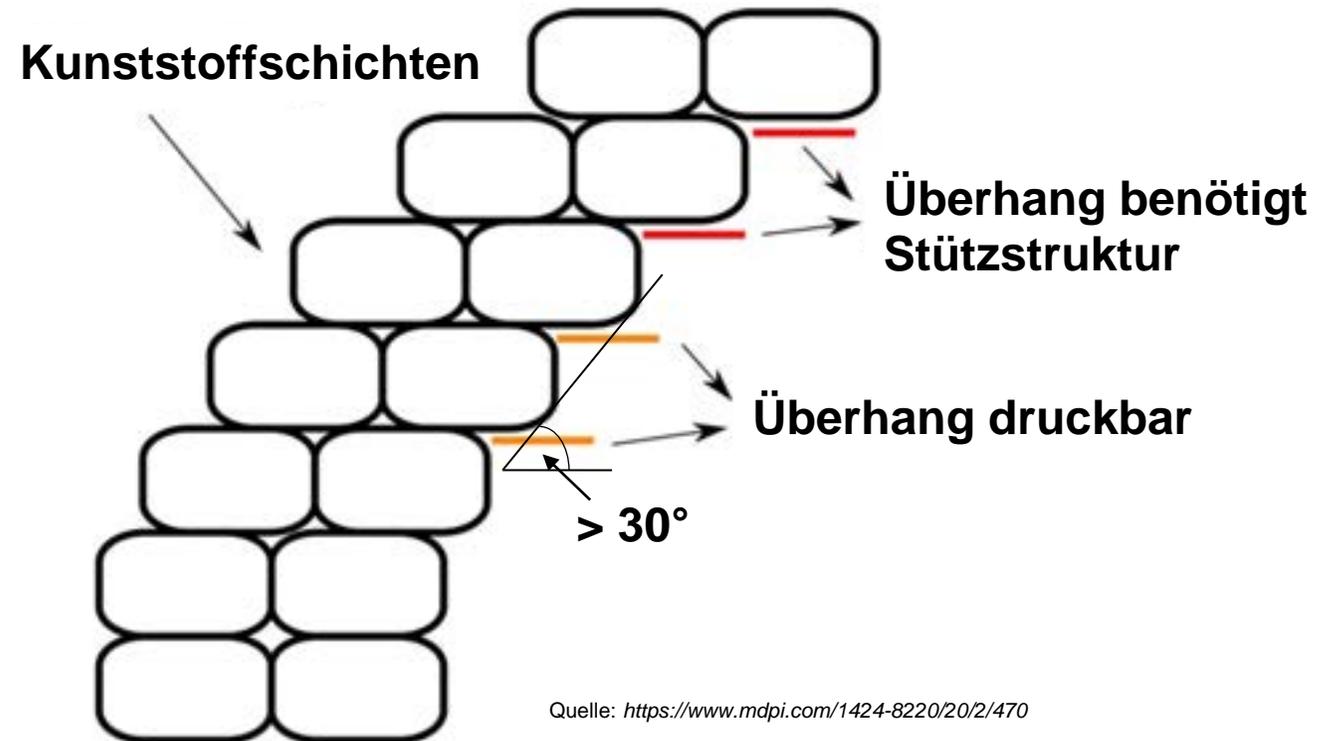


**Stützstruktur vermeiden,
besonders auf dem Bauteil selbst**



3. Stützstruktur: Vermeiden durch Fasen

- Überhänge mit Fasen vermeiden
- Aufgetragene Schicht kann zumindest teilweise auf darunter liegendem Material aufliegen
- Möglicher Überhangswinkel (mindestens 30°) ist abh. Von Material, Schichthöhe, Düsendurchmesser → sicher: mindestens 45°



3. Stützstruktur: Vermeiden durch Fasen

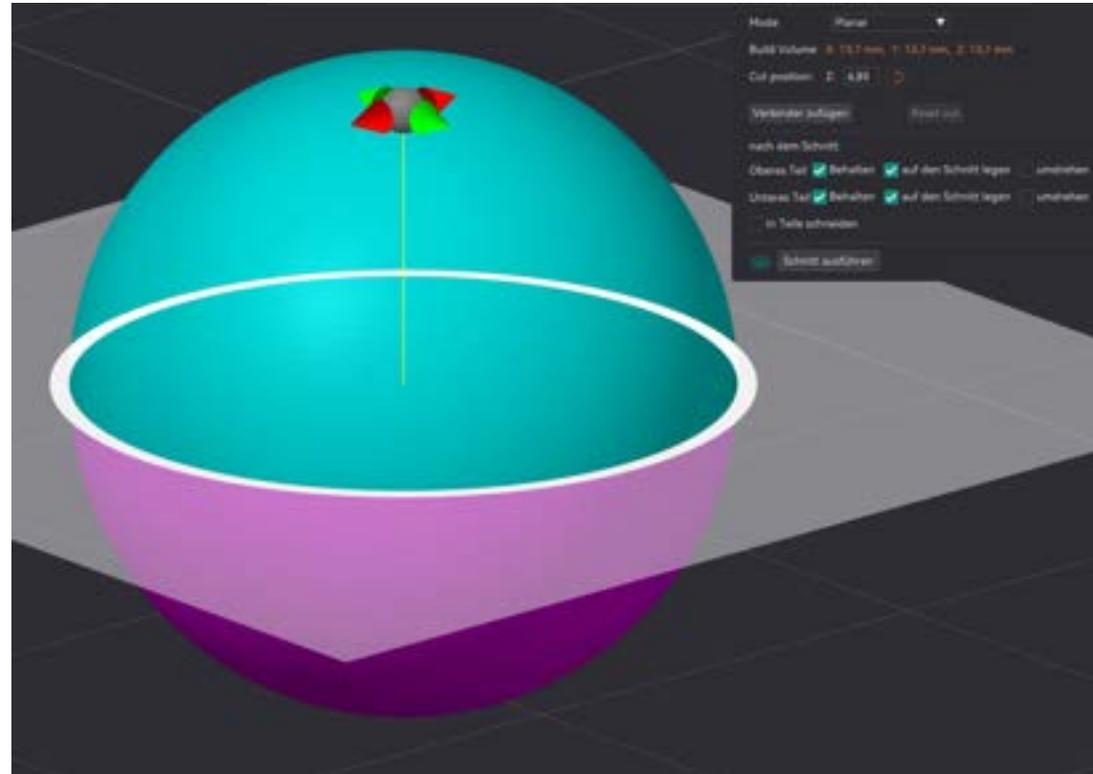
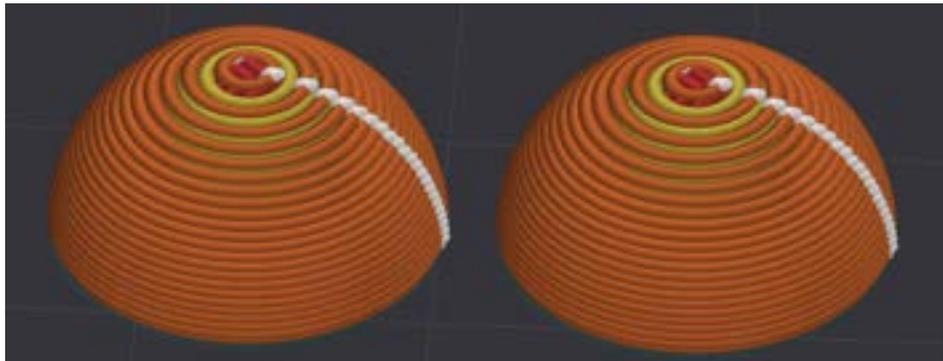
Vorteile:

- Nachteile von Stützstruktur werden verhindert
- Material trägt zusätzlich zur Bauteilfestigkeit bei
- Vermeidet Spannungskonzentration, durch Wegfall scharfer Ecke



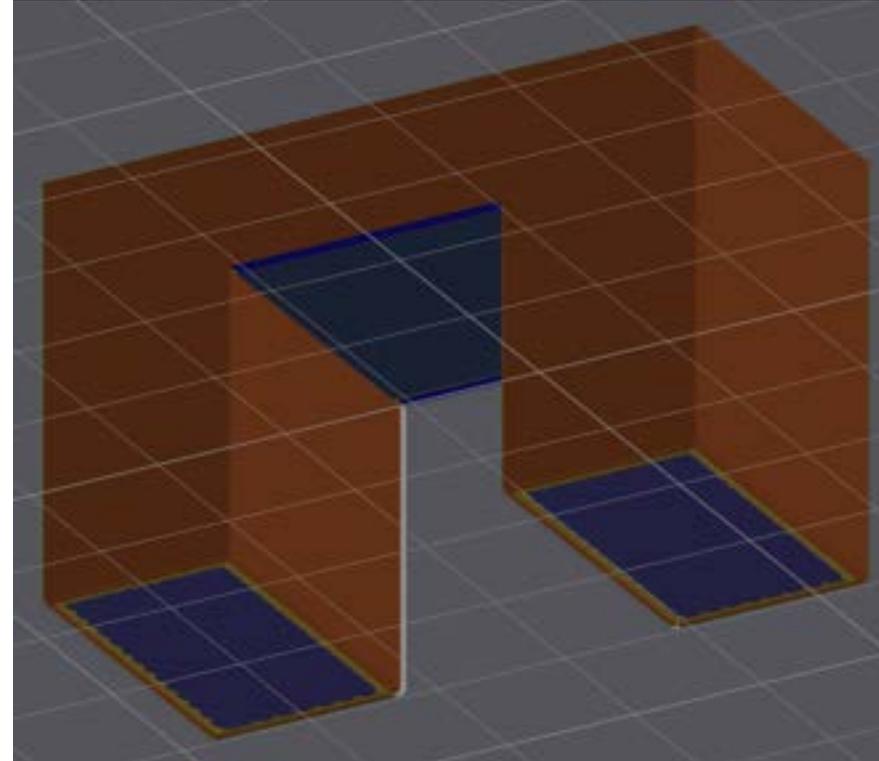
3. Stützstruktur: Vermeiden durch Teilen des Bauteils

- Komplexe Bauteile ggf. in mehrere Einzelne aufteilen und später wieder zusammenfügen (z.B. bei Kugelform)



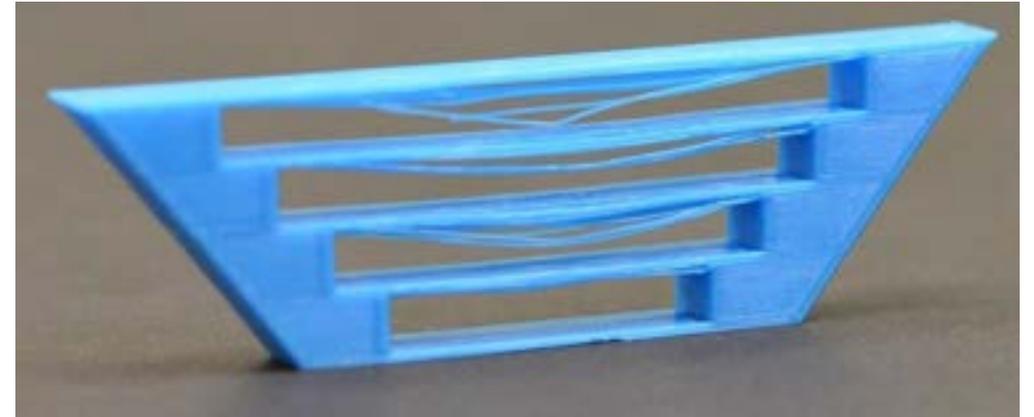
3. Stützstruktur: Vermeiden durch Brücken

- Fasen sind nicht immer möglich
- Ausnahme: 3D-Drucker kann doch „in die Luft“ drucken
- Wenn Start- und Endpunkt einen darunter liegenden Festkörper haben, an dem der Filamentstrang anhaften kann



3. Stützstruktur: Vermeiden durch Brücken

- Nur kurze Strecken mit geradliniger Verfahrbewegung des Druckkopfes
- Maximale Distanz ca. 5cm (je nach Material, Parametern), zunehmendes Durchhängen der Filamentstränge bei größerer Distanz → bei Sichtflächen nur für kurze Distanzen anwenden
- Optisch unansprechende Fläche bleibt zurück → durchhängende, einzelne oder nicht verbundene Filamentstränge sichtbar

