

# DigiUp 4.0

3D Druck Ergänzung

Einstieg in 3D Konstruktion

<b><u>Vorwort</u></b> .....	<b>1</b>
<i>Warum Fusion 360?</i> .....	<i>1</i>
<i>Download und Installation</i> .....	<i>2</i>
<i>Systemvoraussetzungen</i> .....	<i>3</i>
<i>Abkürzungen / Definitionen</i> .....	<i>4</i>
<i>Links</i> .....	<i>7</i>
<i>Gliederung des Skriptums</i> .....	<i>8</i>
<b><u>1 Grundlagen Konstruktion</u></b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 Die Oberfläche</b> .....	<b>10</b>
1.1.1 Werkzeugkasten .....	12
1.1.2 Der View Cube .....	13
1.1.3 Der Navigationsbereich .....	13
1.1.4 Die Zeitachse.....	15
1.1.5 Kommentare .....	16
1.1.6 Der Browserbereich .....	17
1.1.7 Der Bereich Hilfe, Voreinstellungen, Erweiterungen und Links .....	18
1.1.8 Die Schnellzugriffsleiste .....	20
1.1.8.1 Screenshots erstellen .....	20
1.1.8.2 Die On- und Offlinespeicherung.....	21
1.1.9 Die Gruppe Daten .....	22
1.1.10 Das Kontextmenü.....	23
1.1.11 Die Arbeitsbereiche .....	24
<b>1.2 Erste Skizze erstellen</b> .....	<b>26</b>
1.2.1 Arbeitsebenen.....	27
1.2.2 Die erste Skizze erstellen .....	28
1.2.3 Die Werkzeuge zum Skizzieren .....	29
1.2.3.1 Menü ERSTELLEN .....	29
1.2.3.2 Menü ÄNDERN .....	39
<b>1.3 Erstes Bauteil erstellen</b> .....	<b>44</b>
1.3.1 Volumenkörper erstellen .....	46
1.3.2 Extrusion .....	47
1.3.3 Drehen .....	48
1.3.4 Sweeping .....	49
1.3.5 Erhebung .....	50
1.3.6 Rippe.....	52
1.3.7 Steg .....	53
1.3.8 Bohrungen .....	54
1.3.9 Gewinde.....	56
1.3.10 Körper ändern / modifizieren .....	59
<b><u>2 Modelle erstellen</u></b> .....	<b>71</b>

2.1	<i>Stifte Halter</i> .....	72
2.2	<i>Türme von Hanoi</i> .....	80
2.3	<i>Tic Tac Toe</i> .....	88
2.4	<i>Geschenkebox erstellen</i> .....	95
2.5	<i>Designtipps</i> .....	102

### **3 Slicen der Modelle.....111**

3.1	<i>Wozu benötige ich ein Slicing Programm</i> .....	111
3.2	<i>Eine kleine Übersicht der unterschiedlichen Slicing Programme</i> .....	121
3.3	<i>Slicen anhand des PrusaSlicers</i> .....	128
3.3.1	Oberfläche .....	128
3.3.2	Welche Werkzeuge werden fürs Slicen benötigt.....	129

### **4 Ausdruck der Modelle .....134**

4.1	<i>3D Drucker Modelle im Vergleich</i> .....	135
4.2	<i>Die gängigsten Materialien</i> .....	137
4.2.1	PLA .....	137
4.2.2	ABS.....	139
4.2.3	PET / PETG .....	141
4.3	<i>3D Druck mit einem Prusa I3</i> .....	143

## Vorwort

### Warum Fusion 360?

Fusion 360 (siehe Abbildung 1) ist ein 3D Konstruktionsprogramm der Firma Autodesk.

„Fusion“ aus dem Englischen übersetzt bedeutet so viel wie Verschmelzung / Vereinigung. Das heißt Fusion beinhaltet nicht nur 3D Konstruktion und Modellierung, sondern auch andere Bereiche wie zum Beispiel Generatives Design, Simulation, Fertigung und Rendern.

Mit den CAD Funktionen (Computer Aided Design) können sie praktisch alles modellieren, mit den CAM Funktionen (Computer Aided Manufacturing) erlaubt ihnen Fusion die Erstellung eines NC-Codes für CNC-Plasma oder CNC-Schneidemaschinen.

Ebenso beinhaltet Fusion CAE Funktionen (Computer Aided Engineering) für Simulationen. Mit diesen kann man beispielsweise Modelle auf Statik, Thermik oder Spannungen überprüfen. Generatives Design bietet die Möglichkeiten zur Formoptimierung.



Abbildung 1

## Download und Installation

Damit Fusion 360 installiert werden kann, wird ein kostenloses Autodesk Konto benötigt. Dies kann unter <https://accounts.autodesk.com/register> erstellt werden.

Anschließend kann Fusion 360 auf <https://www.autodesk.de/products/fusion-360> heruntergeladen werden.

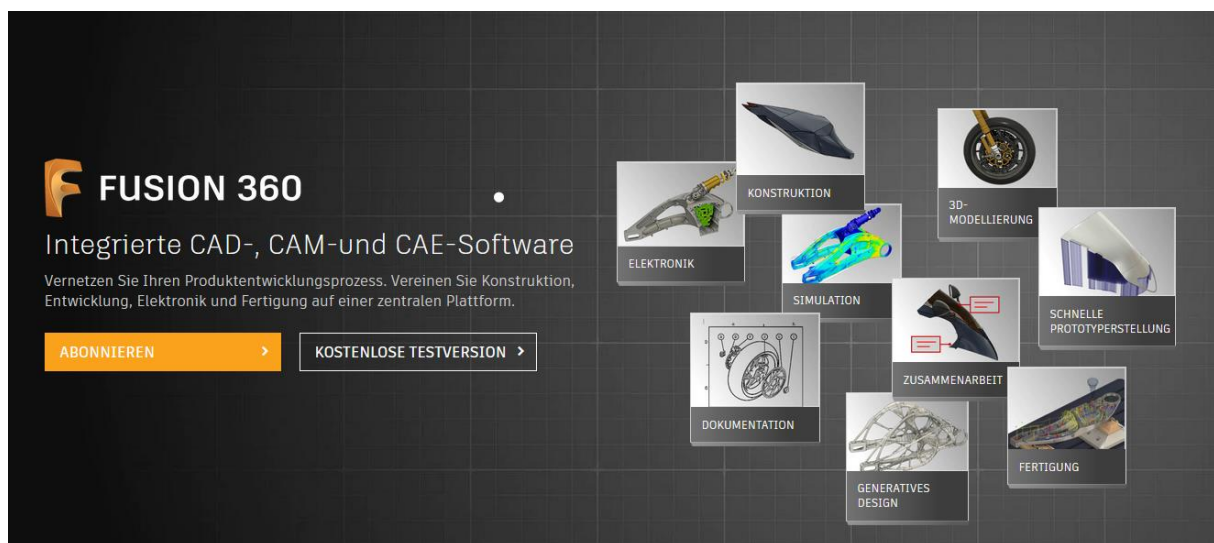


Abbildung 2 Unterschiedliche Abo Modelle

Es gibt dabei mehrere Möglichkeiten

- Für den persönlichen Gebrauch (kostenfrei)
  - Hobby Anwendungen
  - Persönliche Projekte
- Startups und Makerspaces (kostenfrei)
- Für Schüler und Studenten (kostenfrei)
- Als Abo Modell für Unternehmen (kostenpflichtig)

## Systemvoraussetzungen

Aktuell gelten folgenden Systemvoraussetzungen lt. [Autodesk Webseite](#)

<b>Systemanforderungen für Autodesk Fusion 360</b>	
<b>Betriebssystem</b>	Apple® MacOS™ Catalina 10.15; Mojave 10.14; High Sierra 10.13 Microsoft® Windows® 8.1 (64 Bit) Microsoft Windows 10 (64 Bit)
<b>CPU-Typ</b>	64-Bit-Prozessor (32 Bit wird nicht unterstützt), 4 Kerne, 1,7 GHz Intel Core i3, AMD Ryzen 3 oder höher
<b>Arbeitsspeicher</b>	4 GB RAM (6 GB oder mehr für integrierte Grafikkarte empfohlen)
<b>Grafikkarte</b>	Unterstützt für DX 11 oder höher Dedizierte GPU mit 1 GB oder mehr VRAM Integrierte Grafikkarte mit 6 GB oder mehr RAM
<b>Festplattenspeicherplatz</b>	3 GB Speicherplatz
<b>Bildschirmauflösung</b>	1366 x 768 (1920 x 1080 oder höher mit Maßstab 100 % empfohlen)
<b>Zeigegerät</b>	HID-kompatible Maus oder Trackpad, optionale Wacom®-Tablett- und 3Dconnexion-SpaceMouse®-Unterstützung
<b>Internet</b>	Download mit 2,5 Mbit/s oder schneller; Upload mit 500 Kbit/s oder schneller
<b>Abhängigkeiten</b>	.NET Framework 4.5, SSL 3.0, TLS 1.2+

<b>Empfohlene Spezifikationen für komplexe Modellierung und Verarbeitung</b>	
<b>CPU-Typ</b>	3 GHz oder mehr, mindestens 6 Kerne
<b>Arbeitsspeicher</b>	8 GB RAM oder höher
<b>Grafik</b>	Dedizierte GPU mit mindestens 4 GB VRAM und Unterstützung für DirectX 12

Eine zwei Tasten Maus mit Scrollrad reicht Fusion grundsätzlich aus, damit ein problemloser Umgang mit der Software gewährleistet ist.

## Abkürzungen / Definitionen

Begriff	Beschreibung und Erklärung
<b>AMF/3MF-Datei</b>	Dateiformat, das von der Slicer-Software verwendet wird, um die gesamte Szene zu speichern (Modelle, Platzierungs- und Druckeinstellungen).
<b>Bett, Heizbett</b>	Druckfläche, in der Regel mit einer Heizeinheit zur Verbesserung der Haftung.
<b>Düse</b>	Ein Teil eines 3D-Druckers, der zum Extrudieren von geschmolzenem Kunststoff verwendet wird. Ihr Durchmesser beeinflusst die Qualität und die Geschwindigkeit des Drucks.
<b>Einzug</b>	Eine Anweisung, die bewirkt, dass das Filament während der Bewegung des Extruders wieder in die Düse zurückgezogen wird. Auf diese Weise wird verhindert, dass der geschmolzene Filament Strang auf das Modell ausläuft. Falsche Retraktionen können sich oft als Fäden Bildung manifestieren
<b>Extruder</b>	Der gesamte Druckkopf. Es besteht in der Regel aus dem Hotend, dem Zuführmechanismus und einem Lüfter.
<b>FDM / FFF</b>	3D-Drucktechnologien – additiver Fertigungsprozess. Ein Kunststoffdraht (Filament) wird in einen Extruder geladen, erwärmt, geschmolzen und extrudiert. Der Drucker verfügt über mechanische Teile, die sich in drei Achsen bewegen, so dass er jedes 3D-Objekt drucken kann.
<b>Filament</b>	Druckmaterial, das in FDM/FFF 3D-Druckern verwendet wird.
<b>Firmware</b>	Software, die 3D-Drucker verwenden und steuert.
<b>G-Code</b>	Datei, die eine Liste von Befehlen für einen 3D-Drucker enthält.
<b>Heatbreak</b>	Ein Teil des Hotends in Form eines Rohres, das den Wärmeübergang zwischen dem Heizblock und dem Kühlkörper minimiert.
<b>Heizblock</b>	Der untere Teil des Hotends besteht aus wärmeleitenden Materialien. Es enthält eine Düse, ein Heizmodul und einen Thermistor.

<b>Heizpatrone</b>	Heizmodul, das den Heizblock zusammen mit der Düse erwärmt.
<b>Hotend</b>	Ein Teil des Extruders, der das Filament schmilzt.
<b>Infill</b>	Slicing-Einstellungen, die bestimmen, wie dicht die innere Struktur des gedruckten Objekts sein soll. 100% bedeutet ein festes Objekt. Die übliche Anzahl liegt zwischen 10 und 20 %. Dieser Parameter hat einen großen Einfluss auf die Druckzeit und die Menge des verwendeten Materials.
<b>Netz (mesh)</b>	Eine Art der Darstellung eines 3D-Modells. Ein Satz von Knoten, Kanten und Polygonen (Facetten) im dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem.
<b>OBJ-Datei</b>	Eines der 3D-Objekt-Dateien, das von Slicern unterstützt wird, ähnlich wie bei STL.
<b>Raft</b>	Eine Hilfskonstruktion, die unter der gesamten ersten Schicht des gedruckten Objekts vorhanden ist.
<b>Rand (Brim)</b>	Zusätzliches Material, das um die Basis des Objekts herum gedruckt wird, um die Haftung zu verbessern – besonders nützlich für kleine Objekte.
<b>RepRap</b>	RepRap ist das erste Open-Source-3D-Druckerprojekt. Es wurde 2005 an der University of Bath von Adrian Bowyer gegründet. Jetzt liegt das Projekt in den Händen der 3D-Druckergemeinde.
<b>Schicht (Layer)</b>	Eine Schicht des Objekts, die durch den Slicing-Prozess erzeugt wurde. Die empfohlene Schichthöhe sollte $0,75 \times$ Düsendurchmesser nicht überschreiten. Sie hat einen großen Einfluss auf die Druckgeschwindigkeit. Je niedriger die Schichthöhe verwendet wird, desto mehr Details befinden sich in der Z-Achse.
<b>Schürze</b>	Eine Linie um das gedruckte Objekt herum, meist mehrere Schichten hoch. Es erzeugt ein Mikroklima für das gedruckte Modell und verringert die Gefahr von Biegung, Verformung oder Rissbildung. Kann auch zum Kalibrieren der ersten Lagenhöhe verwendet werden.
<b>SLA / DLP</b>	3D-Drucktechnologien, die auf der Aushärtung von Flüssigharz mit UV-Licht basieren.



<b>Slicen</b>	Der Prozess der Umwandlung eines 3D-Modells in einen Maschinencode, der von 3D-Druckern gelesen werden kann. Der Prozess „schneidet“ das Modell in horizontale Schichten definierter Höhe und erstellt die Bewegungsanweisungen für den Extruder.
<b>Slicer</b>	Software zum Konvertieren (Slicen) eines 3D-Modells in einen von 3D-Druckern lesbaren Maschinencode (G-Code). Slicer sind kein Modellierungswerkzeug.
<b>SLS</b>	3D-Drucktechnologie basierend auf dem Sintern von Metallpulvern mit einem Laser.
<b>STL Datei</b>	Eines der unterstützten Dateiformate für Slicer.  Es definiert eine Reihe von Punkten (Knoten) im 3D-Raum, die zu Kanten und Polygonen verbunden sind. Es ist die häufigste Art von Datei in der 3D-Druckindustrie.
<b>Stützen</b>	Gerüstartige Strukturen zum Drucken komplexer Objekte mit großen Überhängen oder Teilen, die in der Luft beginnen. Die Stützen werden mit speziellen Einstellungen gedruckt, so dass es eher einfach ist, sie vom gedruckten Objekt abzutrennen. FFF/FDM Träger hinterlassen jedoch in der Regel Spuren auf der Oberfläche.
<b>Thermistor</b>	Thermosensor. Dient zum Überprüfen und Einstellen der Temperatur von Hotend und Heizbett.
<b>Überbrückung (Bridging)</b>	Der einzige Fall, in dem das Drucken in der Luft ohne Stützen möglich ist, funktioniert jedoch nur in einem bestimmten Szenario. Überbrückung kann eine gerade Linie zwischen zwei Punkten mit gleicher Höhe der Z-Achse erzeugen. Das bedeutet, dass die Brücke parallel zum Druckbett sein muss.
<b>Unterextrusion</b>	Ein 3D-Druckproblem, das auftritt, wenn nicht genügend Filament durch die Düse geschoben wird, manifestiert sich als fehlende Schichten/Teile des gedruckten Modells. Bei richtiger Temperatureinstellung ist die Ursache in der Regel eine verstopfte Düse.