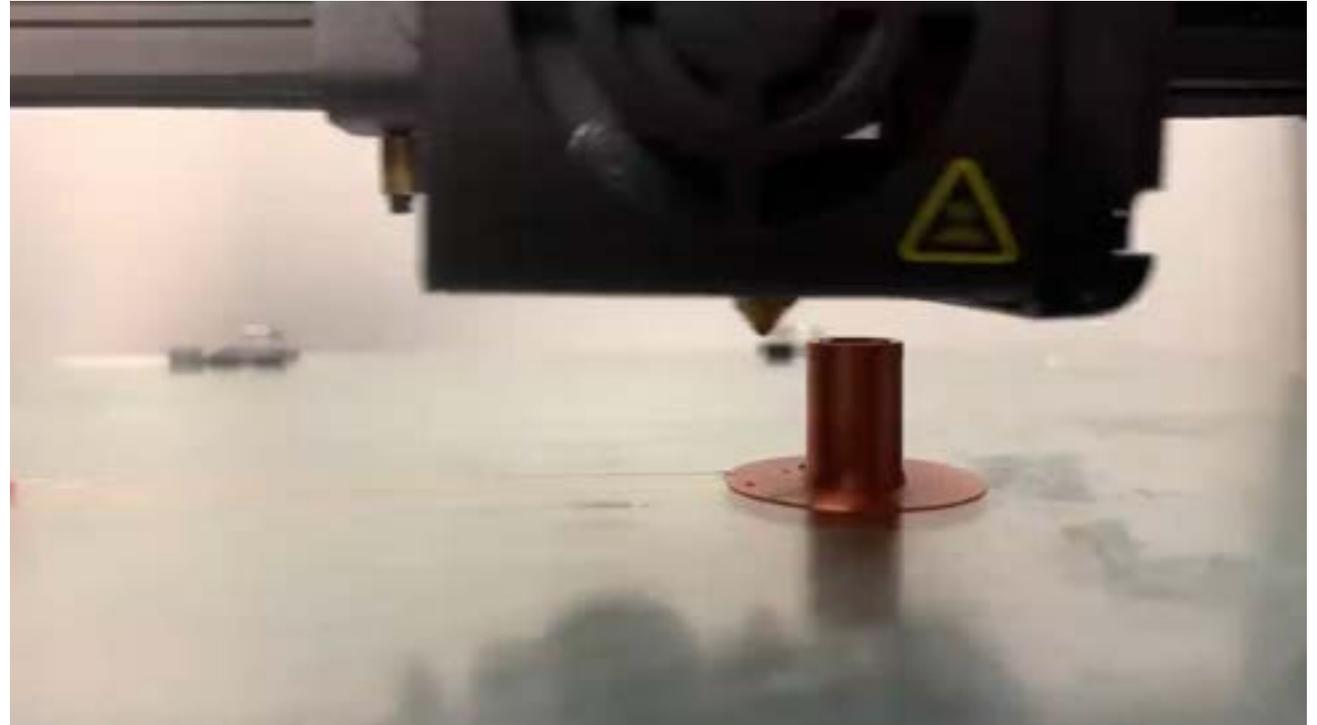


Quelle: <https://facfox.com/docs/kb/how-to-fix-poor-bridging-during-3d-printing>

3. Stützstruktur: Vermeiden durch Brücken

Funktionsweise:

- Maximale Lüfterkühlung für schnelles Erstarren
- Geschwindigkeit der Verfahrbewegung = Extrusionsgeschwindigkeit des Filaments

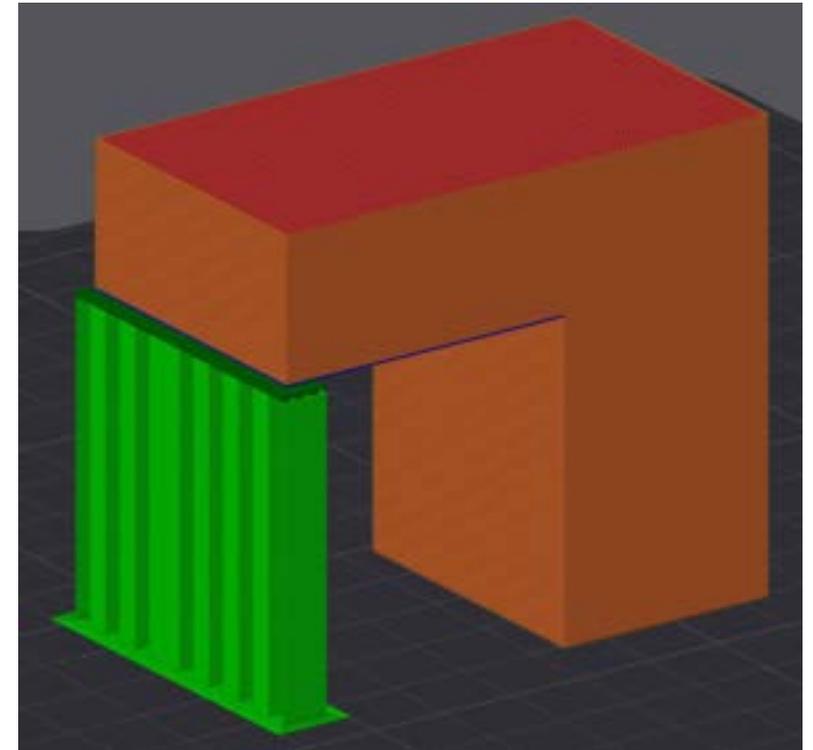


Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=m4i1SbIIlMaA>

3. Stützstruktur: Manuell definiert

- Nicht immer ist Anfasen des Überhangs möglich
- Lösung: manuell definierte Stützstruktur
- punktueller Kontakt zum Bauteil → macht Brücke möglich

Gesamtschätzung		
Filament:	13,76 m	41,05 g
Kosten:	0,53	
Vorbereitungszeit:	5m48s	
Druckzeit des Modells:	54m15s	
Gesamtdauer:	1h0m	



3. Stützstruktur: Manuell definiert vs. Fasen

Vorteile:

- Weniger Materialaufwand
- Weniger Druckzeit
- Lässt sich leicht entfernen

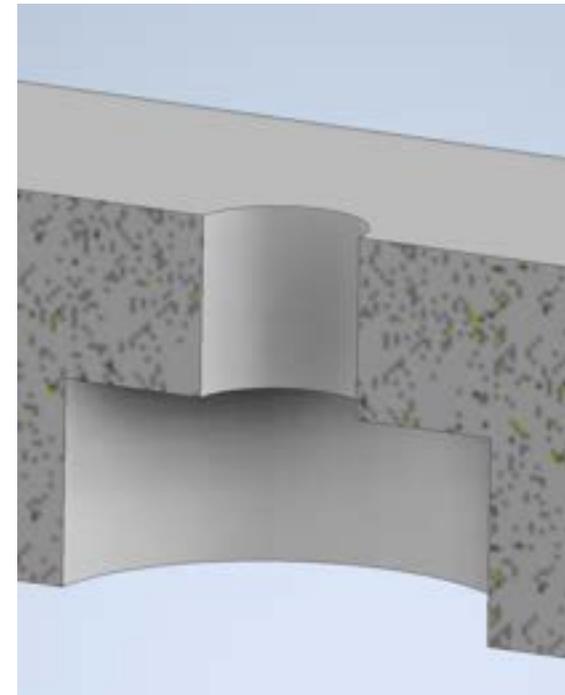
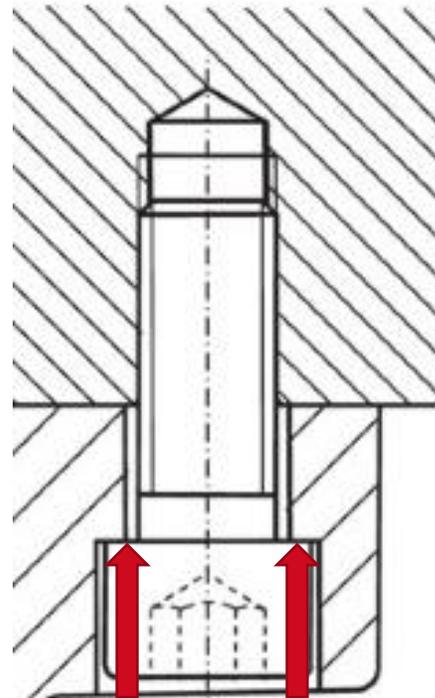
Nachteile:

- Brückenunterseite ist optisch unansprechend
- Muss manuell entfernt werden

3. Stützstruktur: Anwendungsfall

Vertikale Bohrung mit Senkung

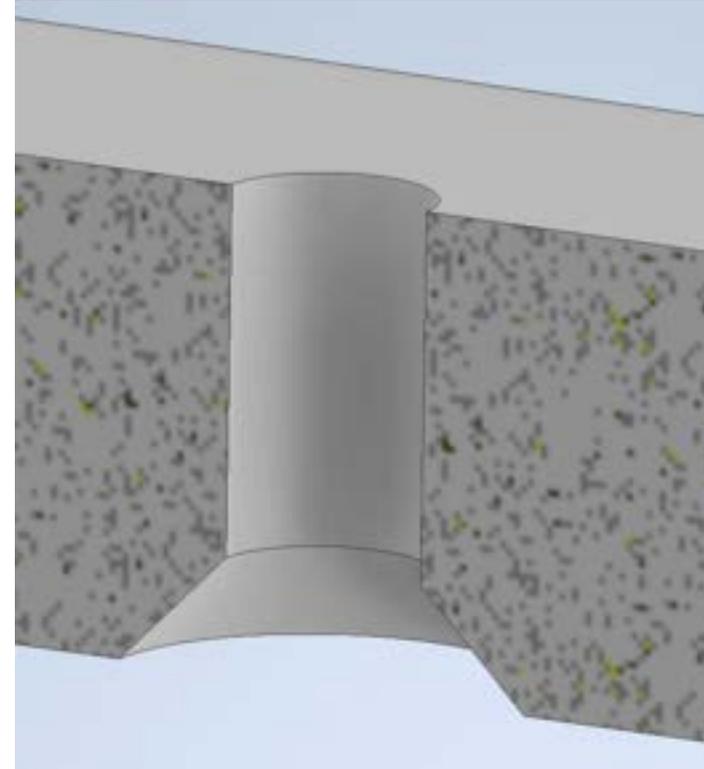
- Typischer Anwendungsfall im technischen Bereich
- Theoretisch nicht ohne Stützstruktur auf dem Druckbett herstellbar



3. Stützstruktur: Anwendungsfall Lösung 1

Kegelsenkung

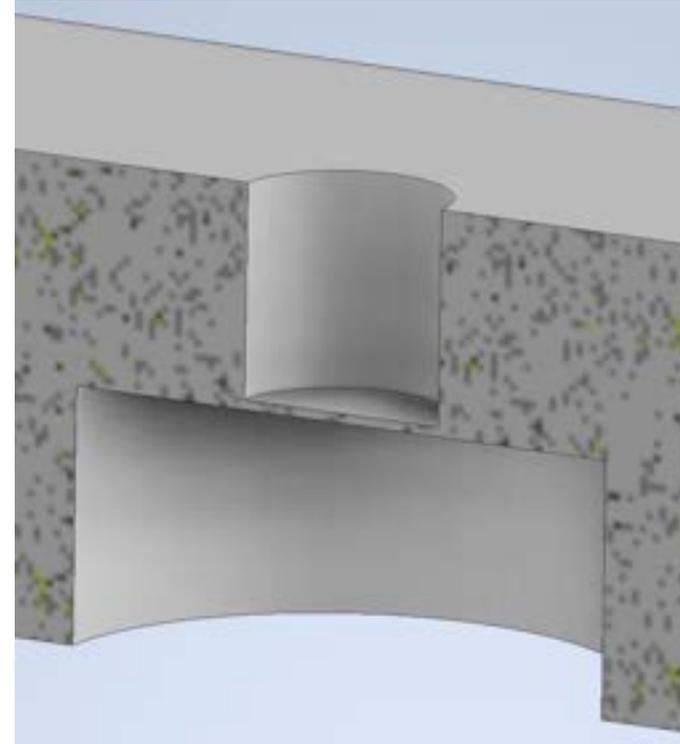
- Senkschrauben statt Zylinderschrauben
- Geringer Konstruktionsaufwand
- Kein Toleranzausgleich zwischen gefügten Bauteilen



3. Stützstruktur: Anwendungsfall Lösung 2

Brücke mit Opferschicht

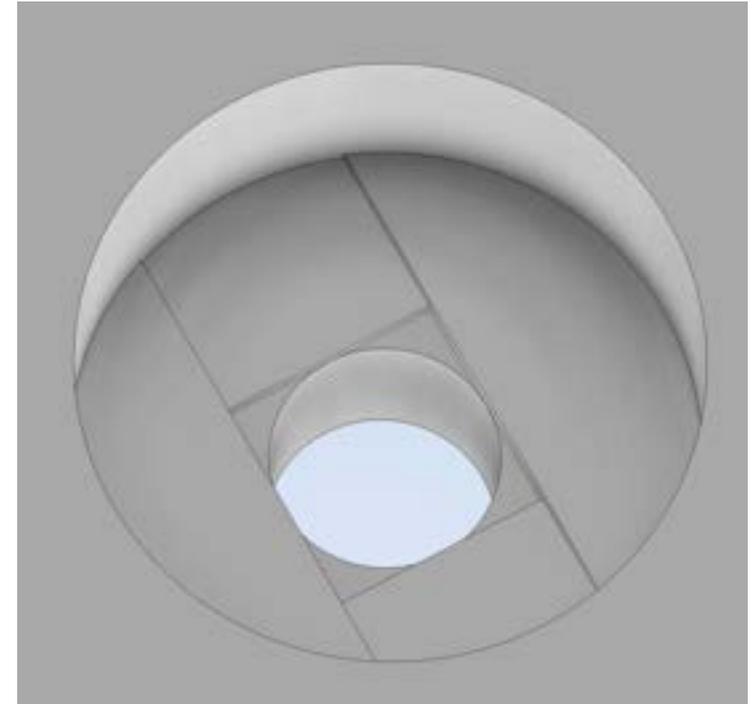
- Nicht durchgängige Bohrung im CAD
- Geringer Konstruktionsaufwand
- Nacharbeitsaufwand beim Entfernen der Opferschicht