## Links

<http://www.autodesk.de/products/fusion-360>

Hier findet man alle Infos über Fusion 360

<https://f360ap.autodesk.com/courses>

Schritt für Schritt Anleitungen für Fusion 360 in Englischer Sprache

<http://gallery.autodesk.com/fusion360>

Die offizielle Projektgalerie von Autodesk

<http://help.autodesk.com/view/fusion360/DEU/>

Autodesk Hilfeseite für Fusion 360

<https://www.autodesk.com/shortcuts/fusion-360>

Liste der Tastaturkürzel für Fusion 360

## Gliederung des Skriptums

Diese Unterlagen sind in fünf Teilbereiche eingeteilt.

Im ersten Teil wird die Oberfläche, Navigation, Erstellen einer Skizze bis hin zum Erstellen von Bauteilen erklärt.

Im zweiten Teilbereich wird anhand von Beispielen erklärt welche Funktionen, bei unterschiedlichen Arbeiten mit Fusion 360 benutzt werden können.

Der dritte Teil beschäftigt sich mit dem Slicen der Modelle.

Grundlagen des 3D Druckes wird im vierten Kapitel abgehandelt.

Und im letzten Teilbereich wird näher auf die 3D Druckermodelle und das 3D Drucken von Modellen und Bauteilen eingegangen.

## 1 Grundlagen Konstruktion

## 1.1 Die Oberfläche

Auf den nächsten Seiten wird auf die Oberfläche von Fusion 360 eingegangen.

Im Vorwort wurde bereits auf Download und Installation eingegangen.

Gestartet wird Fusion 360 über das am Desktop neu erstellte Symbol.

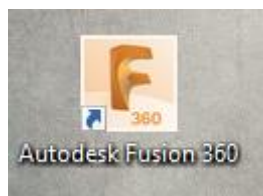


Abbildung 3 Desktopsymbol

Daraufhin erscheint ein Fenster, indem aufgefordert wird, E-Mail-Adresse und Passwort einzugeben, um sich anzumelden.

Falls kein Konto bei Autodesk vorhanden sein sollte, kann es mit einem Klick auf „Konto erstellen“, erstellt werden.

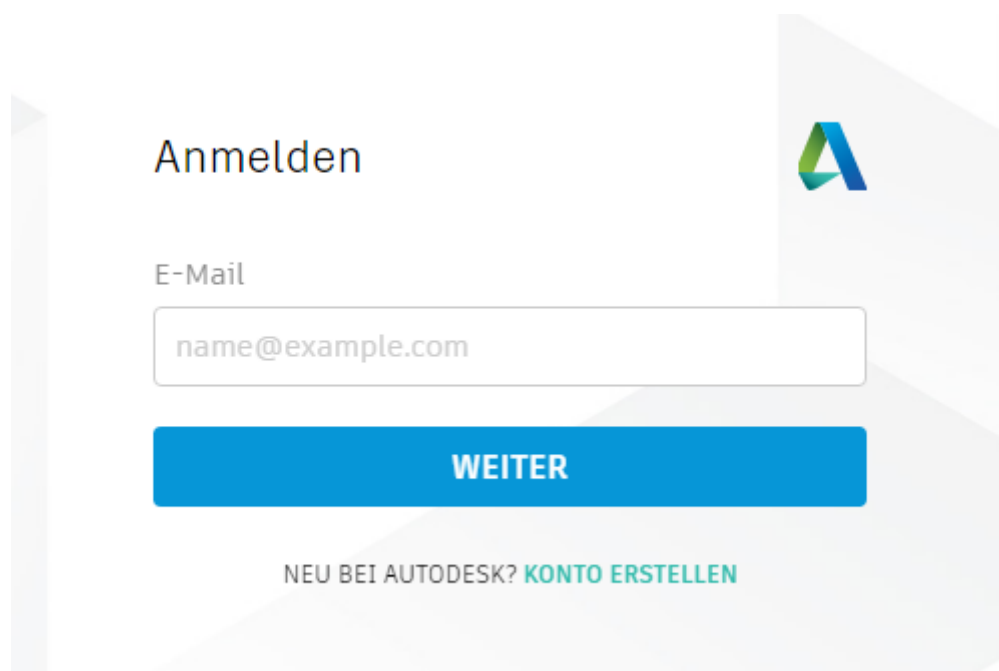


Abbildung 4 Anmeldebildschirm

Nach erfolgreicher Anmeldung erscheint die Oberfläche von Fusion 360.

Diese besteht aus

- 1 Gerasteter Arbeitsfläche
- 2 Werkzeugkasten
- 3 View Cube
- 4 Navigationsbereich
- 5 Zeitachse
- 6 Kommentare
- 7 Browserbereich
- 8 Hilfe, Voreinstellungen und Links
- 9 Schnellzugriffsleiste
- 10 Gruppe Daten
- 11 Kontextmenü
- 12 Arbeitsbereiche

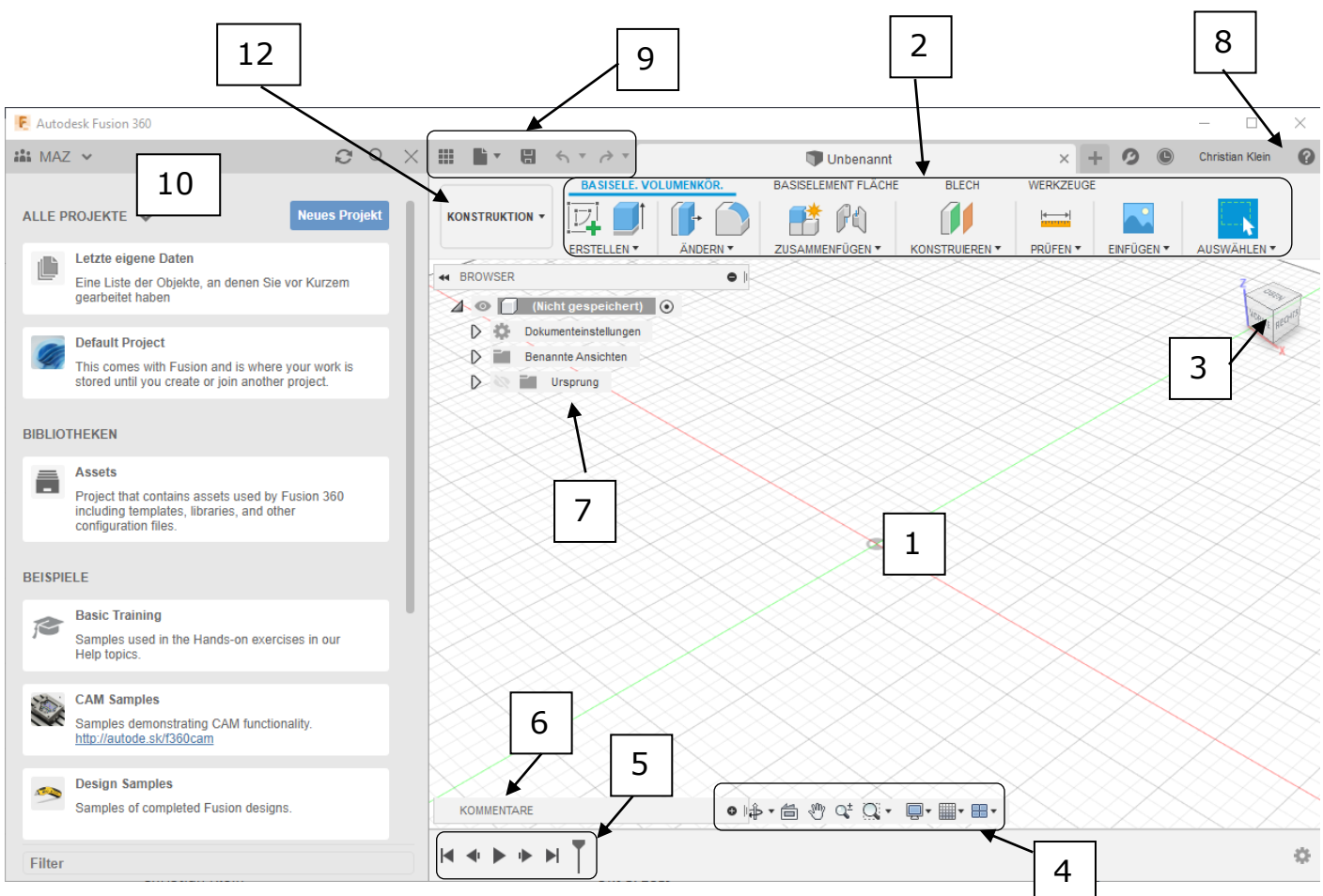


Abbildung 5 Benutzeroberfläche in Fusion 360

### 1.1.1 Werkzeugkasten

In dieser Symbolleiste befinden sich die Werkzeuge zum Modellieren.

Diese sind in Registerkarten unterteilt, welche zusammengehörige Werkzeuge beinhalten.

Mit klicken auf die Pfeile neben den einzelnen Registern, können die Untermenüs geöffnet werden.

Tastaturkürzel bieten die Möglichkeit, gewisse Werkzeuge schneller zu starten.

Mit betätigen der Taste S (Maus irgendwo im Arbeitsbereich) wird die Suchfunktion gestartet. Damit können Werkzeuge schneller aufgerufen werden.

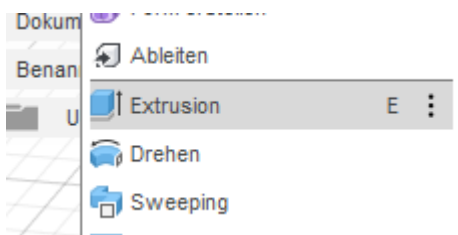


Abbildung 6 Untermenü ERSTELLEN mit Tastaturkürzel E für Extrusion ersichtlich

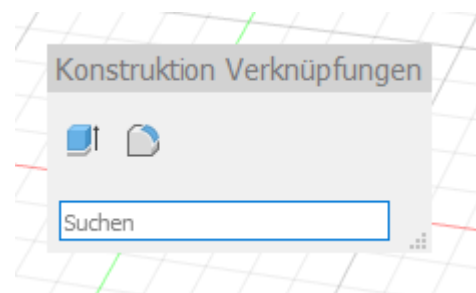


Abbildung 7 Werkzeugsuche

## 1.1.2 Der View Cube

Der View Cube in der rechten oberen Ecke des Arbeitsbereiches zeigt die Ausrichtung des Modelles auf der Arbeitsebene.

Das Haussymbol dient dazu, das Modell wieder in die Ausgangslage zu bringen.

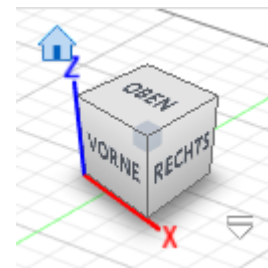


Abbildung 8 View Cube

Mittels Klicks (gedrückt halten) auf den Würfel kann das Modell gedreht werden.

Wenn auf die einzelnen Bereiche des Würfels geklickt wird, kann die Ansicht des Modelles geändert werden.

## 1.1.3 Der Navigationsbereich

Im Navigationsbereich befinden sich Werkzeuge für Drehen, Verschieben und Zoomen.

Zusätzlich findet man Anzeigeeinstellungen, Ansichtsfenster und Rastereinstellungen darin.

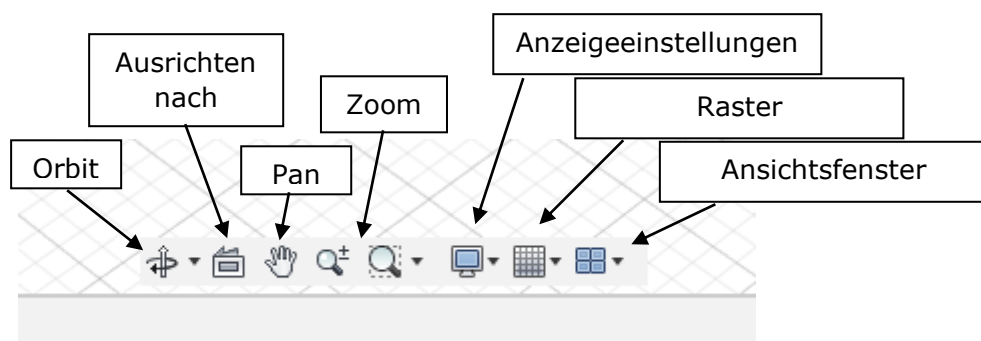


Abbildung 9 Die Navigationsleiste



- **Orbit** Mit dieser Funktion kann das Modell von allen Seiten betrachtet werden. Dabei gibt es die Wahl vom freien und abhängigen Orbit. Bei Letzteren kann das Modell nur um die xy Achse oder die Z Achse gedreht werden. Im freien Modus um alle Achsen gleichzeitig. Alternativ kann auch mit gedrückter Umschalt Taste und anschließendem drücken des Scrollrades der Maus, die Funktion aufgerufen werden.
- **Ausrichten nach** Fläche auswählen und danach diese Funktion betätigen. Damit wird Ansicht an dieser Fläche ausgerichtet.
- **Pan** Dadurch kann Modell am Bildschirm verschoben werden. Alternativ einfach das Scrollrad (klicken) der Maus betätigen.
- **Zoom** Hierbei gibt es zwei unterschiedliche Symbole. Beim linken Symbol kann nach betätigen der Arbeitsbereich näher heran oder weiter weg gezoomt werden. Alternativ einfach am Scrollrad der Maus drehen.  
Mit dem rechten Symbol (Zoom-Fenster) kann ein bestimmter Bereich vergrößert werden. Nach betätigen den Auswahlbereich im Arbeitsfenster angeben. Dieser wird dann maximiert. Alternativ Doppelklick mit Scrollrad.
- **Anzeigeeinstellungen** Hier können Einstellungen vorgenommen werden, damit das Erscheinungsbild des Arbeitsbereichs verändert wird.
- **Raster** Mit diesem Menü werden Raster und Objektfang Änderungen vorgenommen.
- **Ansichtsfenster** Mit diesem Punkt kann der Arbeitsbereich von einem auf mehrere Fenster umgeschaltet werden.



Abbildung 10 Rastereinstellungen  
Adaptiv/Fest

## 1.1.4 Die Zeitachse



Abbildung 11 Zeitachse

Die Zeitachse ist der Ablaufplan in der ein Bauteil / Körper erstellt worden ist. Mit Rechtsklick sind Änderungen der einzelnen Arbeitsschritte möglich.

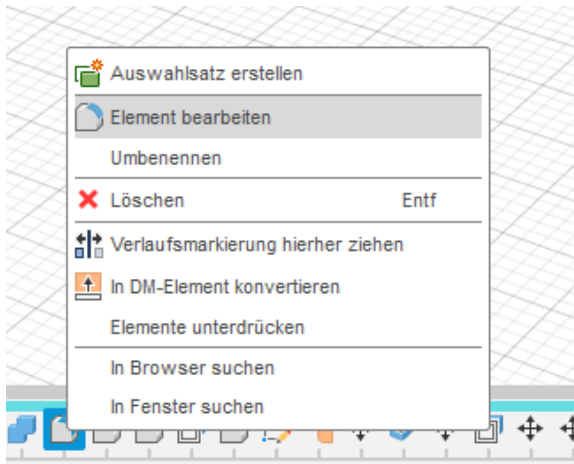


Abbildung 12 bearbeiten / ändern einer Aktion in der Zeitleiste

Zum Beispiel lässt sich damit nachträglich die Größe einer Bohrung ändern oder sie komplett löschen.

Bei größeren Projekten kann die Zeitachse schnell unübersichtlich werden. Dafür gibt es die Möglichkeit mehrere Aktionen zu gruppieren. Mittels gedrückter **Umschalt** Taste einfach das erste und das letzte zu gruppierende Symbol anklicken. Anschließend mit rechter Maustaste das Kontextmenü aufrufen und den Punkt *Gruppe erstellen* auswählen.

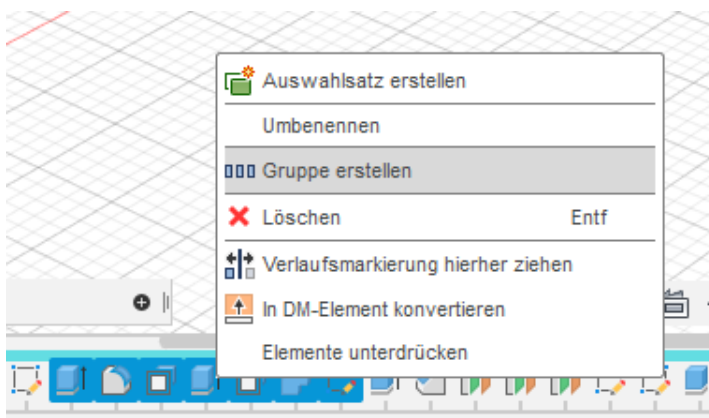


Abbildung 13 Gruppieren der einzelnen Aktionen in der Zeitleiste

## 1.1.5 Kommentare

Mit dem Feld Kommentare ist es möglich sich mit anderen Teammitgliedern auszutauschen.

Es können entweder Objektorientierte, mit Punkten versehene, bild- oder allgemeine Kommentare erstellt werden.



Abbildung 14 Kommentarfeld für bessere Teamarbeit

## 1.1.6 Der Browserbereich

Im Browserbereich befinden sich viele unterschiedliche Funktionen. Er ist sozusagen das Kommandozentrum einer jeden Konstruktion.

Hier befinden sich die Dokumenteneinstellungen, Ansichten, Analysen, Skizzen, Körper, Bauteile und vieles mehr.

In jedem Arbeitsbereich sieht der Browserbereich anders aus.

Jedes Fusion Projekt/Konstruktion besteht aus einer Standardkomponente. Das ist sozusagen die Grundkomponente/Wurzelkomponente. Wenn das Projekt das erste Mal gespeichert wird, ändert sich der Text von „Nicht gespeichert“ auf den gewählten Dateinamen.



Abbildung 15 Browseransicht bei neuem Projekt

### Baugruppe – Körper – Einzelteile ... Wozu diese Unterteilung?

Damit bei umfangreicheren Projekten die Übersicht nicht verloren geht, sollte man gewisse Regeln bei der Erstellung von Körpern einhalten.

In einer Baugruppe können sich mehrere Einzelteile befinden.

Und jedes Einzelteil ist wiederum in einzelne Körper unterteilt.

Es besteht auch die Möglichkeit Körper zu Komponenten, und Komponenten zu Baugruppen abzuändern.

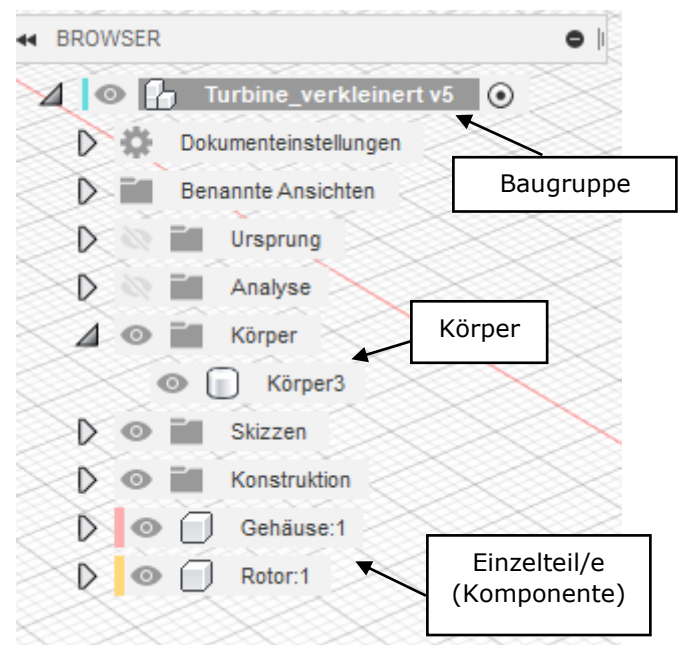


Abbildung 16 Browseransicht

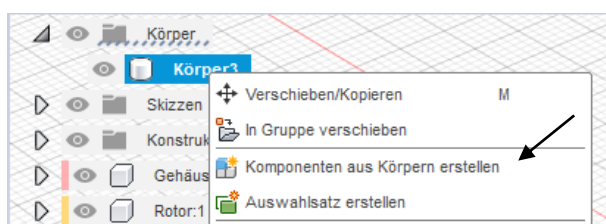


Abbildung 17 Umwandlung von Körper zu Komponente

## 1.1.7 Der Bereich Hilfe, Voreinstellungen, Erweiterungen und Links

Mit einem Klick auf Erweiterungen können, je nach Lizenzart, zusätzliche Funktionen mit Cloudpunkten gekauft werden.

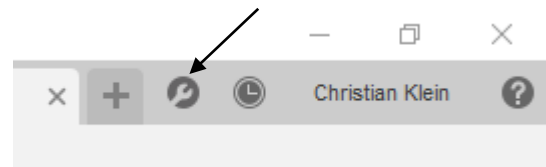


Abbildung 18 Erweiterungen

Im Bereich Jobstatus sieht man den Fortschritt bei Berechnungen, Rendern, usw. Hier ist es auch möglich den ON/OFFline Status zu ändern.

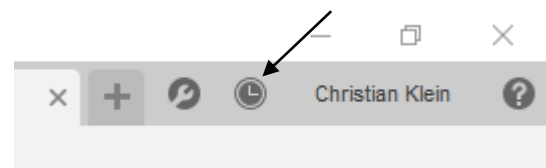


Abbildung 19 Jobstatus

Im Offlinemodus werden keine Synchronisationen mit der Cloud durchgeführt

Mit einem Klick auf den Account Namen öffnet sich das Dropdownmenü, welches zum Autodesk Account, Voreinstellungen und zum Profil führt.

Über „Mein Profil“ erhält man Zugriff auf den Cloudspeicher, welcher in einem Browser geöffnet wird. Wie auch in der Gruppe DATEN sieht man alle eigenen und geteilten Projekte.

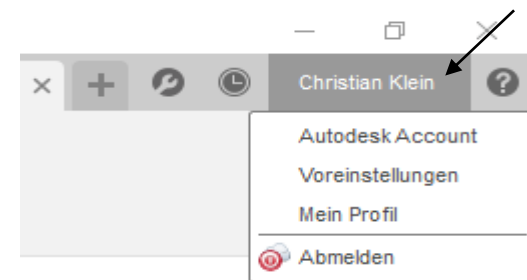


Abbildung 20 Voreinstellungen, Profil und Account

In den Voreinstellungen kann die Benutzeroberfläche angepasst werden.

Hier ist es unter anderem möglich die Vorgabeeinheiten in **mm** anzugeben.

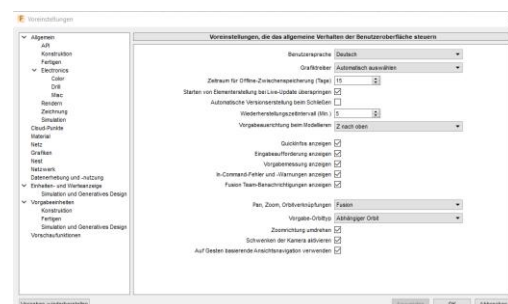


Abbildung 21 Voreinstellungen

Beim letzten Icon findet man die Hilfe, zusätzliche Ressourcen von Autodesk und die der Community.

Schulungen und Dokumentationen linken auf die Webseite von Autodesk.

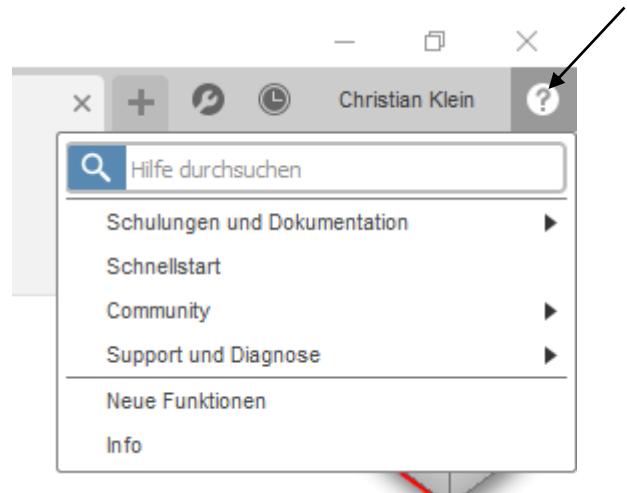


Abbildung 22 Zugriff auf Hilfe und Lernprogramme

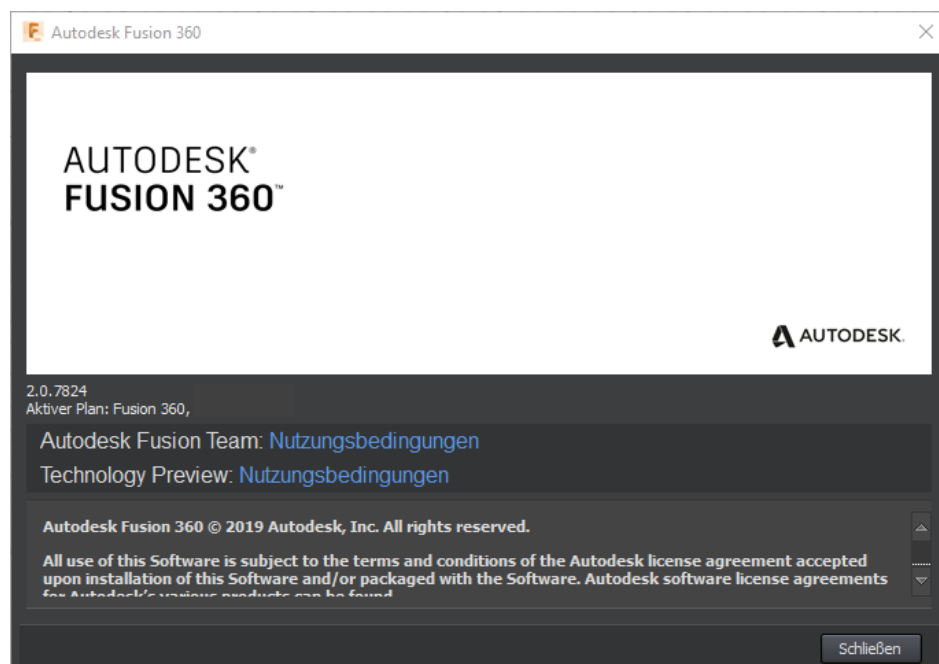


Abbildung 23 Versionsnummer

### 1.1.8 Die Schnellzugriffsleiste

Diese Leiste enthält die Symbole *Gruppe Daten, Datei, Speichern, Rückgängig und Wiederherstellen*.

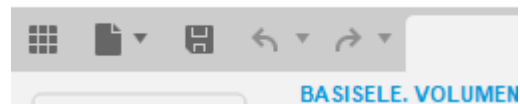


Abbildung 24 Schnellzugriffsleiste

*Gruppe Daten* wird im nächsten Kapitel ausführlich erklärt.

Durch einen Klick auf das *Datei*symbol kann eine Neue Konstruktion erstellt oder gespeichert werden.

Zusätzlich bietet dieses Dropdownmenü die Exportfunktion, 3D Druck oder Bild erfassen Funktion (erweiterter Screenshot)

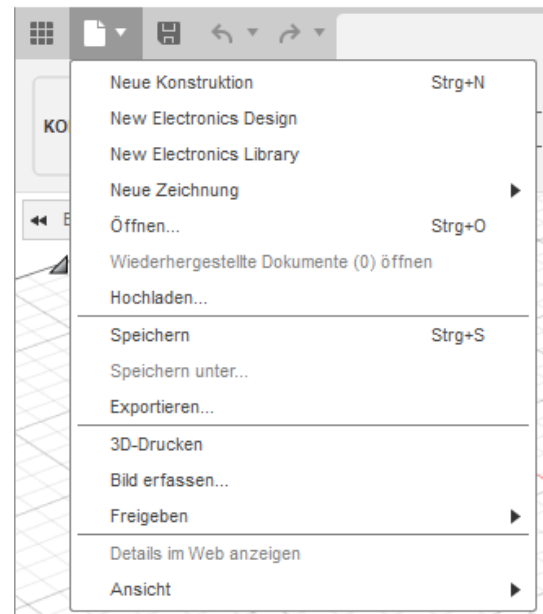


Abbildung 25 Dropdownmenü des Dateisymbles

#### 1.1.8.1 Screenshots erstellen

Mittels *Bild erfassen...* lässt sich von der *Aktuellen Ansicht (Aktives Ansichtsfenster)* ein Bild im *.png, .jpg oder .tif* Format speichern.

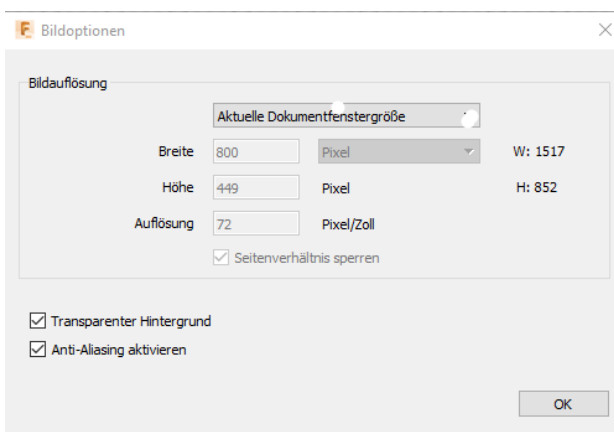


Abbildung 27 Auswahl der Größe

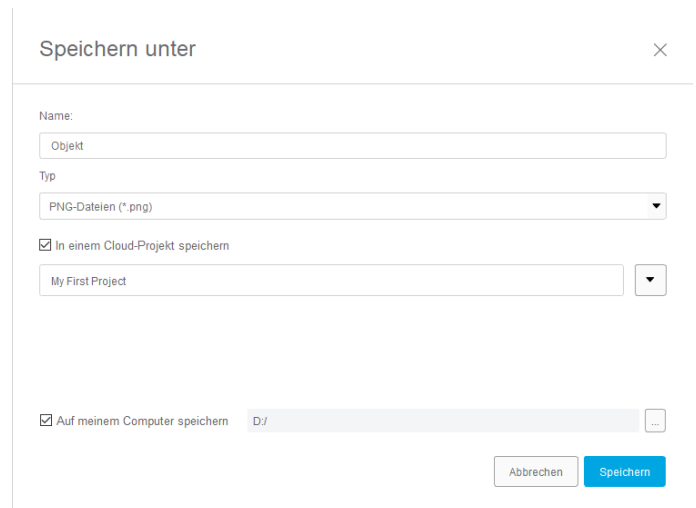


Abbildung 26 Auswahl Format und Cloud oder Lokal Speicherung

### 1.1.8.2 Die On- und Offlinespeicherung

Hierbei bieten Fusion 360 die Möglichkeit, Konstruktionen in der Cloud oder lokal zu speichern.

Mit der Speichern Funktion wird immer in der Cloud gespeichert.