3. Stützstruktur: Anwendungsfall Lösung 3

Brücken mit geschlitzter Senkung

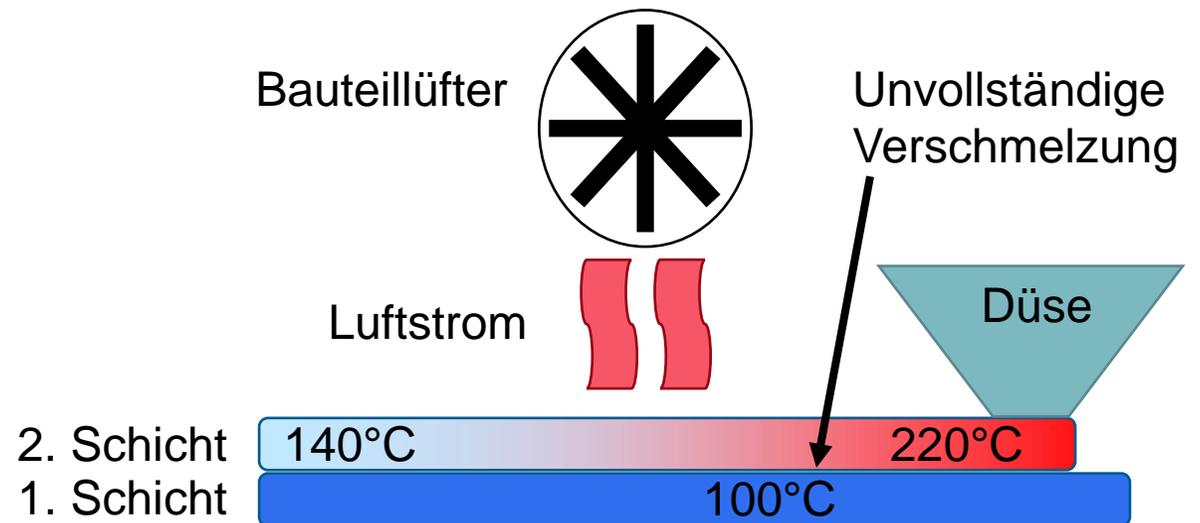
- CAD-Konstruktion mit Schlitzern erzwingt mehrere übereinander liegende kreuzende Überbrückungen
- Höherer Konstruktionsaufwand
- Anlagefläche für Schraubenkopf leicht uneben
- Keine Nacharbeit
- Geeignet für Serienproduktion



4. Mechanische Bauteileigenschaften verbessern

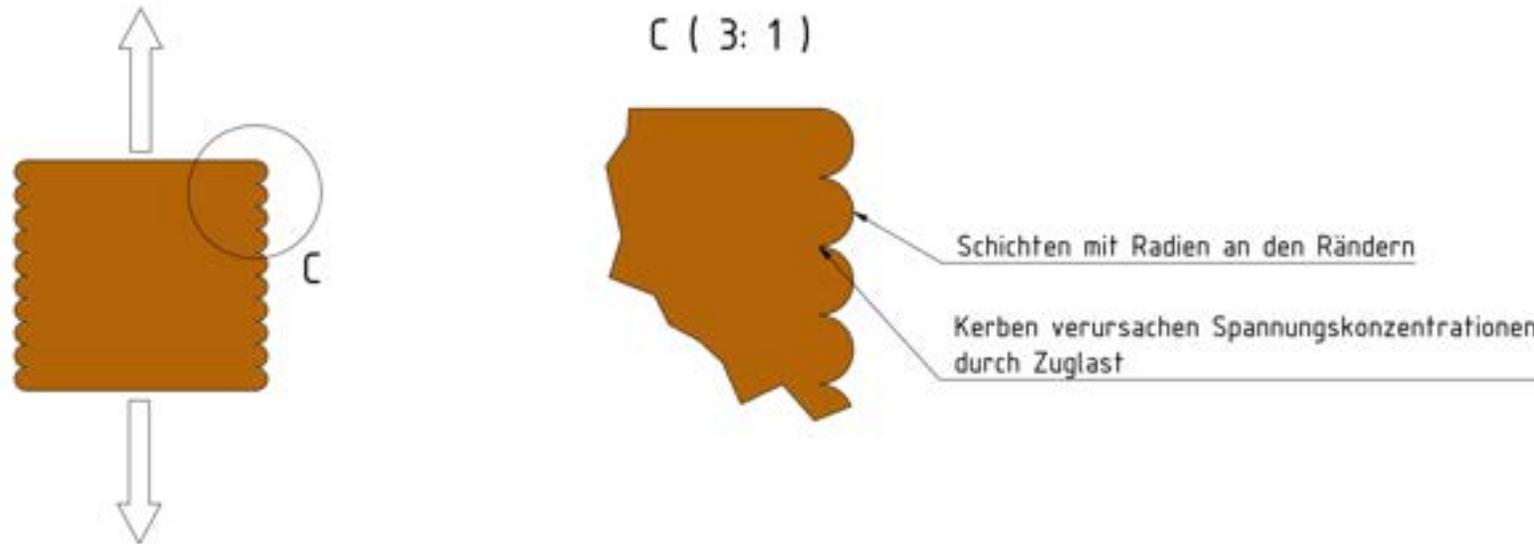
4. Mechanische Bauteileigenschaften: Herausforderung

- Schwachstelle bei additiver Fertigung: Schnittstelle zwischen 2 übereinander liegenden Schichten
- Ursache 1: keine vollständige Verschmelzung der beiden Schichten (untere ist zwingend schon etwas abgekühlt, damit sie formstabil bleibt, wenn neue Schicht darauf gelegt wird)



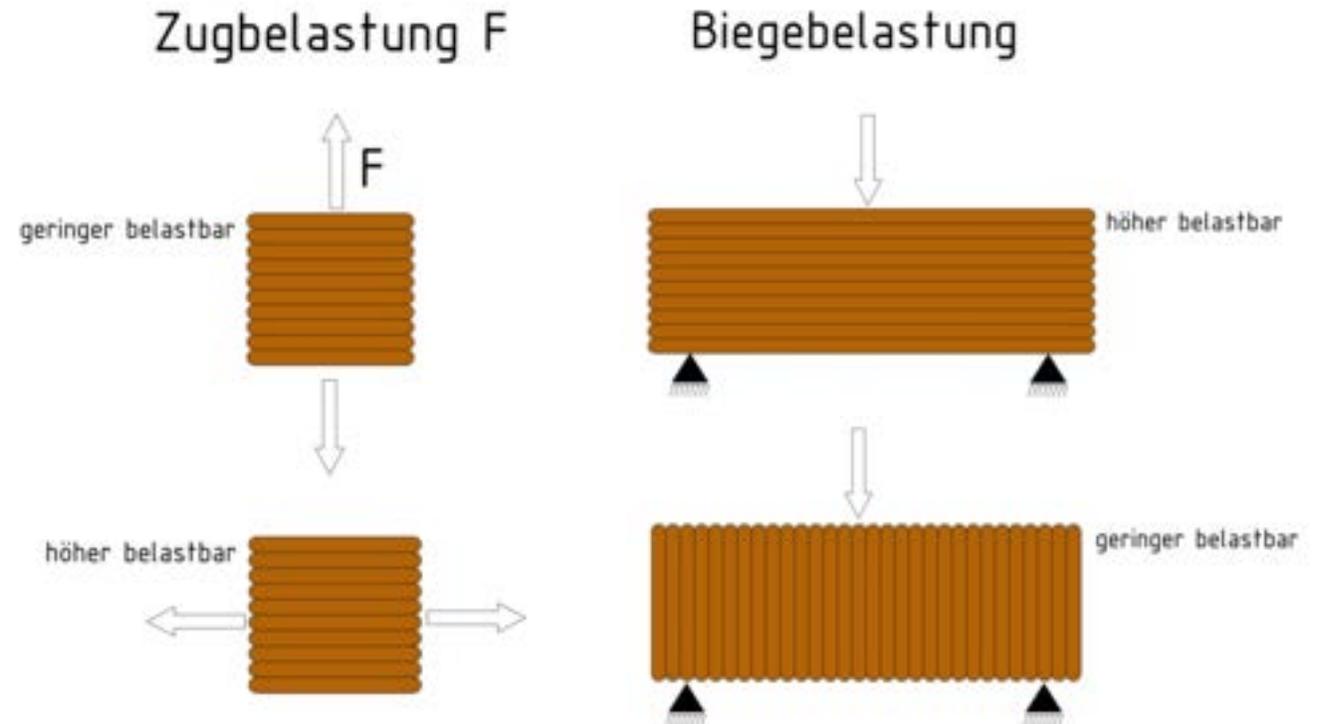
4. Mechanische Bauteileigenschaften: Herausforderung

- Ursache 2: Bei Zugbelastung senkrecht zur Schichtausrichtung → Spannungskonzentration in den Kerben



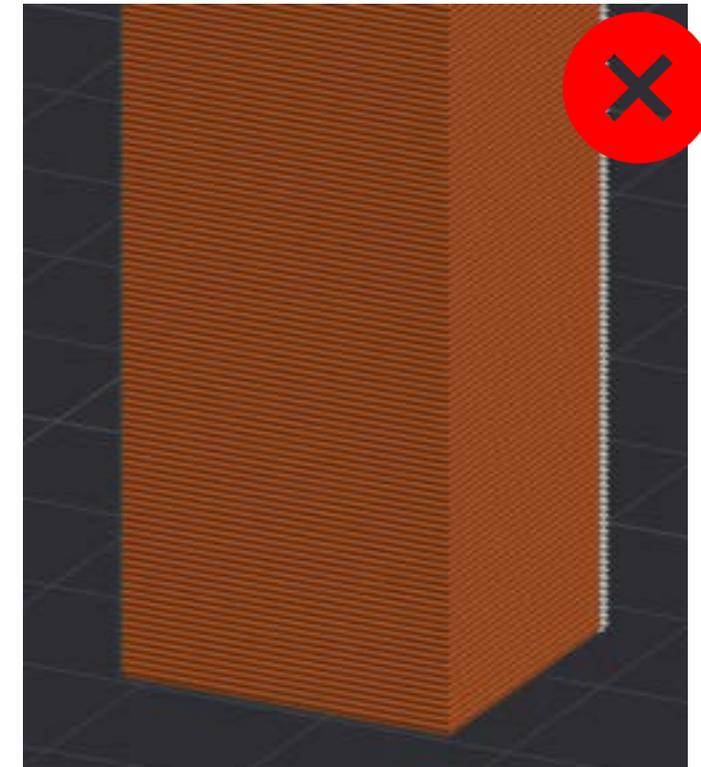
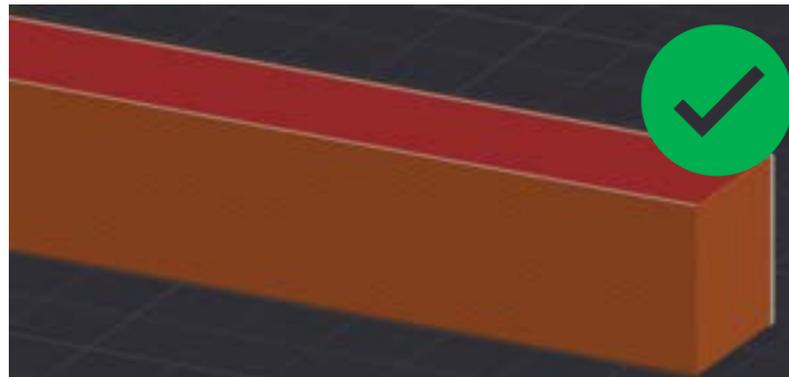
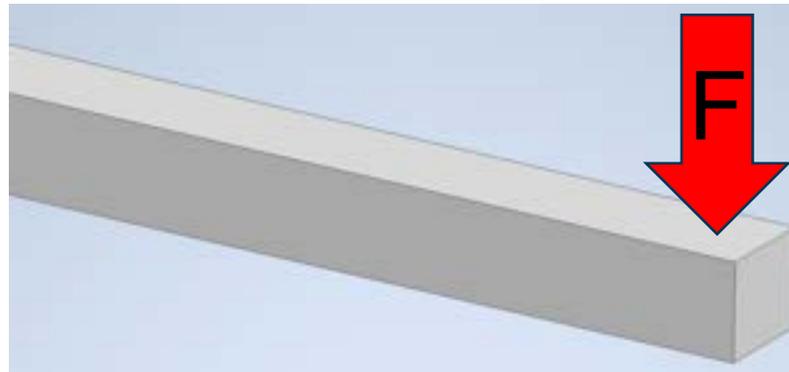
4. Mechanische Bauteileigenschaften: Herausforderung

- Ursachen 1 und 2 →
Neigung zu
Rissbildung und
Risswachstum bei
Zugbelastung
senkrecht zur
Schichtausrichtung →
Bauteilversagen



4. Mechanische Bauteileigenschaften: Lösungen

- Bauteilorientierung beim Druck an Belastungsrichtung anpassen
- Bauteilorientierung beim Druck schon während der Konstruktion bedenken

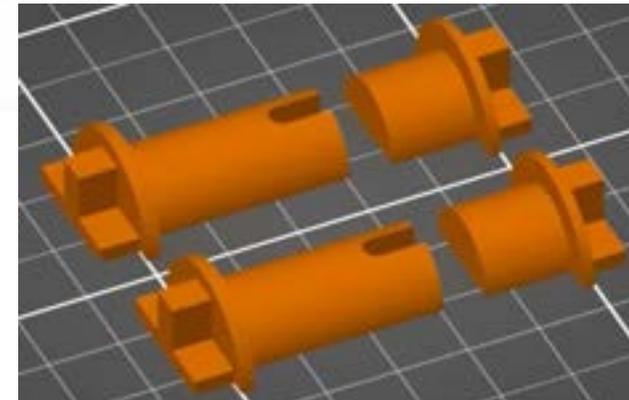


4. Mechanische Bauteileigenschaften: Lösungen

- Bei besonders belasteten Bauteilen muss ggf. die Bauteilorientierung beim Druck so angepasst werden, dass andere Nachteile entstehen, z.B.:
 - Stützstruktur wird notwendig,
 - Teilen in mehrere Einzelbauteile wird nötig