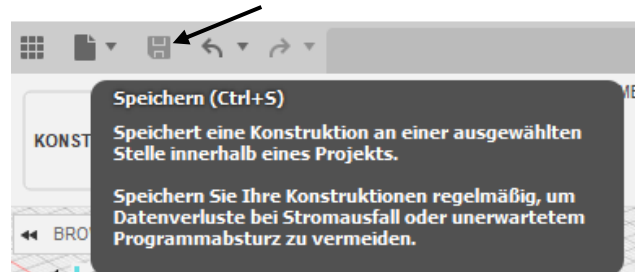


Abbildung 28 Speichern einer Konstruktion

Falls jedoch Dateien lokal gespeichert werden sollen, geschieht dies über die Export Funktion.

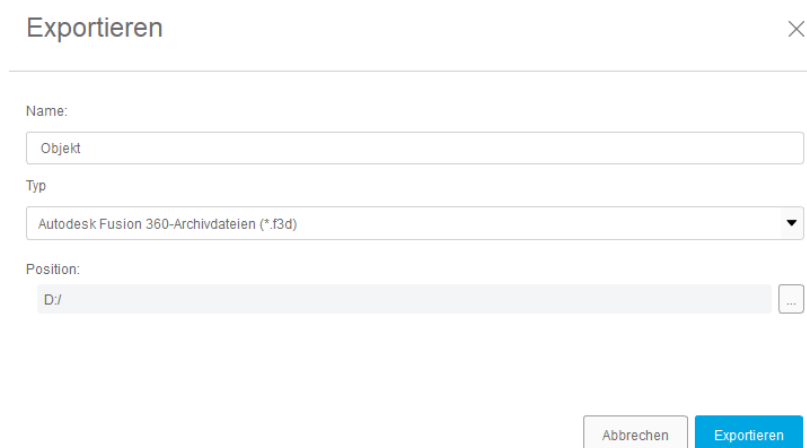


Abbildung 29 Exportieren einer Konstruktion

Fusion 360 bietet hier die Möglichkeit, die Bauteile im Programminternen Format oder aber auch in anderen Formaten zu exportieren.

- DWG-Dateien (\*.dwg)
- DXF-Dateien (\*.dxf)
- FBX-Dateien (\*.fbx)
- IGES-Dateien (\*.igs; \*.iges)
- OBJ-Dateien (\*.obj)
- SAT-Dateien (\*.sat)
- SketchUp-Dateien (\*.skp)
- SMT-Dateien (\*.smt)
- STEP-Dateien (\*.stp; \*.step)
- STL-Dateien (\*.stl)**

Abbildung 30 Unterschiedliche Formate für Export



## 1.1.9 Die Gruppe Daten

Diese kann, wie schon im vorigen Kapitel beschrieben, in der Schnellzugriffsleiste ein – und ausgeblendet werden.

Hier kann auf Bestehende Konstruktionen in der Cloud zugegriffen werden, Dateien importiert, Teammitglieder hinzugefügt oder Teams gewechselt/ geändert werden.

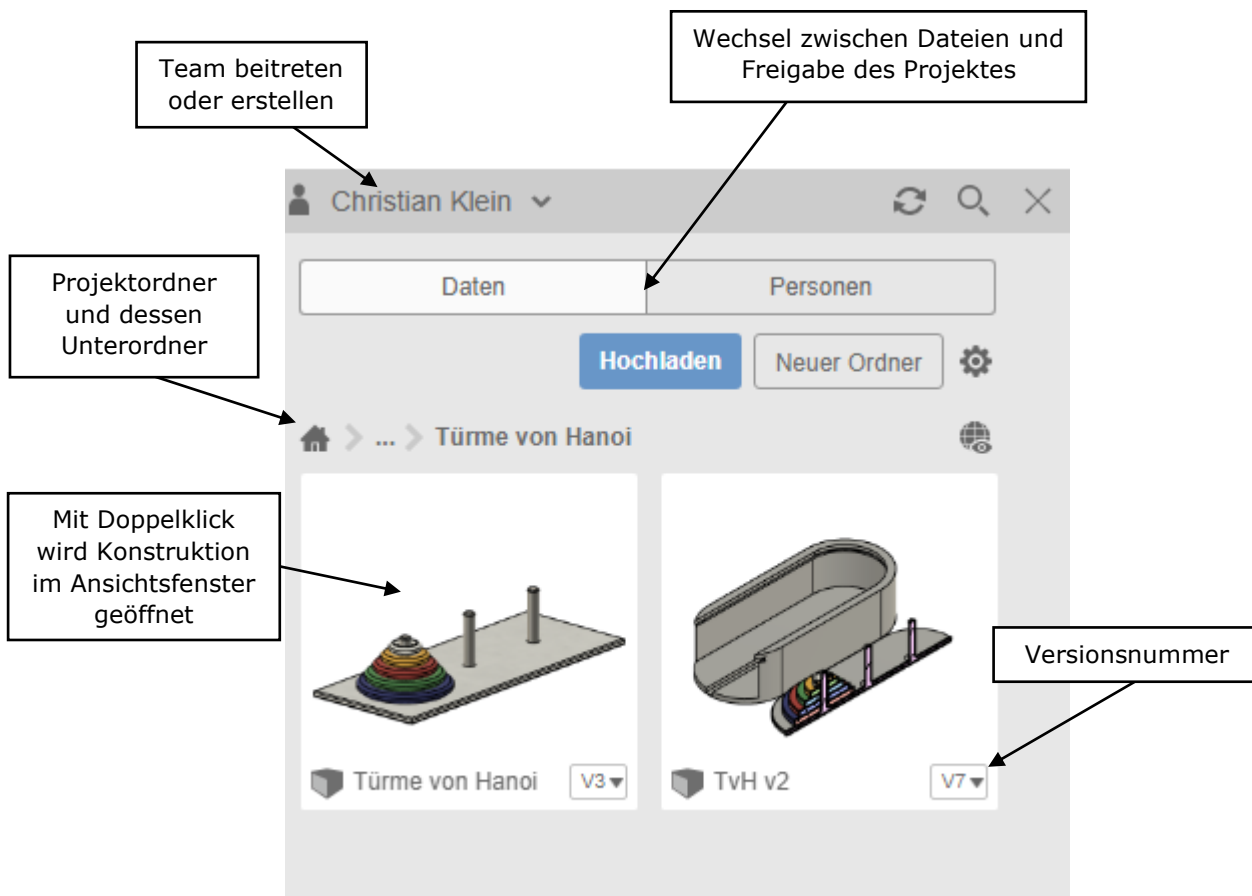


Abbildung 31 Gruppe Daten

## 1.1.10 Das Kontextmenü

Für schnelleren Zugriff auf einzelne Funktionen, bietet Fusion 360 das dafür angepasste Kontextmenü.

Je nachdem, ob auf Skizze, Raster, Browserbereich, Körper oder Fläche mit der rechten Maustaste geklickt wird, erscheint ein dafür angepasstes Funktionsmenü.

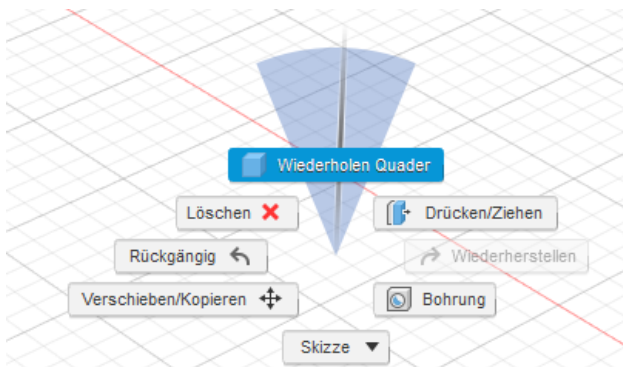


Abbildung 32 Wiederholen Funktion

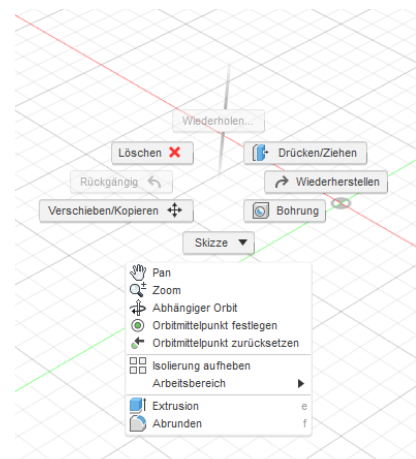
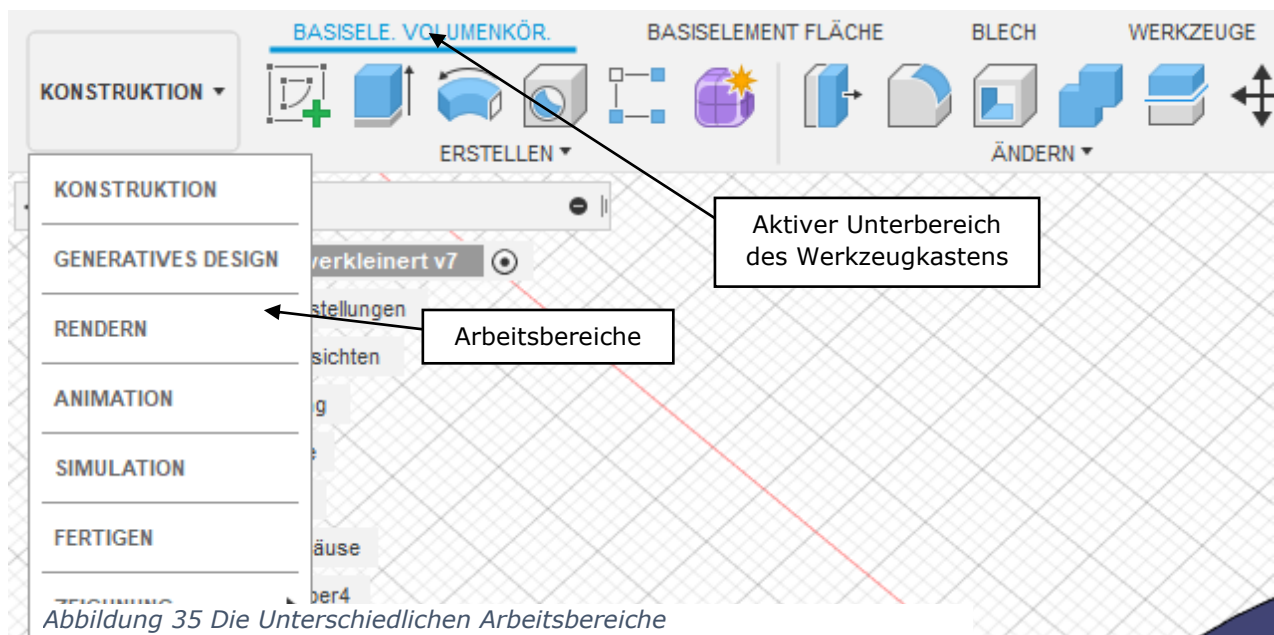


Abbildung 33 Kontextmenü im Arbeitsbereich

Um eine Aktion wiederholt anzuwenden, Maus mit gedrückter rechter Taste senkrecht nach oben bewegen.

## 1.1.11 Die Arbeitsbereiche

Mittels Klicks auf die standardmäßig mit Konstruktion beschriftete Schaltfläche, kann zwischen unterschiedlichen Arbeitsbereichen gewechselt werden. Bei gewissen Arbeitsbereichen ist der Werkzeugkasten zusätzlich noch in Unterbereiche gegliedert.



### Die Bereiche im Detail

- **Konstruktion**
  - *Basiselement Volumenkörper*  
Zum Erstellen und bearbeiten von Modellen mit Volumen / Körper
  - *Basiselement Fläche*  
Zum Erstellen und bearbeiten von Oberflächenmodellen
  - *Blech*  
zum Erstellen und bearbeiten von Blechabwicklungen
  - *Werkzeuge*  
zum Überprüfen der Bauteile / Körper oder Erstellen von 3D Drucken
- **Generatives Design**
  - Hierbei handelt es sich um einen Designentwicklungsprozess. Bauteile aus dem Bereich Konstruktion werden hierbei mit Parametern wie Leistung, Materialaufwand, Herstellungskosten und

-methoden versehen, um beispielsweise die Produktivität zu steigern und/oder die Kosten bei Fertigung zu senken.

- **Rendern**

- Versieht das Modell mit realistischen Texturen und Oberflächen. Das Rendern kann lokal oder Cloud basierend stattfinden. Letzteres ist zwar erheblich schneller, jedoch auch kostenpflichtig (Einsatz von Cloudpunkten). Rendern hat nichts mit 3D Druck zu tun. Es dient rein zur Ansicht von realistischen Bildern und Videos. Bei den Videos ist zu beachten das Modell wie auf einem Drehteller gedreht und gefilmt wird.

- **Animation**

- Im Arbeitsbereich Animation lassen sich die Konstruktionsmodelle mittels Drehbücher bewegen. Wichtig hierfür ist die Einteilung in Bauteile und Baugruppen. Körper als Teile eines Bauteiles lassen sich nicht einzeln transformieren.

- **Simulation**

- Statik, Last und Beanspruchungsberechnungen können in diesem Arbeitsbereich berechnet werden.

- **Fertigen**

- Im CAM Bereich von Fusion 360 lassen sich Pfade für CNC Maschinen herstellen. Diese können zuerst programmiert, danach simuliert und schlussendlich als fertig generierten Code ausgegeben werden. G-Codes für Fräs- und Drehteile sind genauso möglich wie auch die Generierung für 3D Drucker und Plasma CNC Maschinen.

- **Zeichnung**

- Dienst zum Erstellen von Technischen Zeichnungen in mehreren Ansichten. Zugleich können Bauteile oder ganze Baugruppen dargestellt werden. Die Zeichnungen lassen sich einfach als .dwg, .dxf oder als .pdf Datei exportieren.

## 1.2 Erste Skizze erstellen

In diesem Kapitel wird erklärt, wie man eine einfache Skizze erstellt und die unterschiedlichen Möglichkeiten dies zu bewerkstelligen.

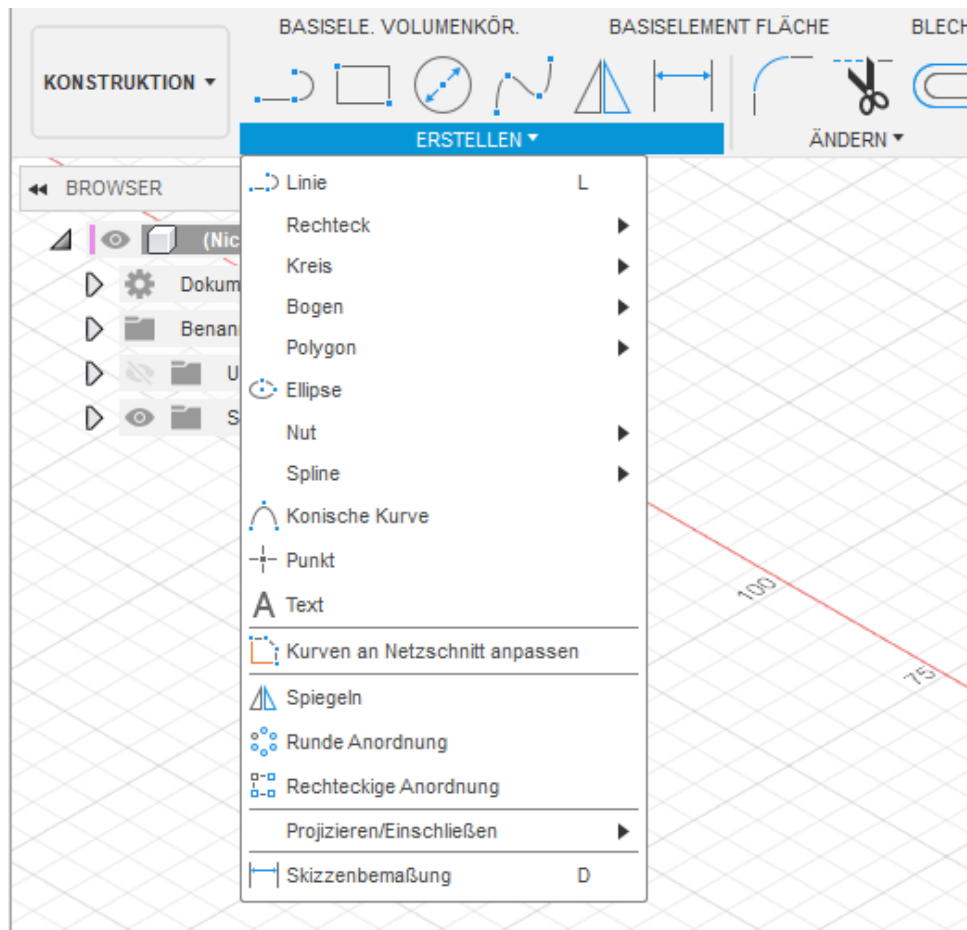


Abbildung 36 Dropdownmenü Erstellen im Skizzenmenü

## 1.2.1 Arbeitsebenen

Die Arbeitsebene ist eine gerasterte Oberfläche, auf welcher Skizzen erstellt werden können. Zuerst muss die Arbeitsebene, auf welche die Skizze erstellt wird, ausgewählt werden. Bei der Abbildung auf der rechten Seite sieht man die XYZ Achsen, welche auf den Ursprungspunkt zusammenführen und die drei *Standardebenen*. Der Ursprung (Punkt 0,0,0) ist mit einem kleinen Kreis in der Mitte gekennzeichnet.

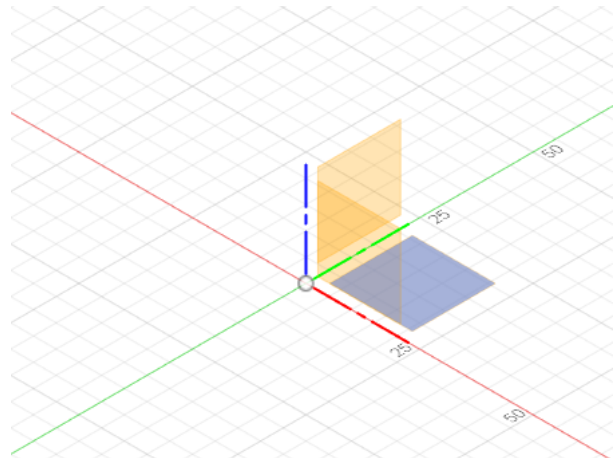


Abbildung 37 Auswahl Skizzenebene mit aktivierter XY Ausrichtung

Skizzen können nicht nur auf Standardebenen, sondern auch auf Versatzebenen, Flächen und Körpern erstellt werden.

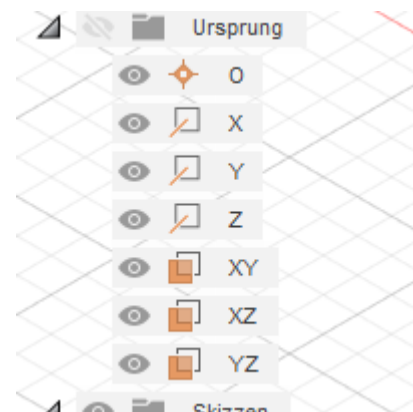


Abbildung 38 Ursprung, Achsen und Ebenen

## 1.2.2 Die erste Skizze erstellen

Mit Klick auf den Button Skizze erstellen, werden die Arbeitsfläche und die Menüs in den Skizzenmodus geändert.

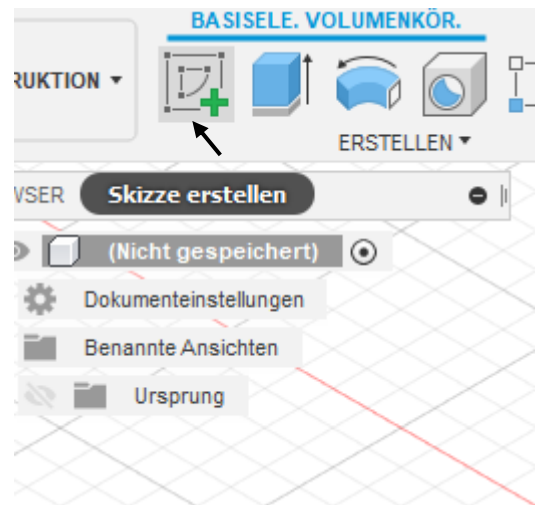


Abbildung 39 Skizze erstellen

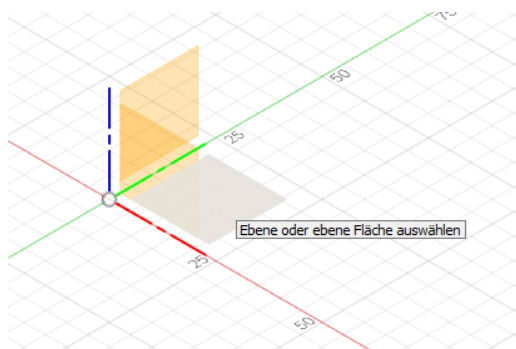


Abbildung 40 Arbeitsebene für Skizze auswählen

Danach eine Arbeitsebene wählen, um die Skizze auf dieser zu erstellen.

Bei erfolgter Arbeitsebenen Auswahl, erscheint im Werkzeugkasten ein neues Menü Band mit Werkzeugen für die Skizzenerstellung.



Abbildung 41 Menü Band Skizze

## 1.2.3 Die Werkzeuge zum Skizzieren

### 1.2.3.1 Menü ERSTELLEN

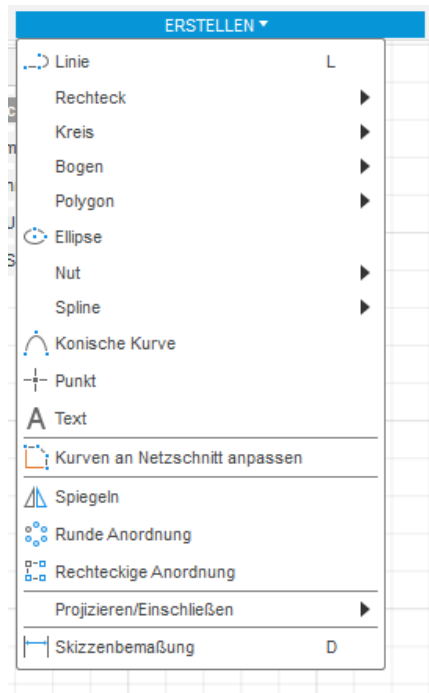


Abbildung 42 Erstellen Menü

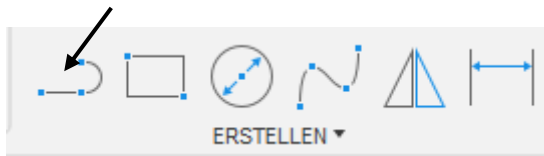
Bei Werkzeugen im **ERSTELLEN** Menü handelt es sich um vorgefertigte Formen, wie zum Beispiel *Rechteck*, *Kreis*, *Polygon*, *Ellipse* oder *Nut*.

Andere Werkzeuge ermöglichen eigene Formen zu konstruieren. Dies wären beispielsweise *Linie*, *Bogen* oder *Polylinie*.

Die wichtigsten ERSTELLEN Funktionen werden auf den nächsten Seiten ausführlich erklärt.



### 1.2.3.1.1 Linie



Mit Klick auf **Linie**, oder mit dem Tastaturkürzel **L**, wird die Funktion aufgerufen.

Abbildung 43 Erstellen einer Linie

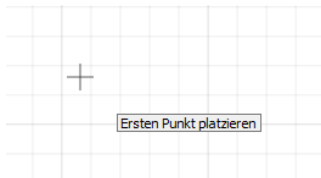


Abbildung 44 Klicken, um ersten Punkt festzulegen

Die Länge der Linie kann in diesem Schritt, oder im späteren Konstruktionsverlauf, eingegeben werden.

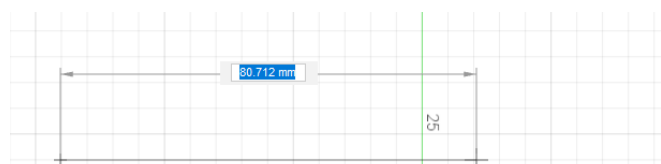


Abbildung 45 Nochmaliges klicken für weiteren Punkt

Mit der **TAB**ulator Taste kann zwischen Längen- und Winkeleingabe umgeschaltet werden.

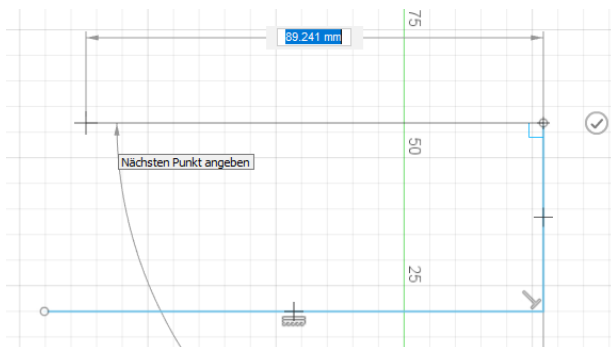


Abbildung 46 Restliche Punkte festlegen

Mit Klick auf das Häkchen Symbol wird die Linie erstellen Funktion abgeschlossen. Danach bleibt die Funktion jedoch aktiv und kann dann wiederverwendet werden, ohne im Werkzeug Menü Band die Funktion aufzurufen.

Nachdem am Ende der Startpunkt wieder angeklickt wird, ist die Skizze geschlossen und kann z.B. extrudiert werden.

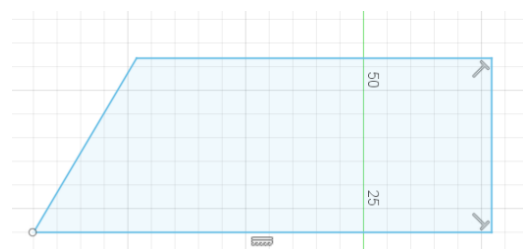


Abbildung 47 Eine geschlossene Skizze

### 1.2.3.1.2 Rechteck



Abbildung 48 Rechtecks Erstellung

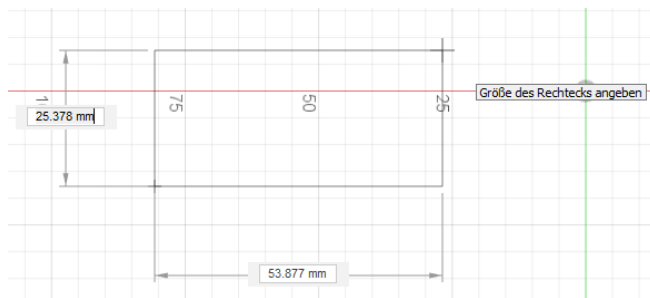


Abbildung 49 Rechteck mit 2 Punkten

Die Grundfunktion von Rechteck erstellen, erstellt ein Rechteck anhand von *zwei Punkten* mit den Diagonalen Ecken. (Tastaturkürzel **R**)

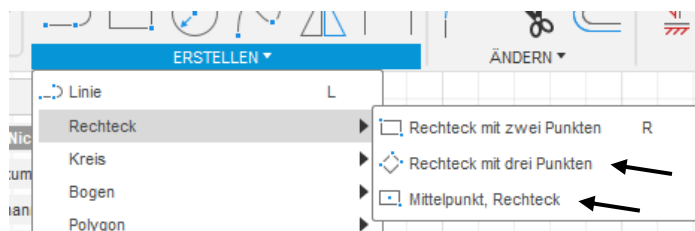


Abbildung 50 Über Dropdownmenü ERSTELLEN offenbaren sich die beiden anderen Erstellungsmethoden

Es gibt zwei weitere Möglichkeiten ein Rechteck zu erstellen. Rechteck mit *drei Punkten* und *Mittelpunkt Rechteck*.

Bei der Funktion Rechteck mit drei Punkten wird zuerst eine, und danach die zweite Länge mittels parallel Verschiebung erstellt.

Die dritte Erstellungsmethode ermöglicht die Erstellung eines Rechteckes über einen Vorgegebenen Mittelpunkt. Dies bietet u.a. den Vorteil bei zentrischen Bauteilen eine genaue Positionierung des Rechteckes.

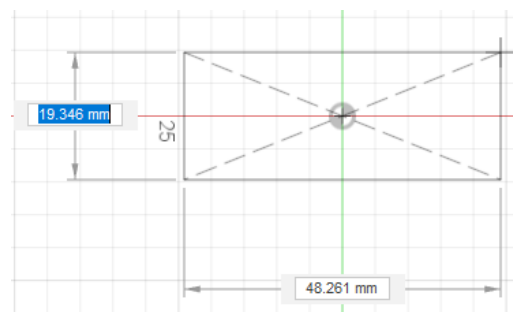


Abbildung 51 Über den Mittelpunkt erstelltes Rechteck

### 1.2.3.1.3 Kreis

Über die Schnellzugriffsleiste oder mit dem Tastaturkürzel **K**, ist es möglich einen Kreis zu erstellen.



Abbildung 52 Erstellung eines Kreises

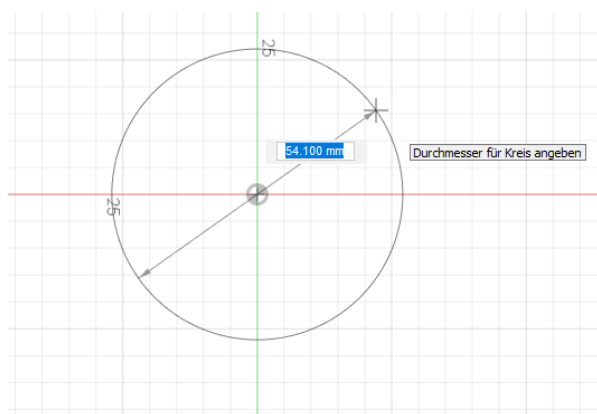
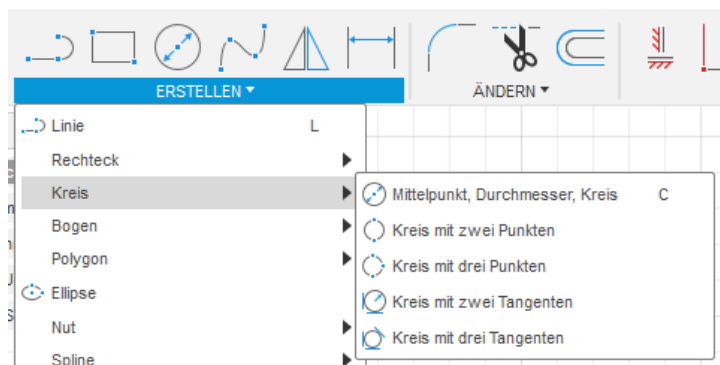


Abbildung 53 Ziehen eines Kreises

Als erstes wird der Mittelpunkt des zu erstellenden Kreises ausgewählt. Sobald dies gemacht wurde kann die Größe des Kreises mittels Drag and Drop, oder mit Eingabe der genauen Maße erstellt werden.



Es gibt auch noch andere Methoden einen Kreis in Fusion zu erstellen.

Dadurch ist es möglich, viele Skizzen einfacher zu erstellen.

Abbildung 54 Unterschiedliche Möglichkeiten einen Kreis zu erstellen

### 1.2.3.1.4 Punkt

Mit diesem Werkzeug können Punkte präzise platziert werden. Anschließend können z.B. Bohrungen genau positioniert werden.