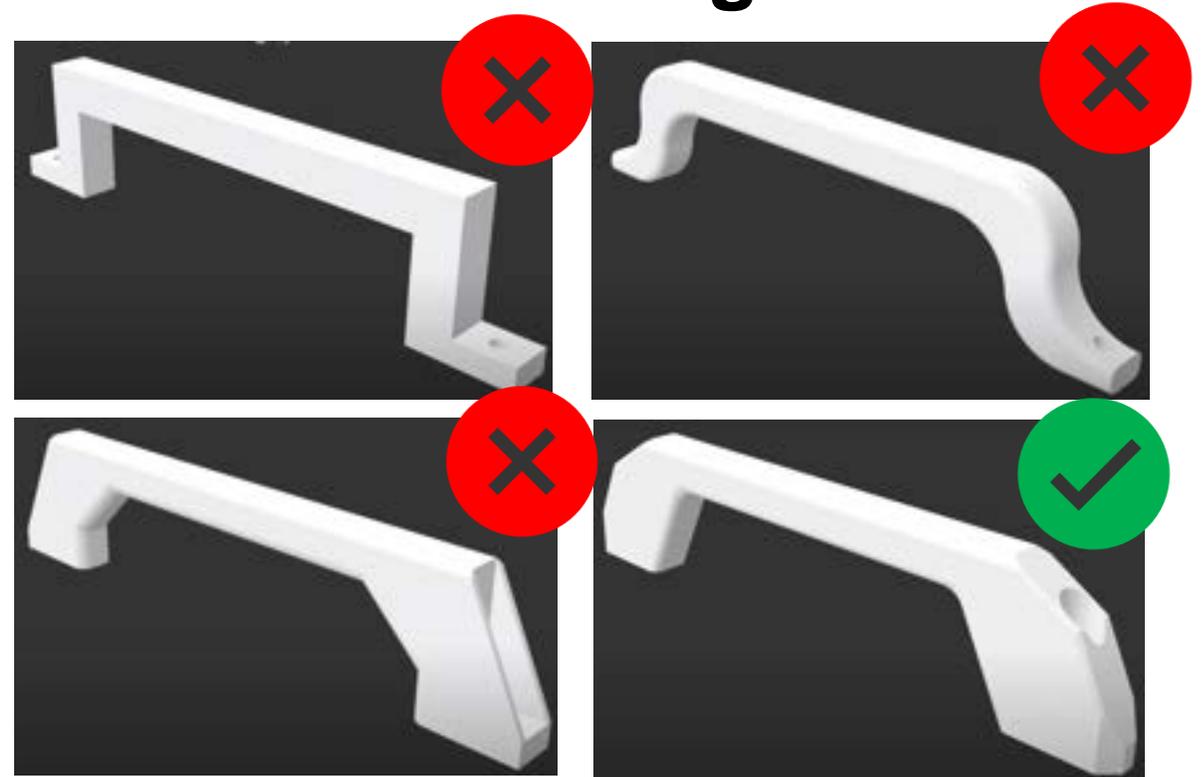


Quelle:
<https://www.youtube.com/watch?v=JMgXu1rFDJ0>



4. Mechanische Bauteileigenschaften: Lösungen

- Bauteile großvolumig konstruieren und Infill nutzen statt Hohlräume und Rippen
→ keine signifikante Änderung bzgl. Gewicht, Festigkeit und Druckzeit
- Viel mit Fasen und Rundungen arbeiten, um Spannungskonzentrationen in Ecken zu vermeiden



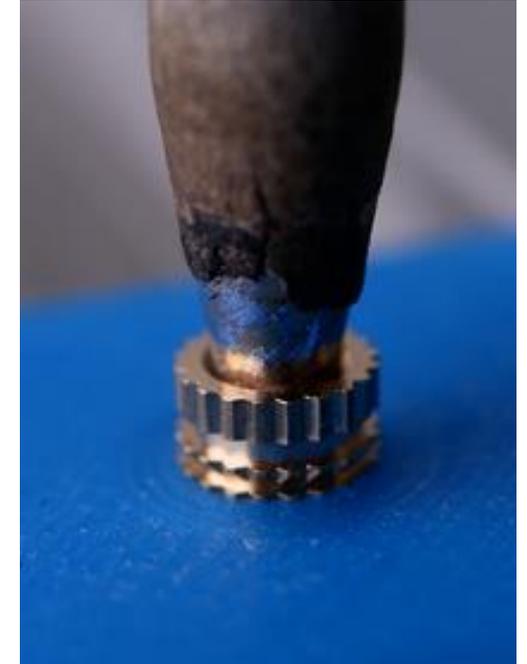
Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=lae6pyQQhrs>

4. Mechanische Bauteileigenschaften: Lösungen

- Einbringen von Normbauteilen
- Muttern / Kupferinserts für stark belastete Gewinde oder mehrmaliges Montieren + Demontieren
- Schrauben zur Versteifung von langen Achsen



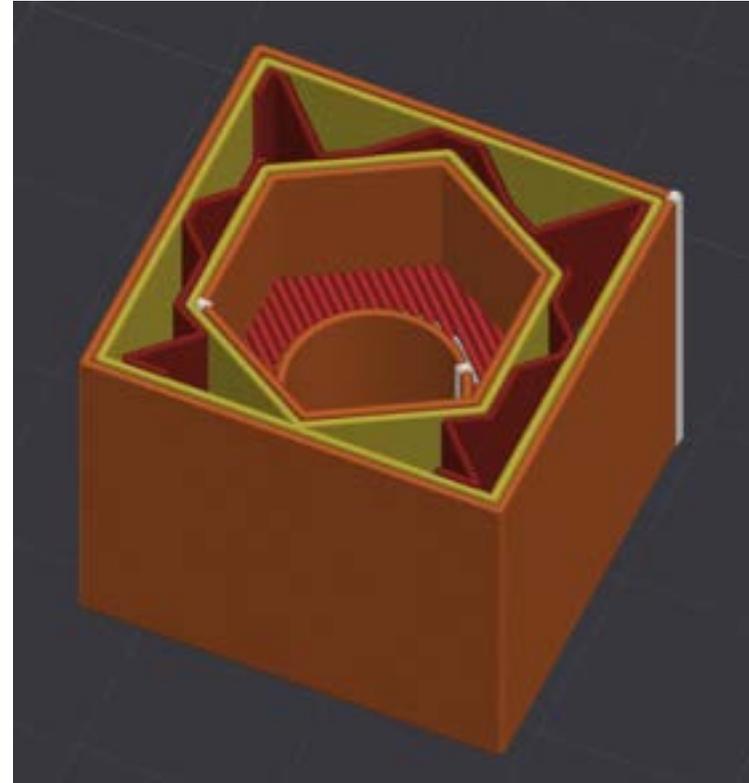
Quelle: https://formlabs-media.formlabs.com/filer_public_thumbnails/filer_public/d8/e3/d8e326de-56fb-4041-a7a0-e47887708567/optimized_for_web_jpeg-11172022_screw_threads_v3_338.jpg__1184x0_q85_subsampling-2.jpg



Quelle: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5d88f1f13db677155dee50fa/1575729829097-DKCYJZXKJTVB9MX3JNAP/vlcsnap-2019-12-07-15h36m27s338.png?format=500w>

4. Mechanische Bauteileigenschaften: Lösungen

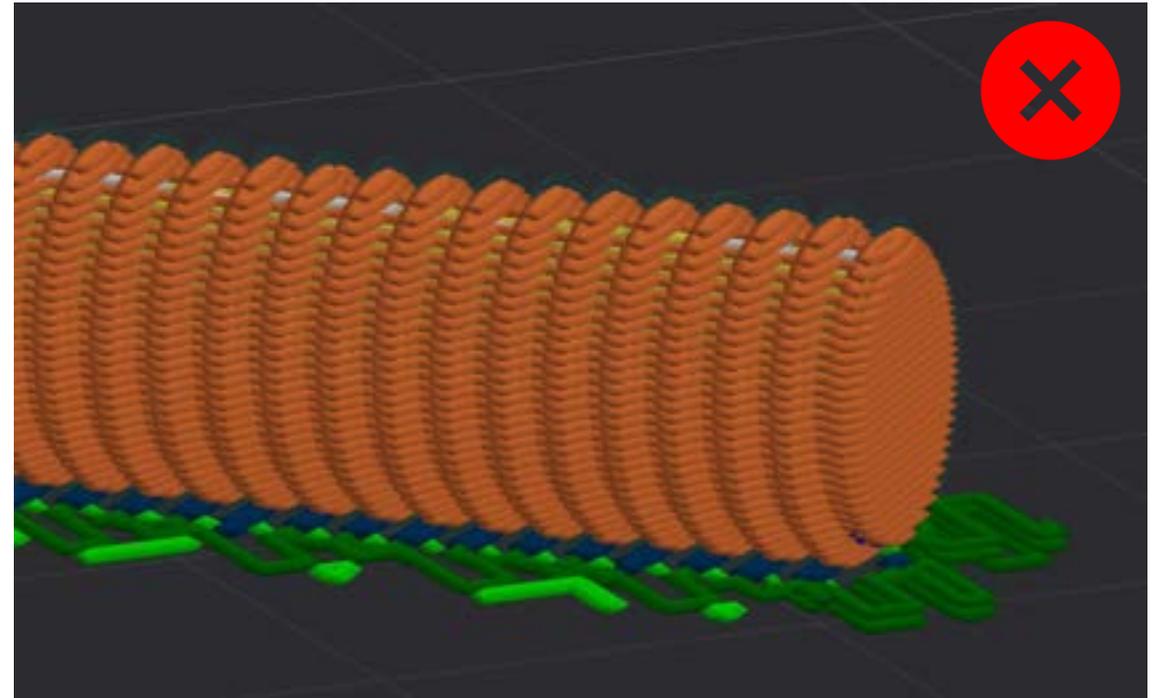
- Ggf. Pausenfunktion während des Drucks nutzen, um Normteile einzulegen und darüber zu drucken



4. Mechanische Bauteileigenschaften: Gewinde

Horizontal Ausrichtung

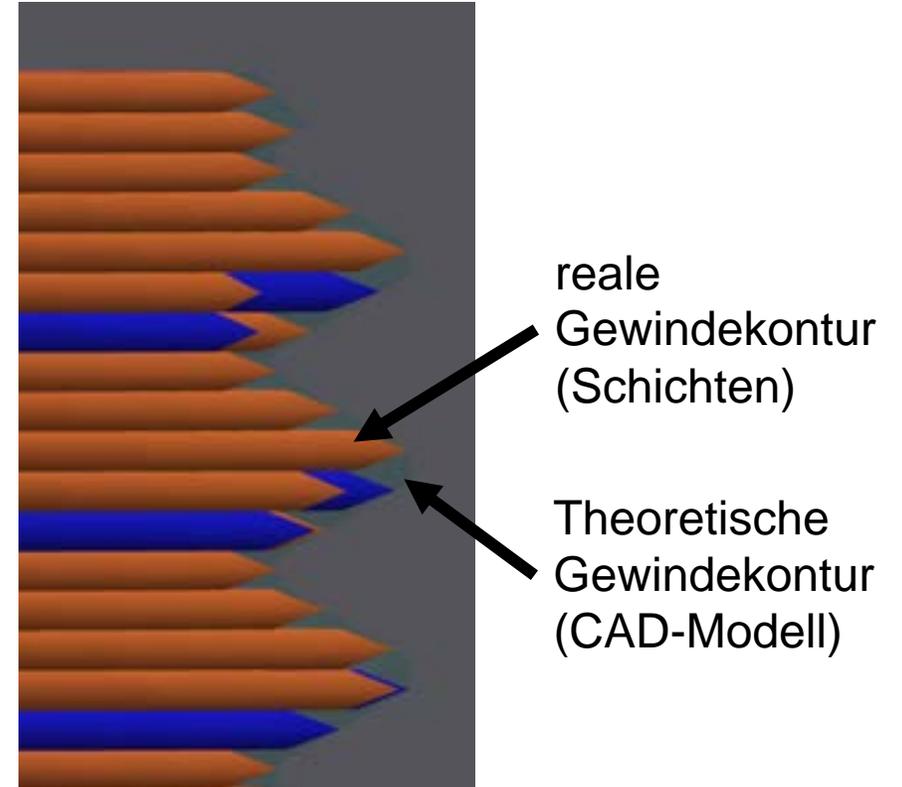
- Außengewinde lässt sich kaum 3D-drucken
 - Nur punktueller Druckbettkontakt
 - Stützstruktur notwendig
 - Schichten bewirken „Riffelung“ in Einschraubrichtung
- Innengewinde machbar → Aussparung oben + unten vorsehen wie bei horizontaler Bohrung



4. Mechanische Bauteileigenschaften: Gewinde

Vertikale Ausrichtung

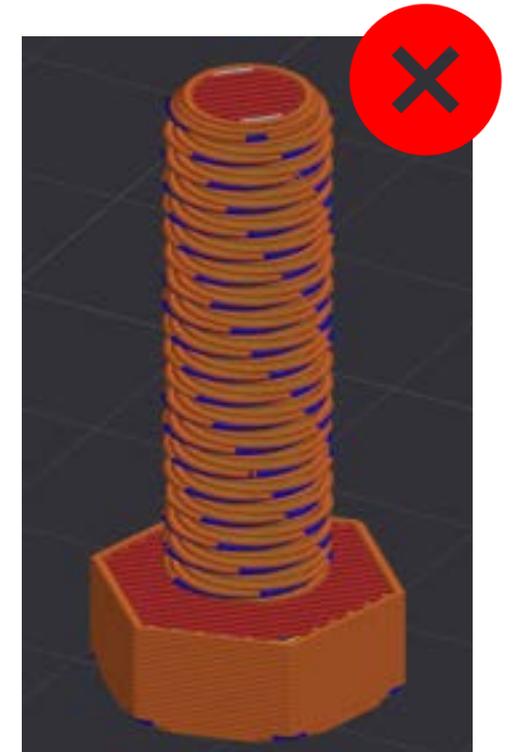
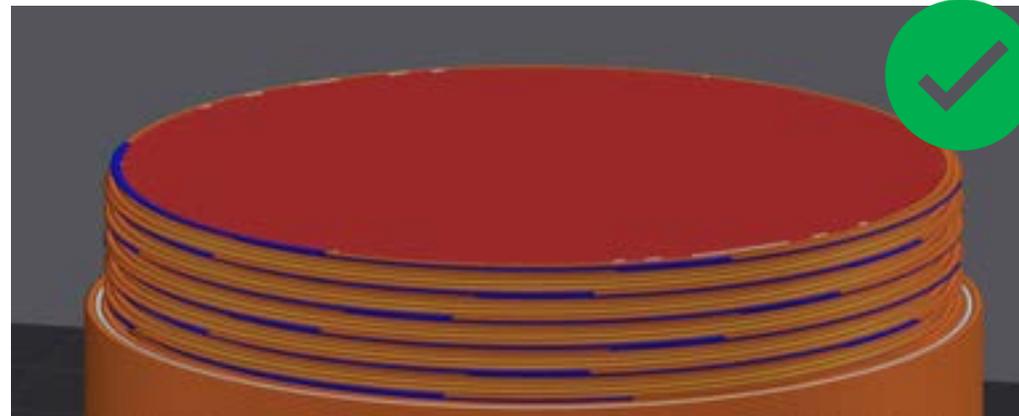
- Kleine Gewindedurchmesser: Spitzen des Gewindes sind zu fein und werden nicht mitgedruckt
- Gewinde wird nur teilweise hergestellt und hält Belastungen kaum stand
- Erst Sinnvoll bei größeren Gewindedurchmessern, wenn ausreichender Teil des Gewindes gedruckt wird (mindestens M8)
- Tipp: Normbauteile aus Metall verwenden, besonders bei kleinem Durchmesser



4. Mechanische Bauteileigenschaften: Gewinde

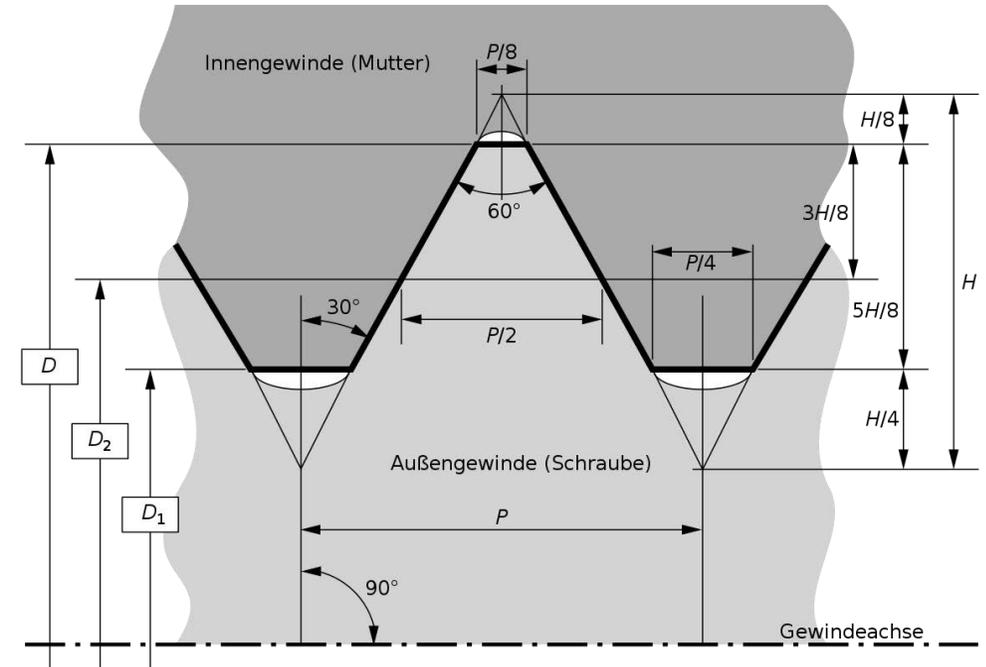
Vertikale Ausrichtung

- Außengewinde mit kleinem Durchmesser (z.B. Schrauben, Gewindestangen) hat zu geringe Festigkeit wegen ungünstiger Schichtausrichtung und kleiner Querschnittsfläche



4. Mechanische Bauteileigenschaften: Gewinde

- Muss im CAD komplett ausmodelliert sein (z.B. bei Autodesk Inventor: Gewinde Funktion erzeugt nur grafische Darstellung → stattdessen Spiral-Funktion)
- Metrisches Gewinde vertikal gedruckt: Flankenwinkel 30° ist womöglich zu steiler Überhang (umändern auf 45° oder 40°)
- Leichtes Spiel zwischen Innen-/Außengewinde vorsehen
- Gewindeauslauf (Fase) modellieren



Quelle:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/68/ISO_and_UTS_Thread_Dimensions.de.svg/1200px-ISO_and_UTS_Thread_Dimensions.de.svg

5. Druckfehler verhindern

5. Druckfehler: Herausforderung

- Erste Schicht ist wichtigste Grundlage für erfolgreichen Druck, die meisten Druckfehler passieren direkt am Anfang
- Zu geringe Haftung am Druckbett kann im späteren Druckverlauf ein Abreißen des Bauteils auslösen
 - durch Eigengewicht beim Beschleunigen / Abbremsen eines in Y-Richtung bewegten Druckbetts
 - Durch Hängenbleiben der Düse an Aufwerfungen am Bauteil + langer Hebelarm



Quelle:
<https://preview.redd.it/kxbrkf62yec71.jpg?width=640&crop=smart&auto=webp&s=2598f53279b55deae68a6bcac42fedc8b2fea838>

5. Druckfehler: Herausforderung

- Haftungsprobleme durch filigrane Details und scharfe Kanten (wegen ruckartiger Bewegung des Druckkopfes beim Richtungswechsel)
- Haftungsprobleme im späteren Druckverlauf durch Warping (Anheben der unteren Schicht in den Ecken durch schnellere Abkühlung und Materialschrumpfung)



Quelle: <https://www.simplify3d.com/wp-content/uploads/2019/04/warping-1024x1024-1-1024x1024.jpg>

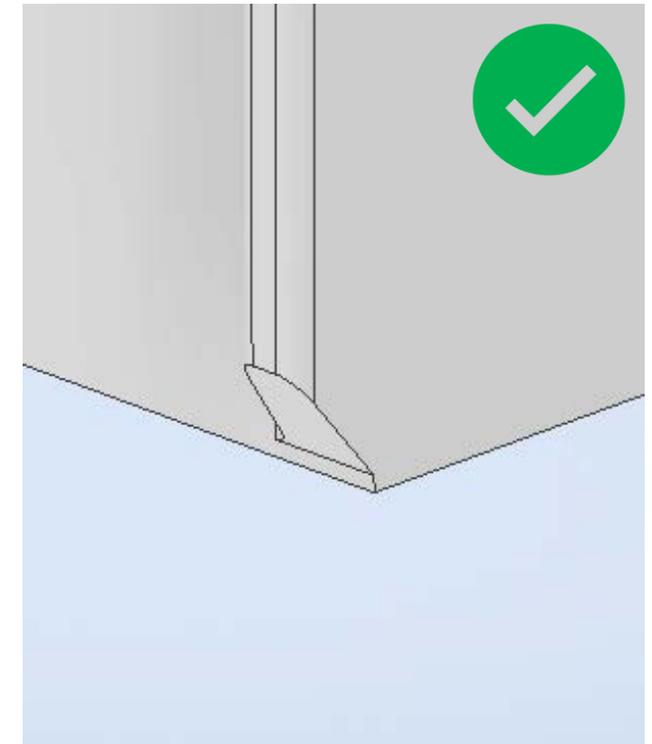
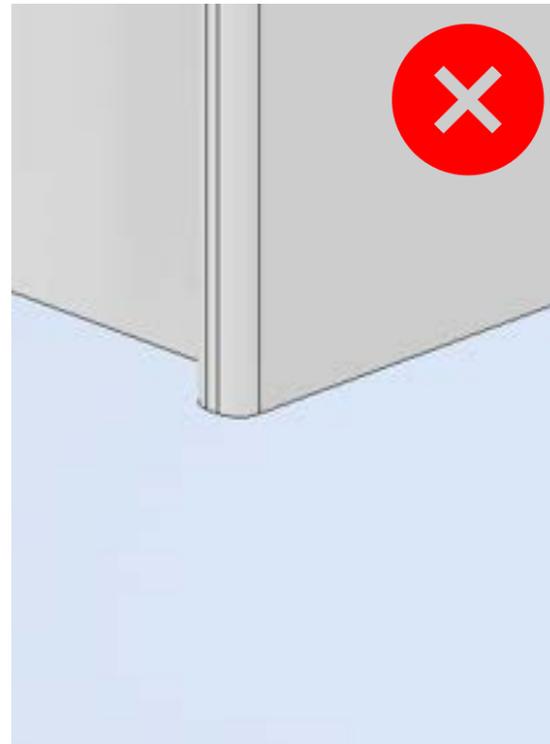
5. Druckfehler: Lösungen

- Langsamere Druckgeschwindigkeit → weniger ruckartige Bewegungen des Druckkopfes
- Vertikale Kanten abrunden → weniger ruckartige Bewegungen des Druckkopfes + weniger schnelle Abkühlung durch kleinere Oberfläche



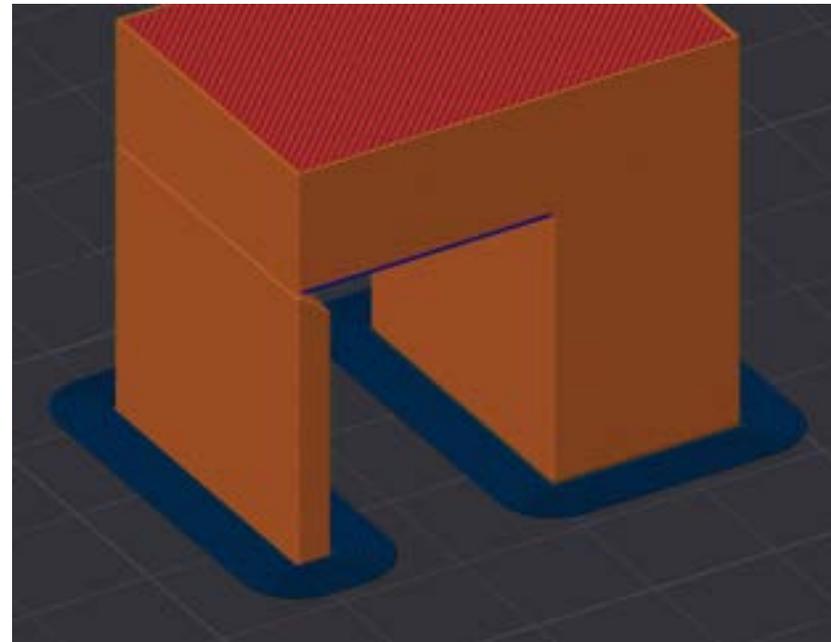
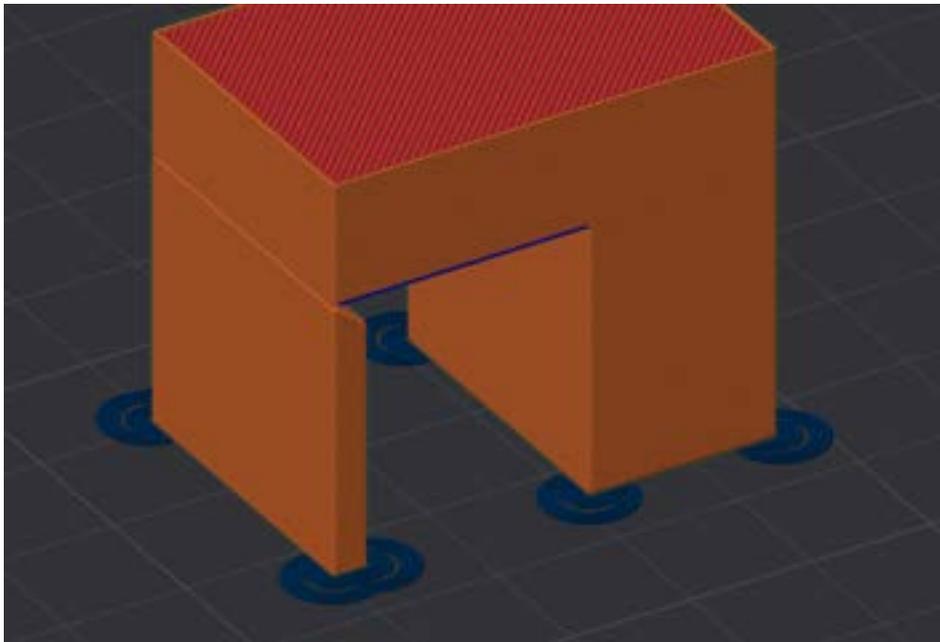
5. Druckfehler: Lösungen