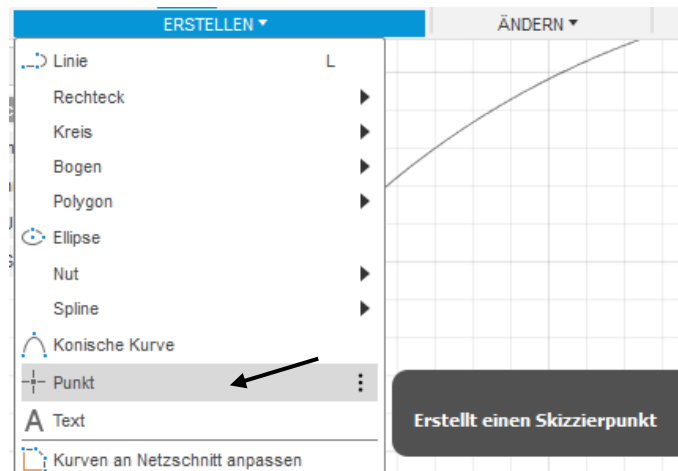


Abbildung 55 Erstellung eines Punktes über das Dropdown Menü

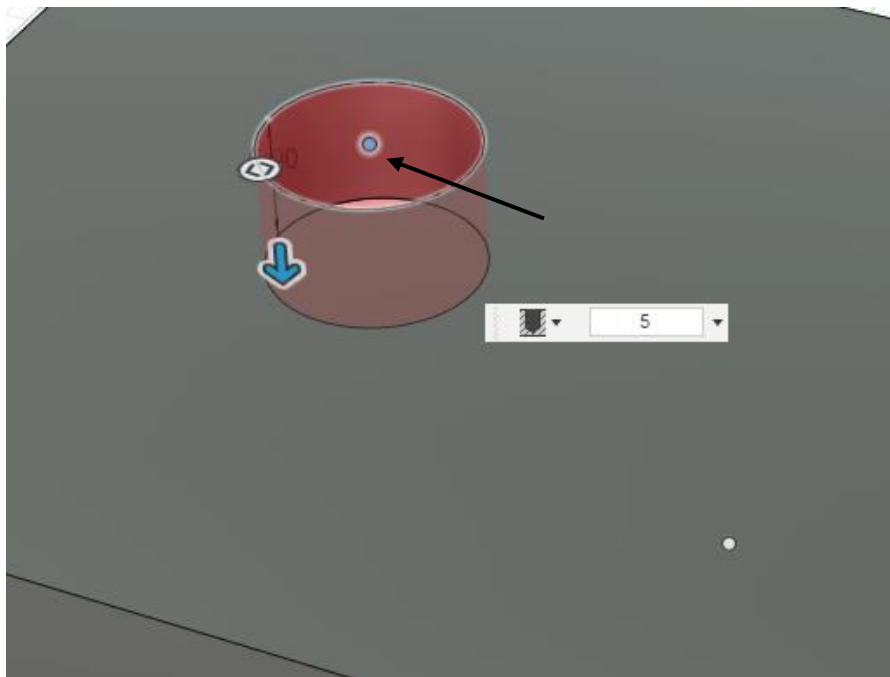


Abbildung 56 Skizzierpunkt für eine Bohrung

### 1.2.3.1.5 Text

Durch Betätigen des Werkzeuges **Text** im Dropdownmenü Erstellen, kann Text in einer Skizze hinzugefügt werden.

Der Text kann anschließend beispielsweise mittels Extrusion aus einem Bauteil herausgeschnitten werden.

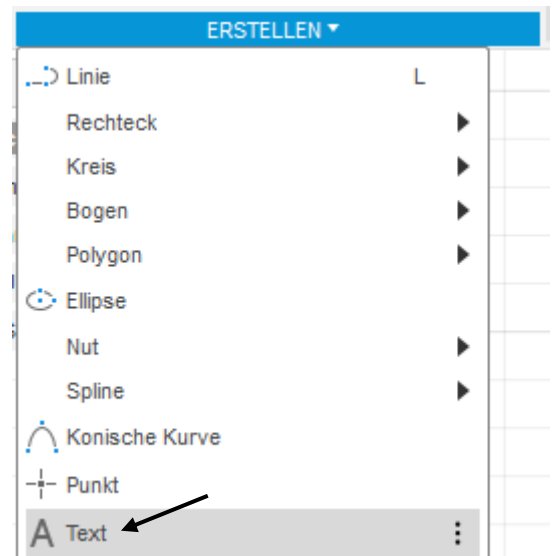


Abbildung 57 Erstellung eines Textes über das Dropdown Menü

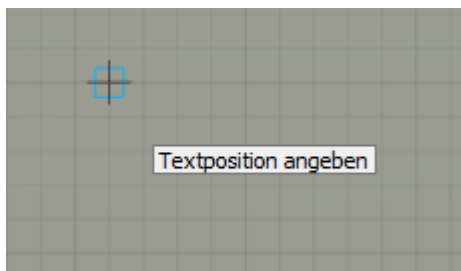


Abbildung 58 Festlegung des Ankerpunktes

Zuerst muss jedoch der Ankerpunkt für den Text festgelegt werden.

Dies kann einerseits ein frei gewählter, oder aber auch ein fix vorher definierter Punkt sein.

Nach Festlegung des Ankerpunktes kann nun Text, Texthöhe, Winkel, Text Stil, Schriftart oder die Ausrichtung geändert werden.

Mit betätigen des OK Buttons wird die Eingabe bestätigt und wäre nun u.a. extrudierbar.

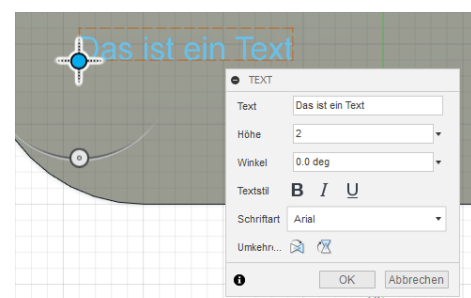


Abbildung 59 Eingabe des Textes

### 1.2.3.1.6 Spiegeln

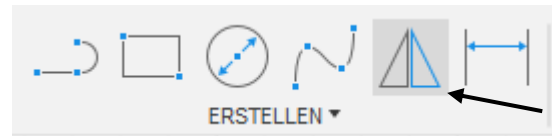


Abbildung 60 Werkzeug spiegeln in der Schnellzugriffsleiste

Mit der Spiegeln Funktion lassen sich Objekte wie Punkte, Linien, Bögen usw. über eine vordefinierte Achse spiegeln.

Nachdem die Funktion ausgewählt wurde, öffnet sich das **Spiegeln** Fenster (1). Hier werden ein oder mehrere Objekte und eine Spiegelachse festgelegt.

Die Spiegelachse kann eine einfache Linie, eine Konstruktionslinie (2) oder eine Ursprungsachse (3) sein. Letztere ist erst auswählbar nachdem im Browser der Punkt **Ursprung** auf sichtbar gestellt wurde.

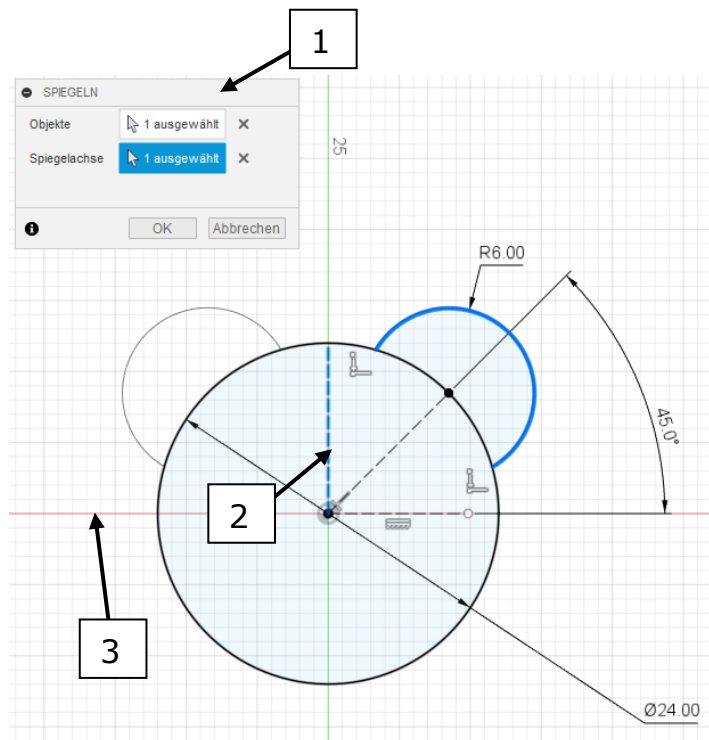


Abbildung 61 Spiegeln eines Kreisbogens

### 1.2.3.1.7 Anordnen

In einer Skizze gibt es zwei Arten von Anordnungen. Beide können die Arbeit erheblich erleichtern. Es wird unterschieden zwischen der Runden und der Rechteckigen Anordnung.

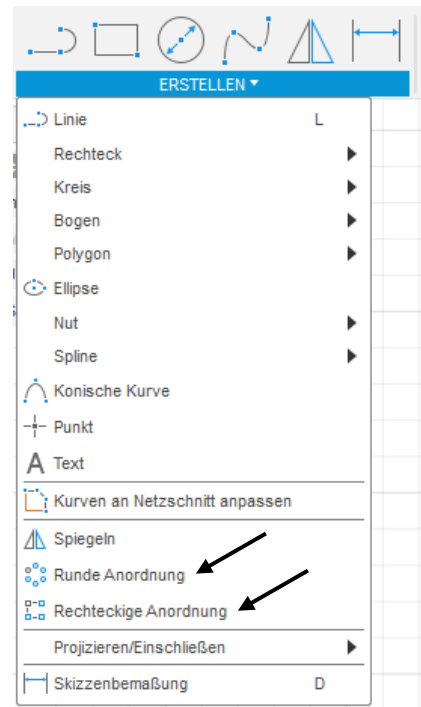


Abbildung 62 Anordnung von Objekten

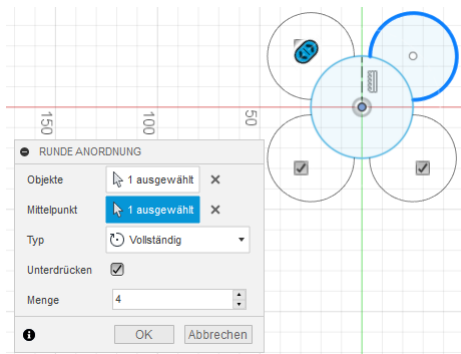


Abbildung 63 Beispiel einer Runden Anordnung

Bei der Runden Anordnung werden Objekte um einen vordefinierten Mittelpunkt, vollständig oder mit einem bestimmten Winkel, vervielfacht.

Die Rechteckige Anordnung vervielfacht ein oder mehrere Objekte in vorgegebene Richtungen.

Dabei Können Abstand, Menge und Richtung gewählt werden.

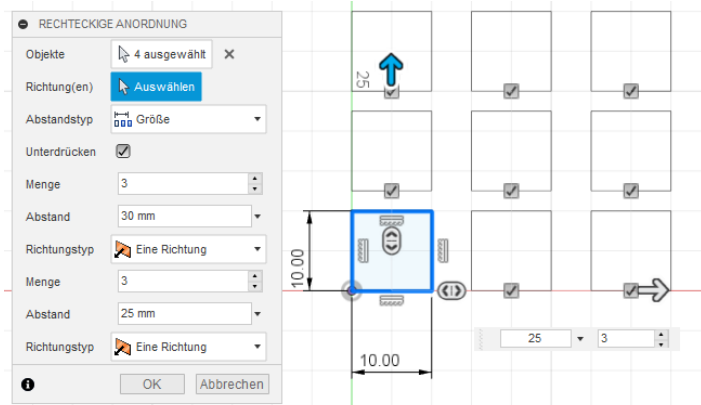


Abbildung 64 Beispiel einer Rechteckigen Anordnung

### 1.2.3.1.8 Projizieren

Mit dem Werkzeug projizieren lassen sich Körperkanten oder Objekte von bereits erstellen Skizzen und Körpern, auf andere Skizzen übertragen.

Das Projizieren Werkzeug findet man im ERSTELLEN Dropdown Menü unter Projizieren/Einschließen oder mit dem Tastaturkürzel **P**.

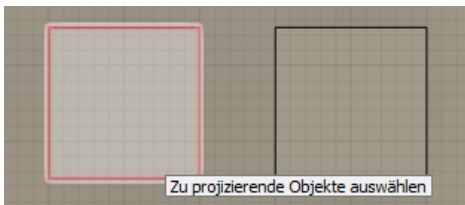


Abbildung 66 Rote Umrandung bei Ausgewählten Kanten

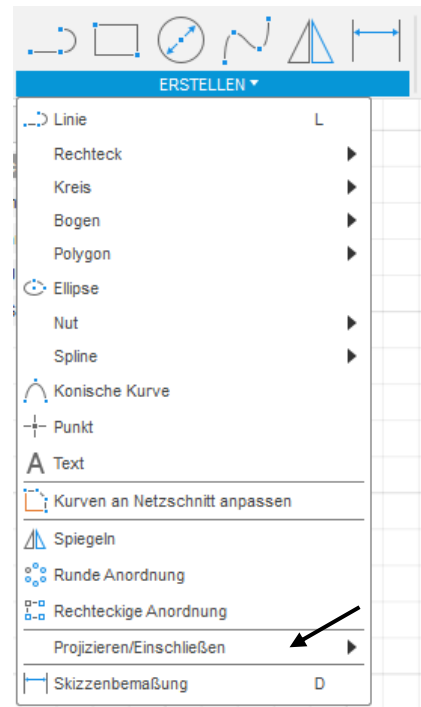


Abbildung 65 Werkzeug Projizieren

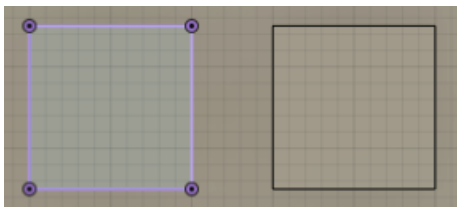


Abbildung 67 Fertige Projektion

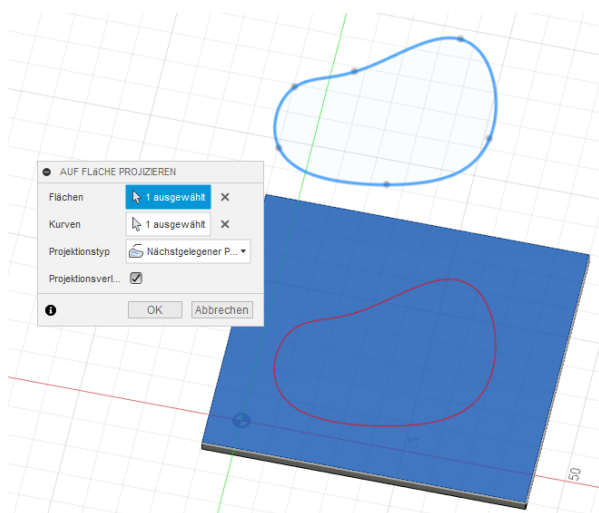


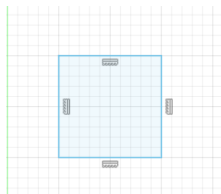
Abbildung 68 Geometrie auf Fläche projizieren

Eine weitere Möglichkeit bietet **Auf Fläche projizieren**. Hierbei ist es möglich Geometrie von anderen Skizzen auf neue Skizzenebenen zu projizieren (siehe Abb.)



### 1.2.3.1.9 Skizzen Bemaßung

Hierbei handelt es sich um Abhängigkeiten die nachträglich verändert werden können.