- Filigrane Details vermeiden oder anfasen, sodass diese erst in weiter oben liegenden Schichten gedruckt werden
- Text nicht an Bauteilunterseite



5. Druckfehler: Lösungen

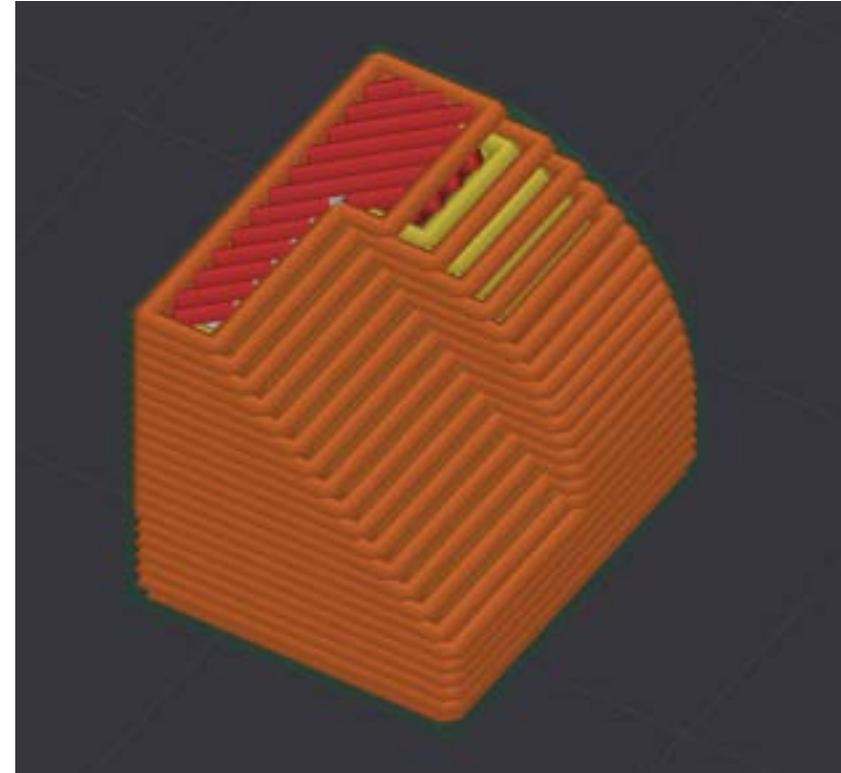
- Umrandung verwenden → muss manuell entfernt werden



6. Optische Bauteilqualität verbessern

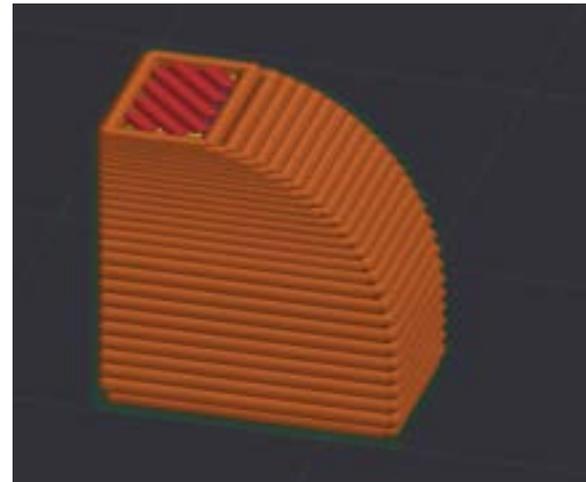
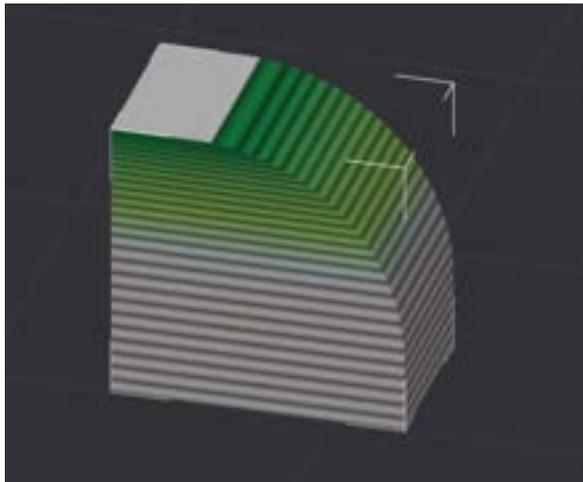
6. Optische Bauteilqualität

- Herausforderung: Sichtbare einzelne Schichten in Z-Richtung
- Lösung 1: Horizontale Rundungen vermeiden → besser Fasen (Treppenstufeneffekt ist gleichmäßiger)



6. Optische Bauteilqualität

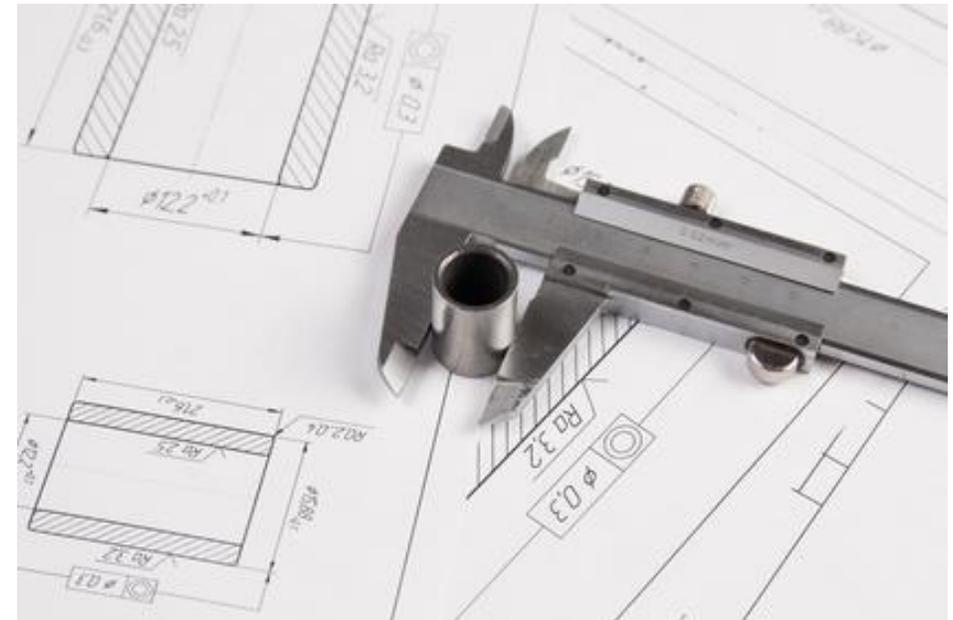
- Lösung 2: Adaptive Schichthöhen verwenden
- Bei horizontalen Rundungen / Bohrungen / Schrägen niedrigere Schichthöhe als beim restlichen Bauteil



7. Maßhaltigkeit verbessern

7. Maßhaltigkeit: Herausforderungen

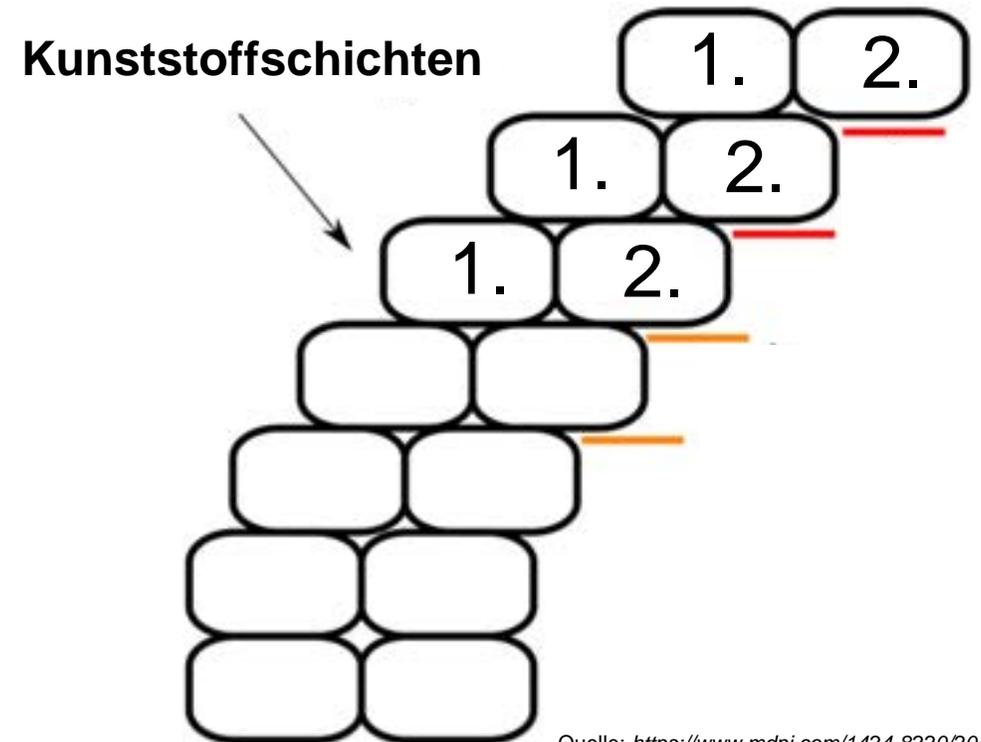
- 3D-Druck ist keine völlig genaue Fertigungstechnologie
- Sobald das Filament die Düse verlässt, können nur Annahmen getroffen bzw. vorhergesagt werden, an welche Stelle es fließt und erstarrt → Abweichungen in Realität



Quelle: https://www.kurbelix.de/media/image/Fotolia_114170930_XS.jpg

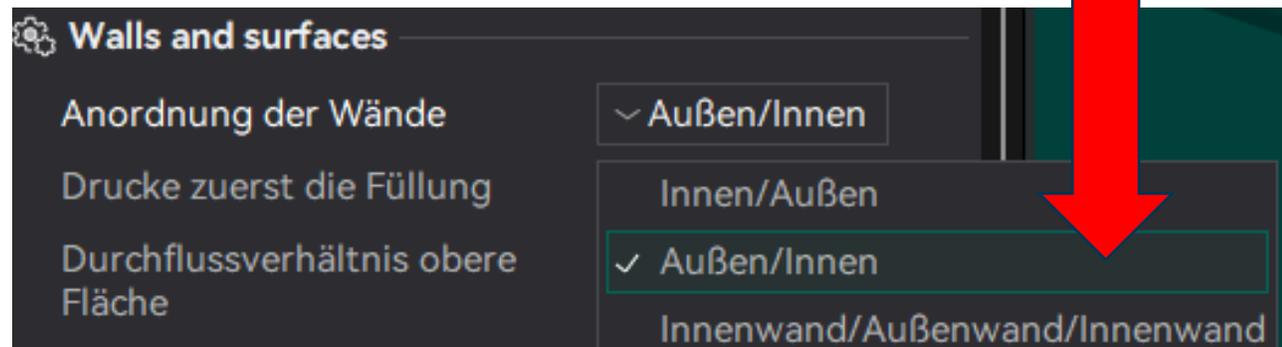
7. Maßhaltigkeit: Herausforderungen

- Nebeneinanderliegende Filamentbahnen verschmelzen teilweise miteinander und verschieben sich durch Adhäsion oder Materialüberschuss
- standardmäßig werden innenliegende Randschichten vor den Äußeren gedruckt (da mehr Anhaftungsmöglichkeiten für Überhänge) → Aber: nachteilig für Maßhaltigkeit der äußeren Kontur



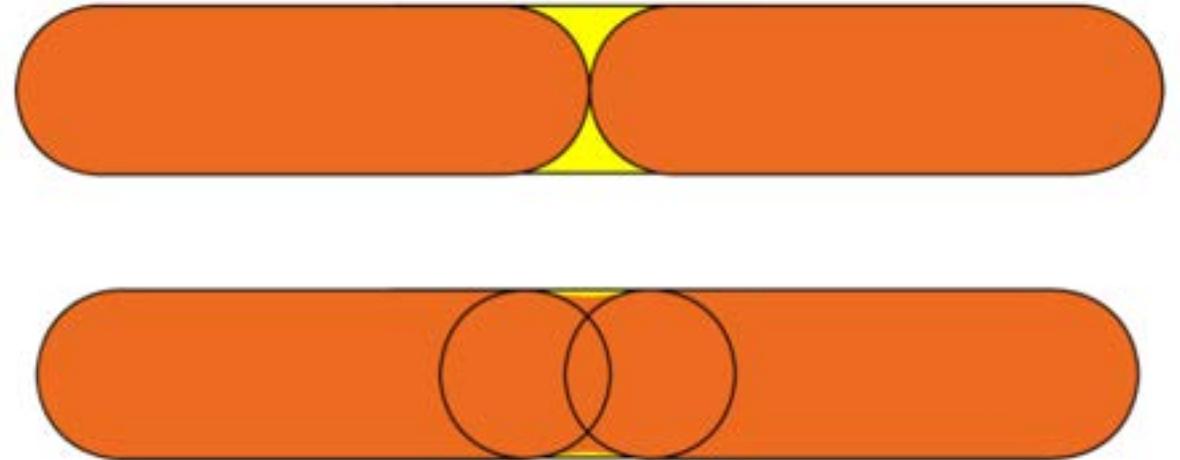
7. Maßhaltigkeit: Lösungen

- Bei wichtigen Außenmaßen → Druckreihenfolge der Schichten im Slicer verändern: erst Außen, dann Innen (leider nur für gesamtes Bauteil möglich)
- Bei Bauteil, welches gleichzeitig steile Überhänge hat: Probedruck ausmessen und in der CAD-Datei manuell kompensieren