Wie bei den beiden Abbildungen auf der linken Seite ersichtlich, können Geometrien ohne Bemaßungen erstellt und nachträglich hinzugefügt werden.

Abbildung 70 Nicht bemaßtes Quadrat

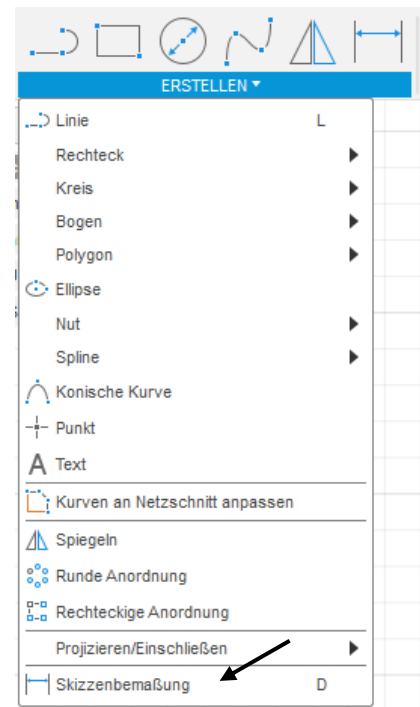
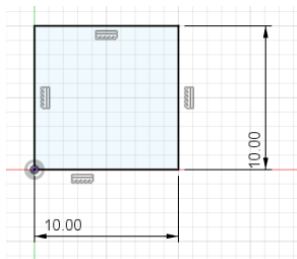


Abbildung 69 Werkzeug Skizzenbemaßung



Nachdem Abhängigkeiten und Bemaßung dem Quadrat hinzugefügt wurden, ändert sich die Farbe der Geometrie von blau auf schwarz.

Abbildung 71 Bemaßtes und mit Abhängigkeiten versehenes Quadrat

### 1.2.3.2 Menü ÄNDERN

Mit *Abrunden*, *Stutzen*, *Dehnen* und *Versatz* können Objekte mit oben genannten Werkzeugen geändert werden. Diese Werkzeuge befinden sich im **ÄNDERN** Menü Band.

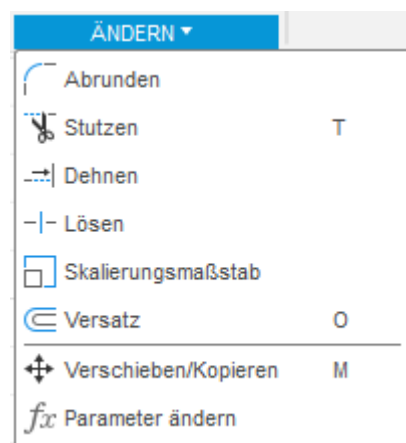


Abbildung 72 Ändern Menü

Die wichtigsten ÄNDERN Funktionen werden auf den nächsten Seiten ausführlich erklärt.

### 1.2.3.2.1 Abrunden

Die Abrunden Funktion befindet sich im Schnellstart der **ÄNDERN** Leiste und ist auch im Dropdownmenü der Werkzeugsymbolleiste enthalten.

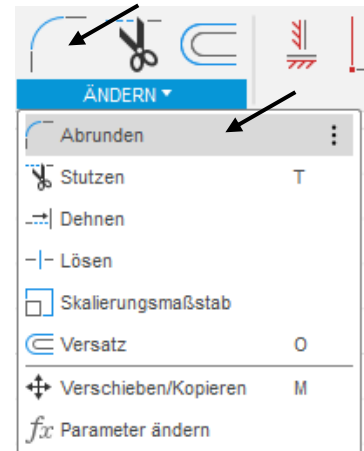


Abbildung 73 Schnellzugriff und Dropdownmenü der Ändern Symbolleiste

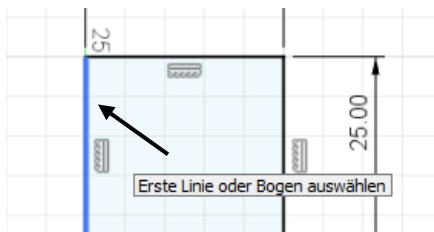


Abbildung 74 Zunächst wird erste Linie / Objekt ausgewählt



Abbildung 75 anschließend die zweite

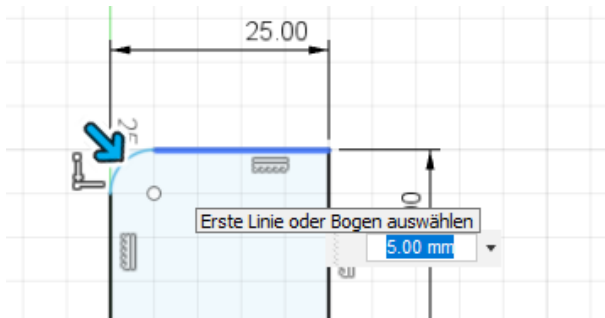


Abbildung 76 Zum Schluss muss noch der Radius der Abrundung eingegeben werden.

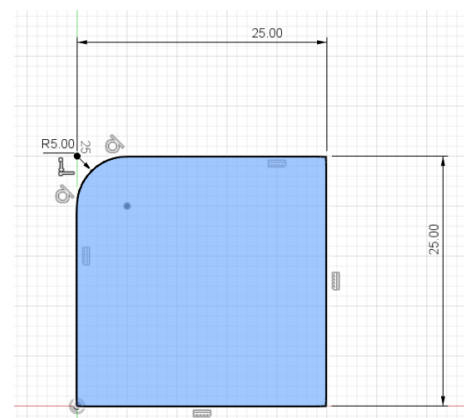


Abbildung 77 Fertige Abrundung

### 1.2.3.2.2 Stutzen / Dehnen

Diese Werkzeuge befinden sich im Menü Band **ÄNDERN**. Wie der Name schon verrät, können damit **Linien, Bögen** und **Splines** gekürzt oder verlängert werden.

Dies hat den Vorteil, dass keine Fehler in der Skizze entstehen können.

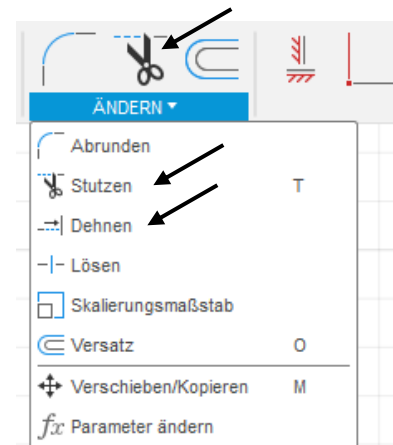


Abbildung 78 Funktion Stutzen und Dehnen

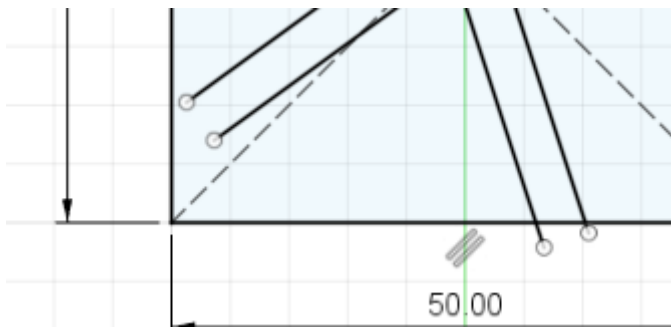


Abbildung 83 Beispiel für Stutzen / Dehnen



Abbildung 79 Das zu dehnende Objekt auswählen

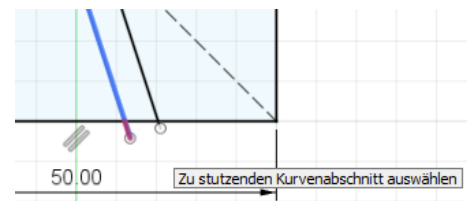


Abbildung 80 Das zu lange Ende der Linie auswählen

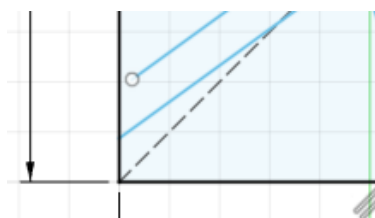


Abbildung 82 Fertig ausgeführte Dehnung einer Linie

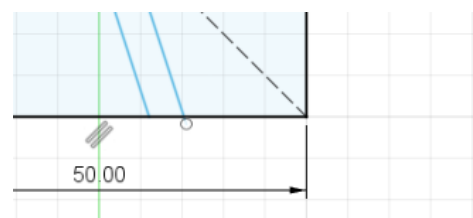
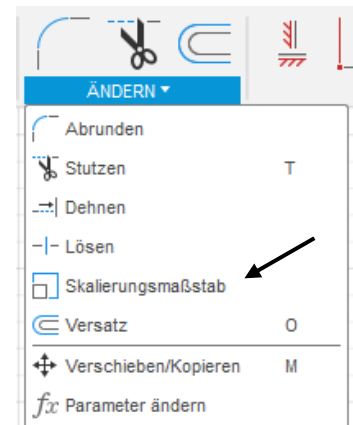


Abbildung 81 Fertig gestutzte Linie

### 1.2.3.2.3 Skalieren

Mit dieser Funktion ist es möglich, Skizzengeometrie in der Größe zu verändern. Dies ist nur möglich, wenn die Skizze im Bearbeitungsmodus ist.

Zusätzlich wird noch der Ursprungspunkt oder ein Skizzenpunkt benötigt.



Mit der Auswahlfunktion wird die zu Skalierende Skizzengeometrie ausgewählt.

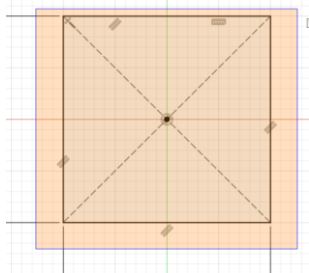


Abbildung 85 Auswahl der Skizzengeometrie

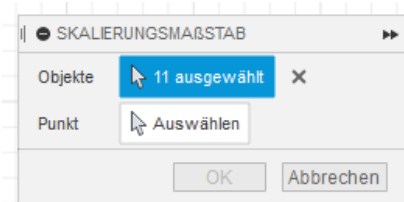


Abbildung 84 Werkzeug Skalieren

Anschließend wird der Punkt von der die Skalierung stattfindet, ausgewählt. Dies kann einerseits der Ursprungspunkt oder ab auch ein vorher definierter Skizzenpunkt sein.

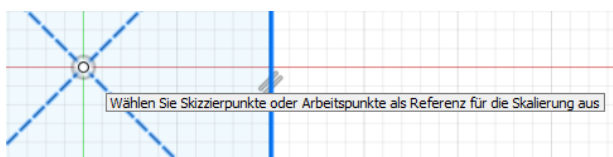


Abbildung 87 Skalierung mit Ursprungspunkt

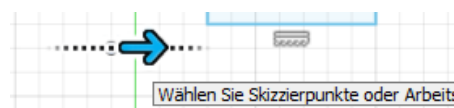


Abbildung 86 Skizzenpunkte können für die Skalierung auch verwendet werden

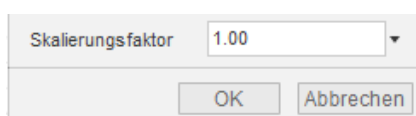


Abbildung 88 Auswahl des Skalierungsfaktors

#### Beispiel:

Falls ein Objekt um 50% verkleinert werden soll, muss ein Faktor von 0,5 eingegeben werden.

Bei einer Verdopplung der Faktor 2.

### 1.2.3.2.4 Versatz

Mit dem Werkzeug Versatz kann Skizzengeometrie, wie zum Beispiel Linien, Rechtecke, Kreise usw., parallel kopiert werden.

Einzige Einschränkung in Fusion 360 besteht darin, dass bereits kopierte Geometrie nicht noch einmal kopiert werden kann.

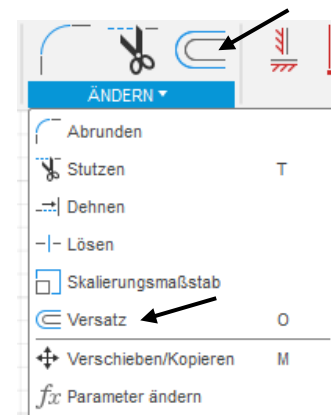


Abbildung 89 Werkzeug Versatz

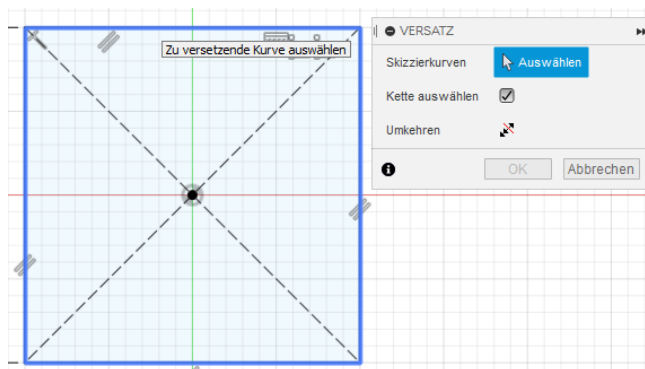


Abbildung 90 Auswahl der zu versetzenden Geometrie

Falls der Punkt Kette auswählen angehakt sein sollte, werden wie im Bild auf der linken Seite, alle Linien des Rechteckes ausgewählt.

Ohne diese Option lässt sich jede einzelne Linie auswählen.

Wenn der Versatz auf die andere Seite gelegt werden soll, muss der Versatz nur negiert werden oder er wird mit der Maustaste auf die andere Seite gezogen.

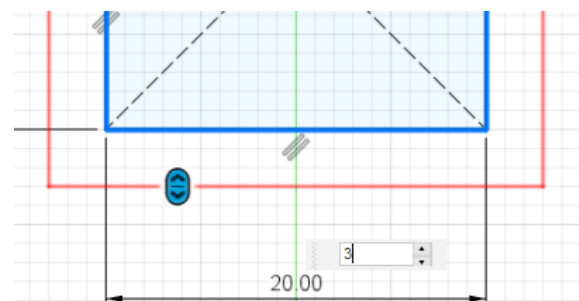


Abbildung 91 Funktion Versetzen

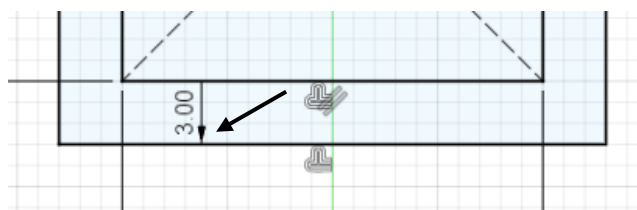


Abbildung 92 bereits versetztes Rechteck

Bereits versetzte Geometrie lässt sich leicht an dem einzelnen Pfeil in der Skizze erkennen.

### 1.3 Erstes Bauteil erstellen

In Fusion360 werden Körper und Komponenten verwendet. Da diese grundlegenden Teile für alle Erstellungsentscheidungen relevant sind, wird zunächst einmal auf dieses Thema näher eingegangen.

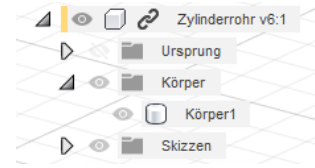


Abbildung 93 Ansicht von Körpern und Komponenten

### Körper

Ein Körper ist eine einzelne 3D-Form. Quader, Zylinder, Torus, usw. sind solche Körper. Wenn ein Körper geteilt wird sind beide Teile wiederum einzelne Körper. Um eine Konstruktion aufzubauen werden Körper voneinander addiert, subtrahiert oder kombiniert. Es gibt verschiedene Arten von Körpern.



Abbildung 94 Grundkörper

- Massive Körper.
  - Diese findet man im Menü Basiselemente Volumenkörper.