7. Maßhaltigkeit: Lösungen

- Dünne Wände → Wandstärke möglichst an Druckparameter anpassen
- Formel: Wandstärke = Anzahl Perimeter * Extrusionsbreite – Schichthöhe * $(1 - \pi / 4)$ * (Anzahl Perimeter - 1)



Quelle: https://help.prusa3d.com/de/article/schichten-und-konturen_1748

7. Maßhaltigkeit: Lösungen

- Verzug des Materials mit einberechnen
 1. Testdruck eines größtmöglichen Bauteils und messen in X- und Y-Richtung
 2. Berechnung der Schrumpfung
 3. Eintrag in Materialparametern

Grundlegende Informationen	
Typ	PLA
Hersteller	Generic
Lösliches Material	<input type="checkbox"/>
Stützmaterial	<input type="checkbox"/>
Standardfarbe	
Durchmesser	1,75 mm
Flussverhältnis	0,96
Pressure advance aktivieren	<input checked="" type="checkbox"/>
Pressure advance	0,02
Dichte	1,24 g/cm ³
Schrumpfung	98 %
Preis	13 €/kg
Erweichungstemperatur	45
Empfohlene Düsentemperatur	Min 190 °C

7. Maßhaltigkeit: Lösungen

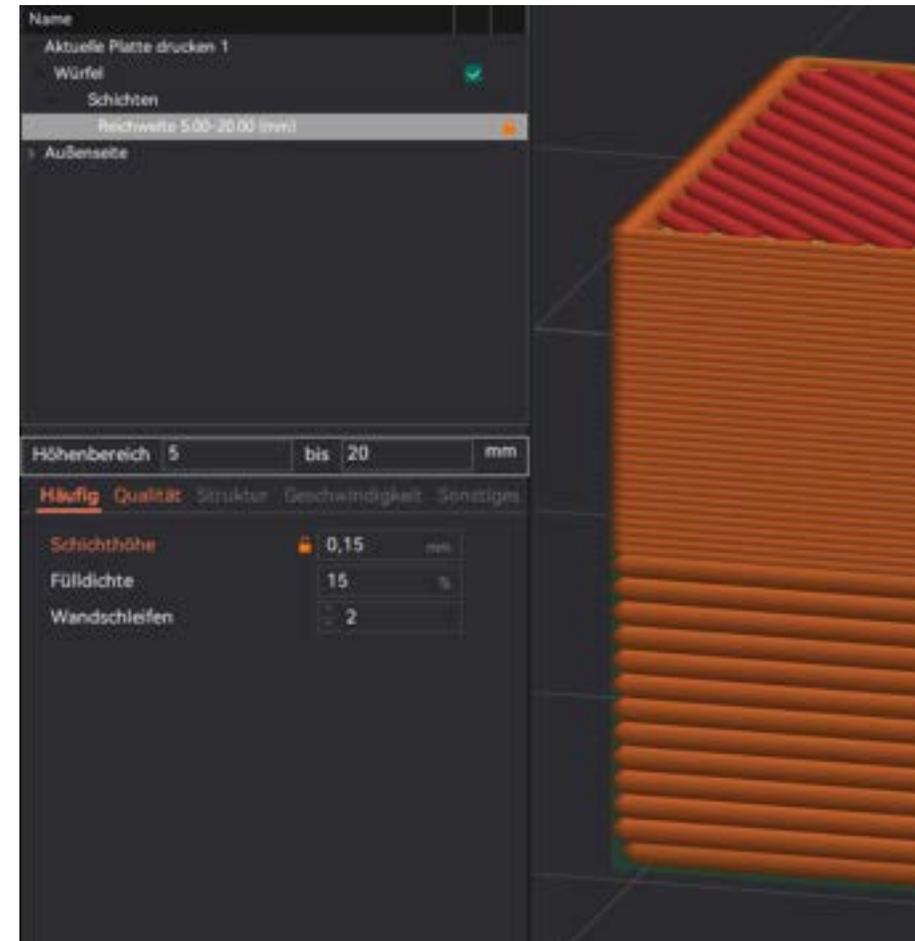
- Passbohrungen kleiner drücken und aufbohren / aufreiben
- Passflächen breiter drücken und nachfräsen / abschleifen



Quelle: <https://www.fictiv.com/wp-content/uploads/2023/10/Reamer-Tools-jpg.webp>

7. Maßhaltigkeit: Lösungen

- In Z-Richtung sind Lagetoleranzen an Schichthöhen gekoppelt
- Bei vertikalem Maß 1mm und Schichthöhe 0,4mm → Slicer rundet auf 1,2mm, wenn keine manuellen Einstellungen getroffen werden
- Lösung: Schichthöhen manuell anpassen, z.B. 0,4+0,4+0,2mm oder Schichthöhe schon bei Konstruktion einplanen



7. Maßhaltigkeit: Lösungen

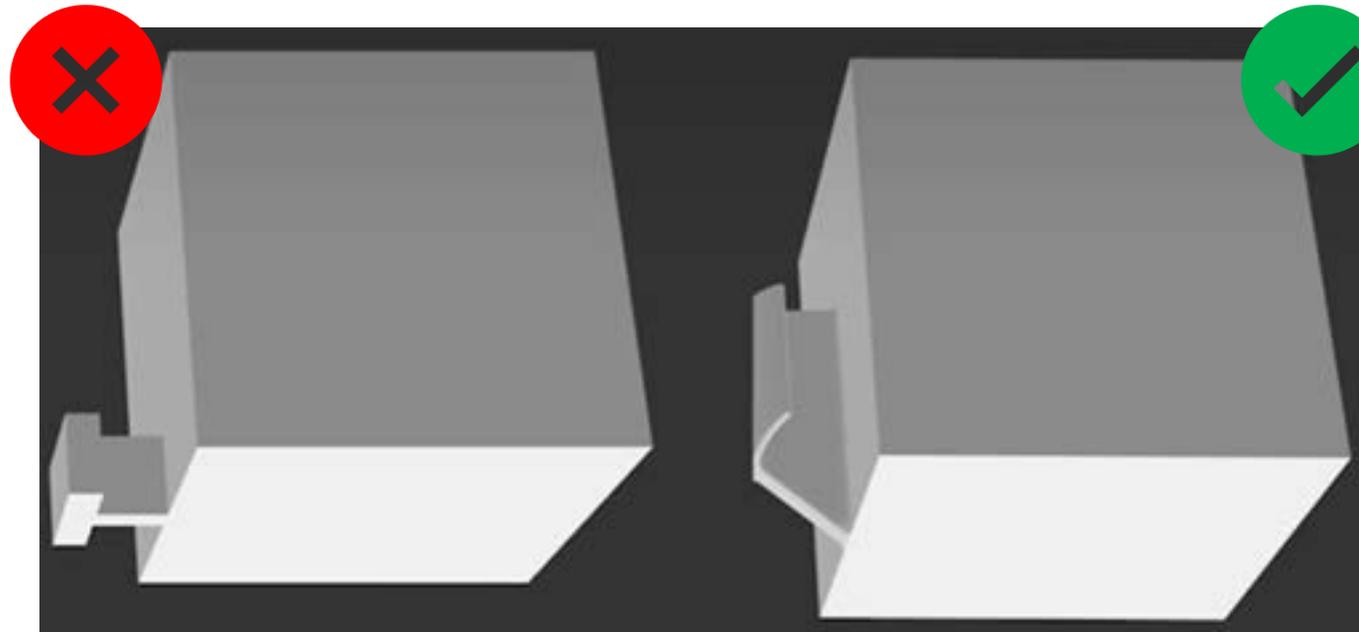
- Formschlüssige Fügeverbindungen sind oft nur nach mehreren Probedrucken und CAD-Anpassungen möglich
- Ggf. mit zusätzlicher Nacharbeit (Schleifen) verbunden

Lösung:

- Flexible „Snap-In“ Verbindungen
- Kraftschlüssige Verbindungen (z.B. Schraubverbindungen)

7. Maßhaltigkeit: Lösungen

- Besser Flexible Verbinder statt T-Nut-Verbindungen oder Schwalbenschwanz



Quelle:
<https://www.youtube.com/watch?v=RTQjvYENR7w>

7. Maßhaltigkeit: Lösungen

- Flexibel biegsame Elemente niemals in z-Richtung drucken, dann lieber mit Stützstruktur

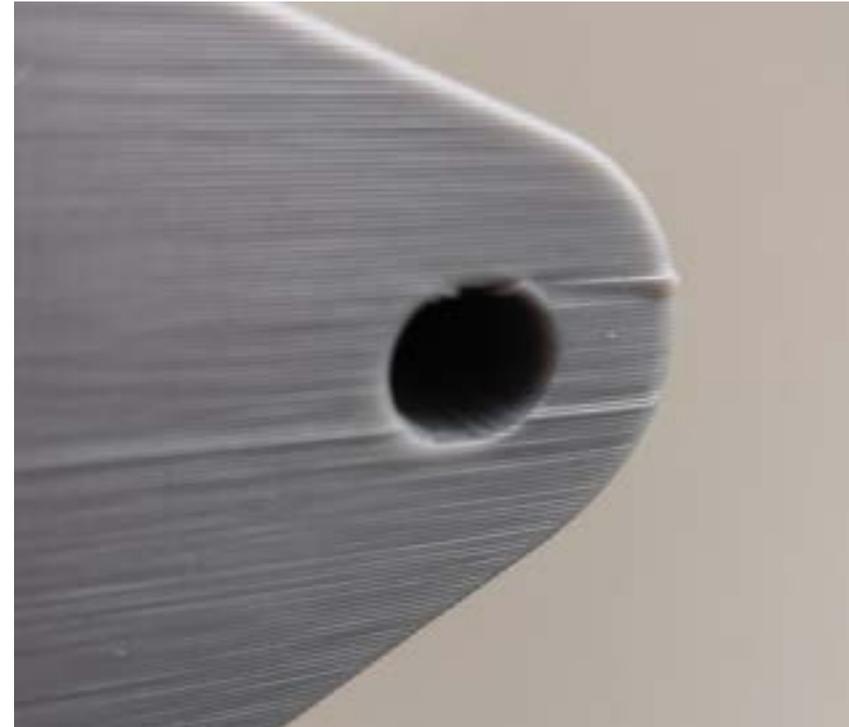


Quelle:
<https://www.youtube.com/watch?v=RTQjvYENR7w>

7. Maßhaltigkeit: Anwendungsfall horizontale Bohrung

- Rund konstruierte Bohrungen werden 3D-gedruckt oft eher flach gepresste Ovale

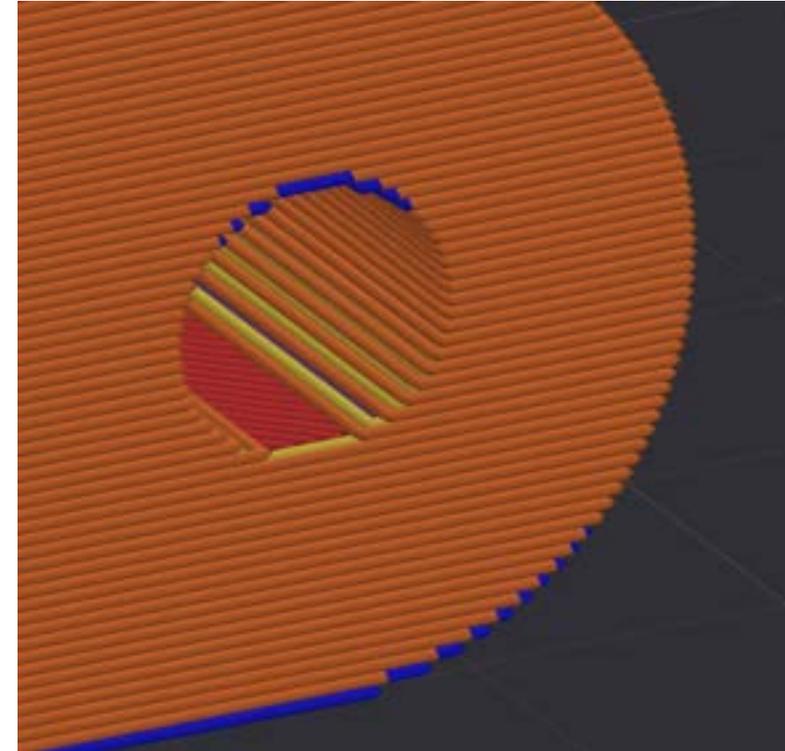
 **Warum passiert das?**



7. Maßhaltigkeit: Anwendungsfall horizontale Bohrung

Ursachen:

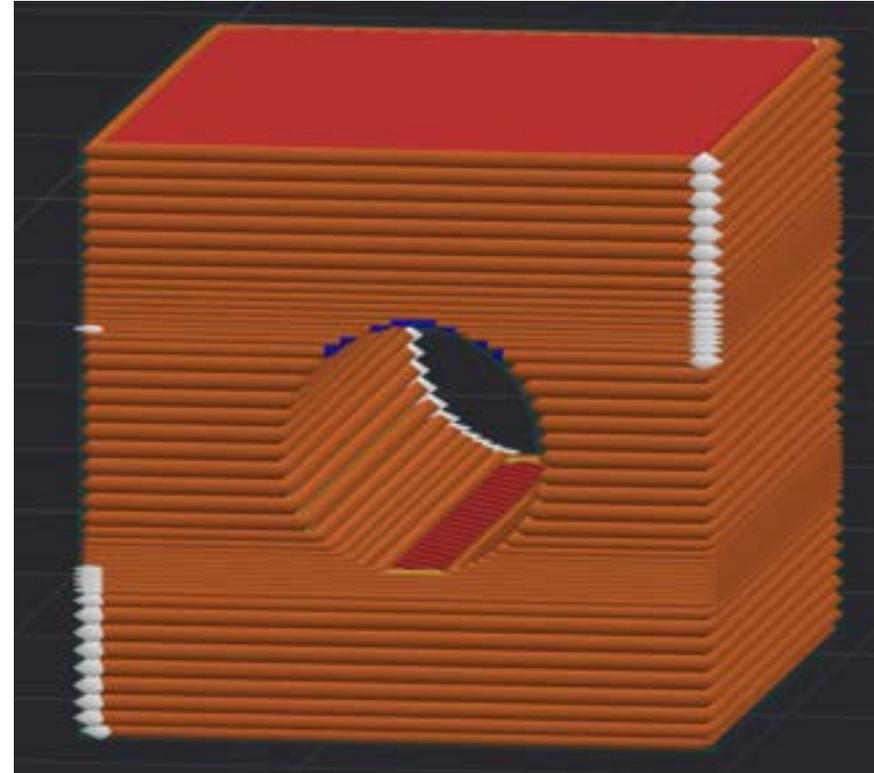
- Slicer-Rundung bzgl. Schichthöhen
- Materialschrumpfung in X-Y-Ebene beim Abkühlen
- Durchhängen des Materials bei Überhängen und Brücken im oberen Teil der Bohrung



7. Maßhaltigkeit: Anwendungsfall horizontale Bohrung

Lösung 1:

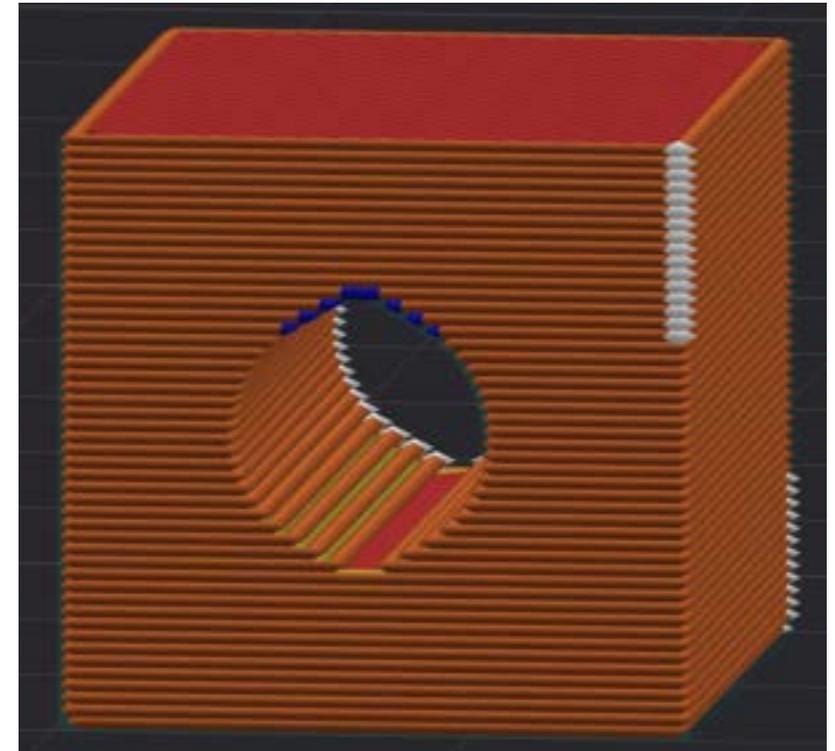
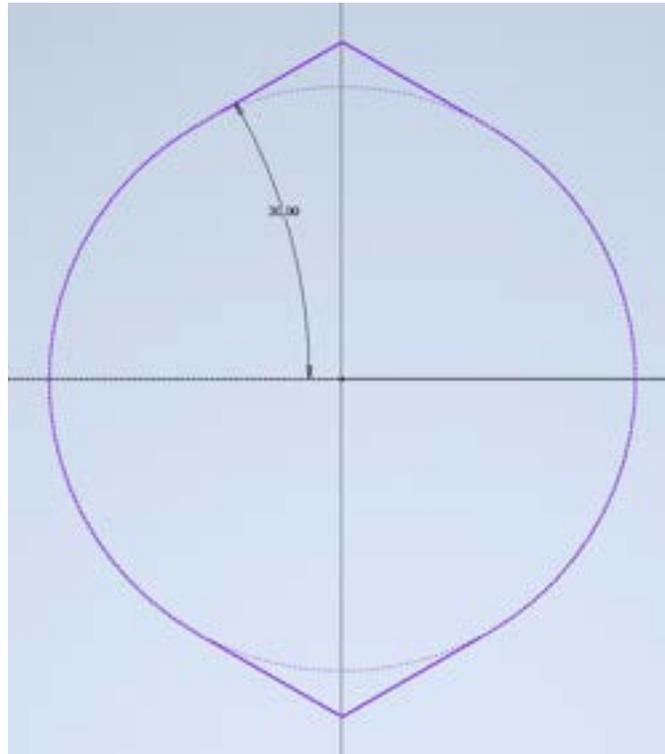
- Geringere Schichthöhe im oberen und unteren Bereich der Bohrung



7. Maßhaltigkeit: Anwendungsfall horizontale Bohrung

Lösung 2:

- Schräge Aussparung der Bohrung am oberen und unteren Ende im CAD



Anwendungsaufgabe: Winkelverbinder

Konstruiert als Biegeteil:



Quelle:
https://cdn.manomano.com/images/images_products/7232606/P/20337471_1.jpg

Konstruiert als Spritzgussteil:

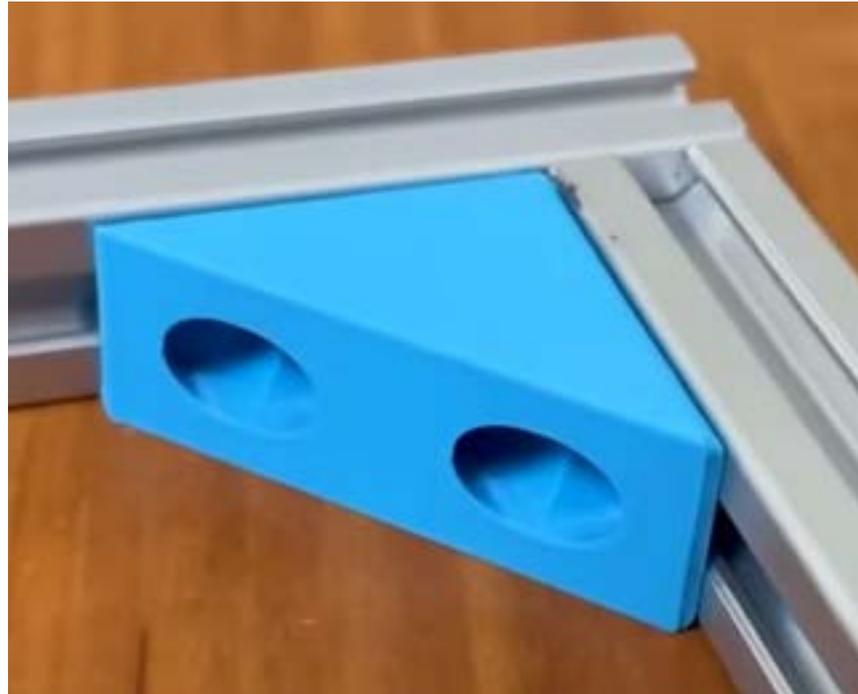


Quelle: <https://de.misumi-ec.com/vona2/detail/221006484434/?Tab=codeList#>

Konstruiert als 3D-Druck-Teil:



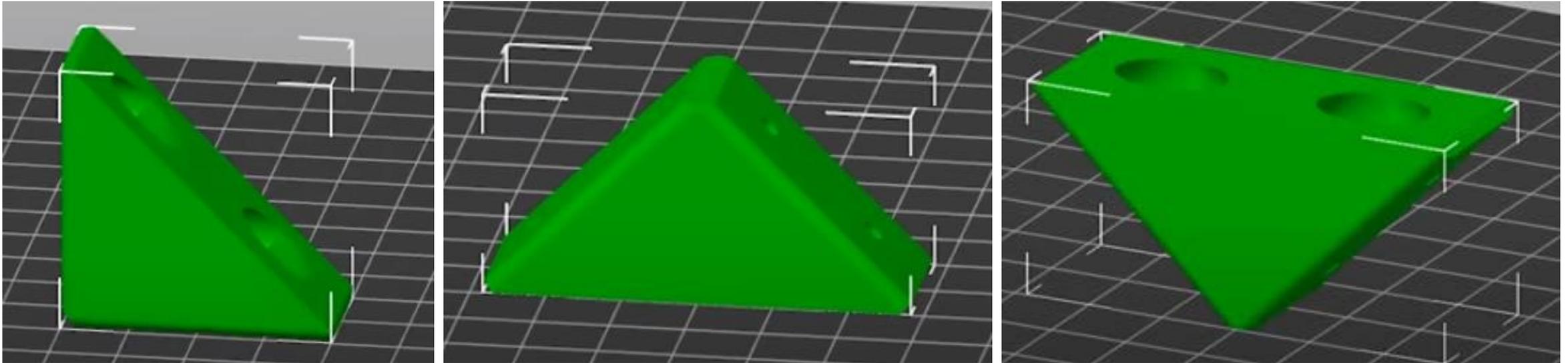
Anwendungsaufgabe: Winkelverbinder Lösung



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=NLeTvSaPJIs&t=326s>

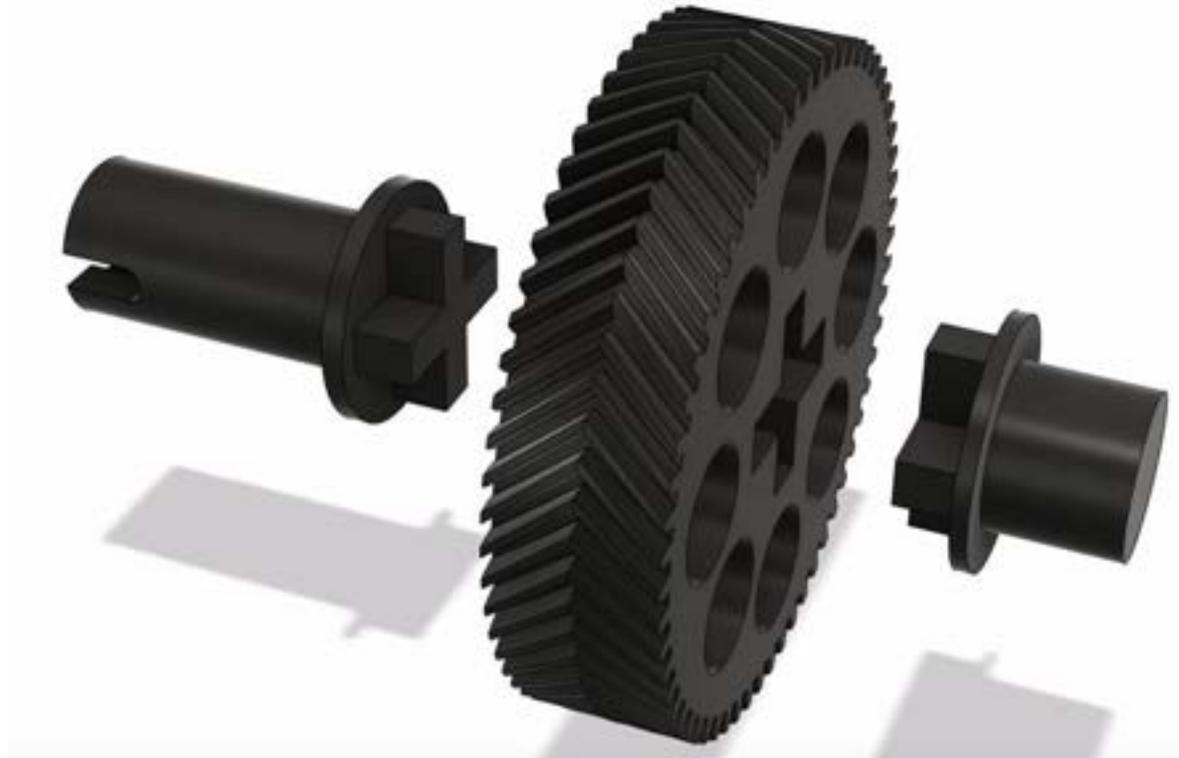
Druckorientierung?

Anwendungsaufgabe: Winkelverbinder Lösung



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=NLeTvSaPJI&t=326s>

Anwendungsaufgabe: Zahnrad mit Welle



VIELEN DANK

für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

3D-Druck gemeinsam verwirklichen



Martin Uhlmann
Projektmanager



0371 531-36865



martin.uhlmann@digitalzentrum-chemnitz.de

www.digitalzentrum-chemnitz.de