- Oberflächen
  - Im Basiselement Fläche oder Bleche können sie hergestellt werden.

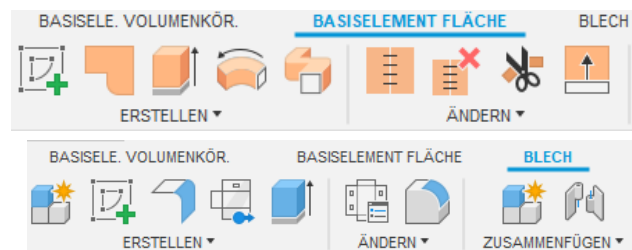


Abbildung 95 Werkzeuge für die Oberflächenerstellung

- T-Splines
  - Diese findet man im Menü Basiselemente Volumenkörper unter dem Punkt Form erstellen.

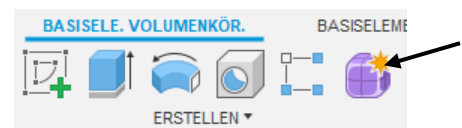


Abbildung 96 Form Erstellung

- Netz
  - Diese findet man genauso im Menü Basiselemente Volumenkörper unter dem Punkt Netz erstellen

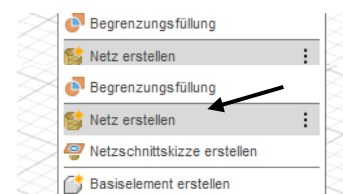


Abbildung 97 Netz erstellen

Körper unterschiedlicher Arten können nur unter gewissen Bedingungen miteinander verbunden werden.

## Komponente

Eine Komponente ist ein Container für Körper. Gewöhnlich enthält eine Komponente mehrere Körper, Skizzen und andere Konstruktionsobjekte wie z.B. Konstruktionsebenen, die ein Bauteil ausmachen.

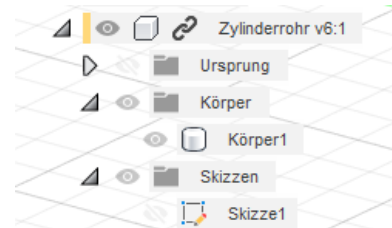


Abbildung 98 eine Komponente



Abbildung 99 Komponentengruppe mit mehreren Komponenten

Beim Zusammenfügen mehrerer Komponenten erhält man im Browser eine Komponentengruppe. Wie auf dem Bild ersichtlich besteht die Gruppe *Lagerdeckel* aus einem Körper (Gehäuse) und vier Komponenten (O-Ring, Dichtring innen, Führungsring und dem Abstreifer).

Komponenten sind erforderlich für Baugruppen, Simulation, Animation und Konstruktionszeichnungen. Einzelne Komponenten können auch einzeln aktiviert werden. Damit ist es möglich nur die eine Komponente zu bearbeiten. Zugleich bietet dies auch den Vorteil das jede einzelne Komponente einen eigenen Konstruktionsverlauf hat.

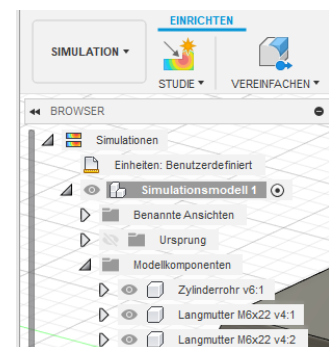


Abbildung 100 Beispielsansicht einer Simulation mit Komponentengruppe



### 1.3.1 Volumenkörper erstellen

#### Quader, Zylinder, Kugel, usw.

Für die Erstellung eines Volumenkörpers gibt es mehrere Möglichkeiten. Einerseits kann ein Grundkörper im ERSTELLEN Menü ausgewählt werden, oder über die Funktion SKIZZE (siehe Extrusion auf nächster Seite).

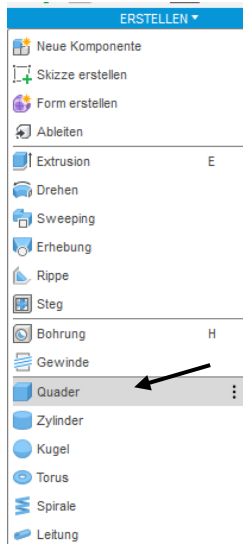


Abbildung 102  
1. Auswahl  
Grundkörper

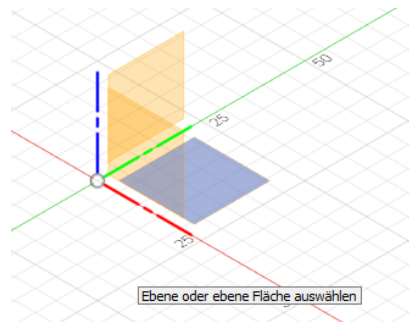


Abbildung 101 2. Ebene  
auswählen

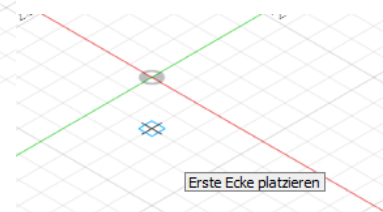


Abbildung 103 3. Erste Ecke  
platzieren

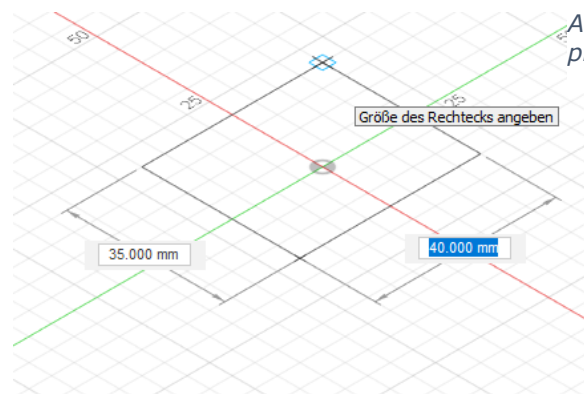


Abbildung 104 4. Größe der Grundfläche des  
Quaders angeben

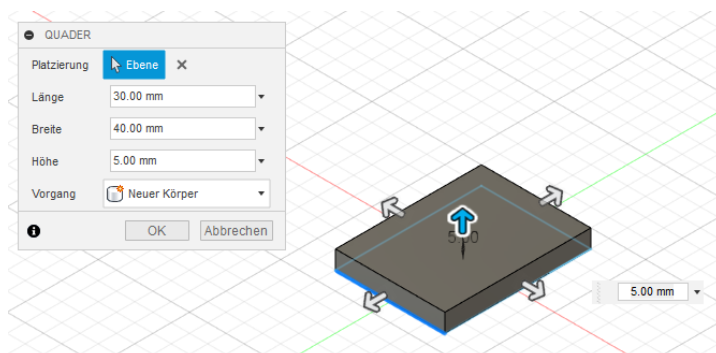


Abbildung 106 5. Die Höhe des Quaders angeben und/oder  
Änderungen an der Größe vornehmen

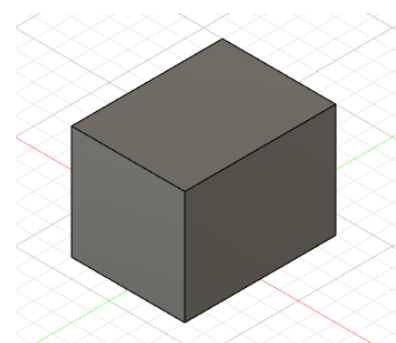


Abbildung 105 6. Fertiger  
Quader

## 1.3.2 Extrusion

### Extrusion unter Verwendung einer Skizze

Hier nochmal dasselbe Ergebnis, nur die Erstellung erfolgt nun mit anderen Arbeitsschritten.



Abbildung 108 1. Skizze erstellen

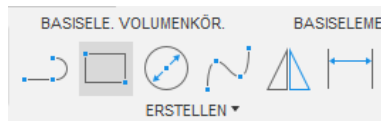


Abbildung 109 3. Rechteck mit 2 Punkten erstellen

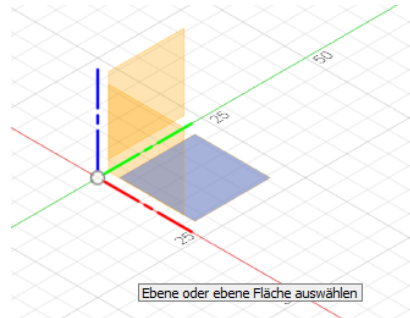


Abbildung 107 2. Ebene auswählen

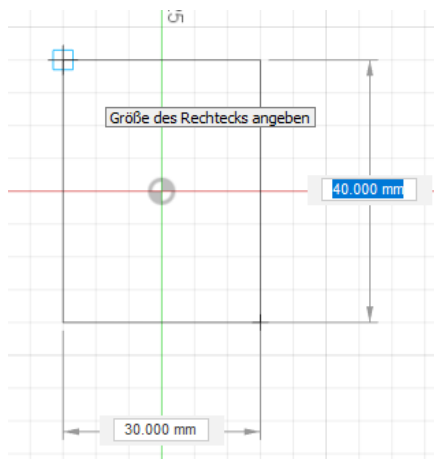


Abbildung 110 4. Maße für Rechteck angeben

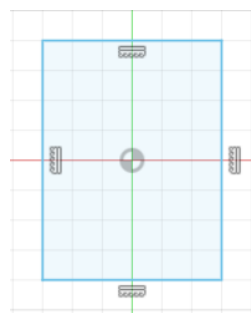


Abbildung 112 5. Fertigstellung des Rechtecks

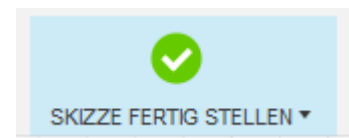


Abbildung 111 6. Skizze fertig stellen



Abbildung 113 7. Extrusion erstellen

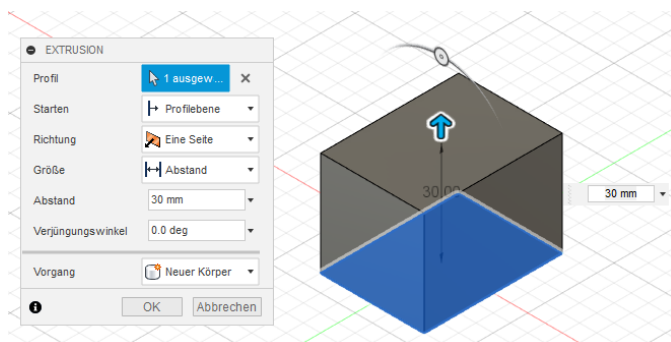


Abbildung 114 8. Höhe der Extrusion/Quaders angeben  
Mit einem Klick auf das Kreissymbol lässt sich die Extrusion zusätzlich erweitern oder verjüngen

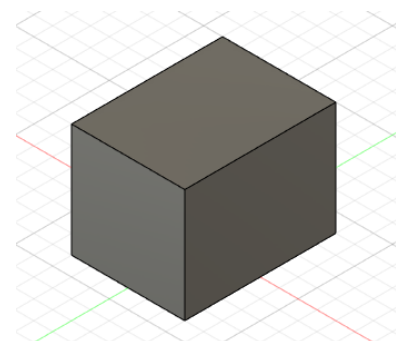


Abbildung 115 9. Fertiger Quader

### 1.3.3 Drehen

Beim Drehen wird eine Skizze um eine definierte Achse herumgeschwungen. Je nach Art des Bauteils ist diese Achse in der Skizze (Schachfigur) oder außerhalb (Donut).

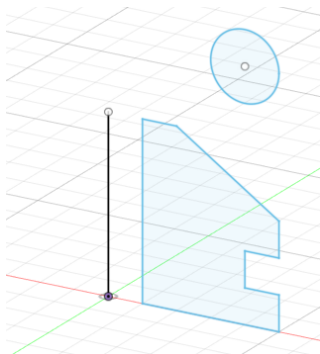


Abbildung 117 1. Skizze und Drehachse werden definiert



Abbildung 116 2. Drehung erstellen

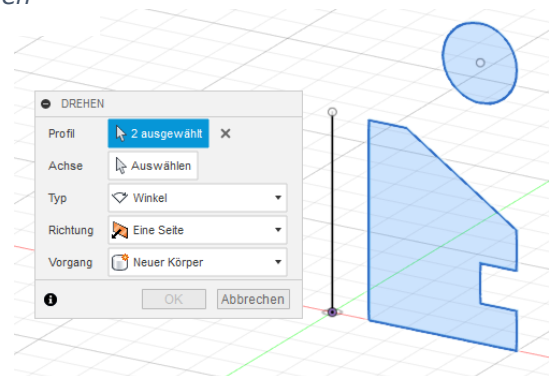


Abbildung 118 3. Profil/e auswählen

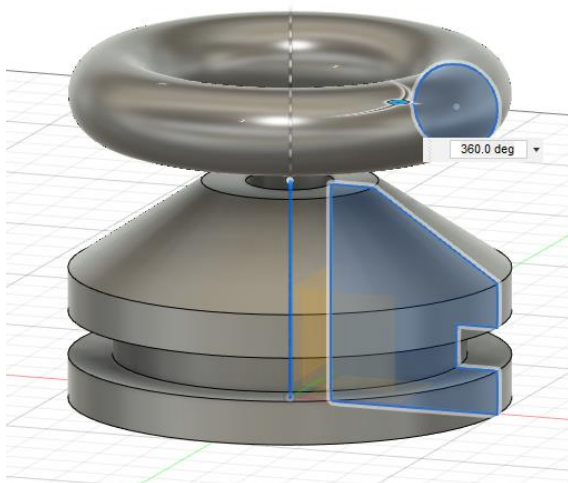


Abbildung 119 4. Nach Auswahl der Achse ist Form bereits ersichtlich

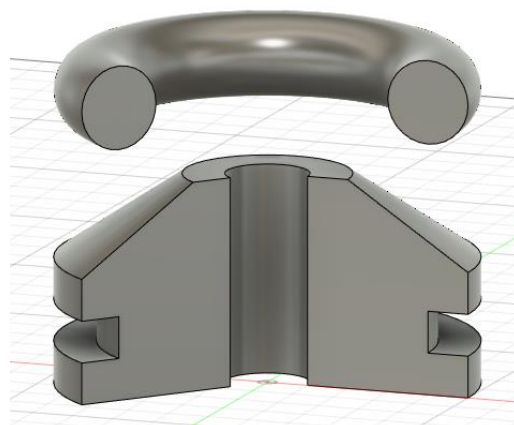


Abbildung 120 5. Zusätzlich ist es möglich auch nur einen Teilbereich zu erstellen. Dazu die korrekten Werte in Winkelgrade angeben

### 1.3.4 Sweeping

Beim Sweeping wird eine Skizze entlang eines Pfades extrudiert. Falls die Extrusion entlang mehrerer Pfade führen soll, so muss im Kontrollkästchen KETTE ausgewählt werden.

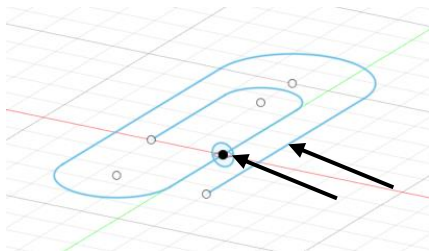


Abbildung 122 1.Zuerst werden zwei Skizzen benötigt

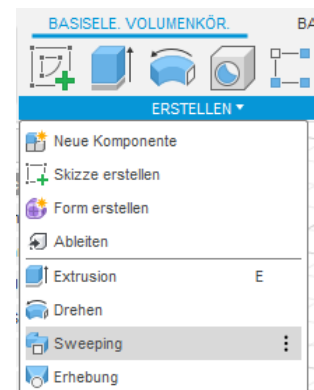


Abbildung 121 2.Sweeping erstellen

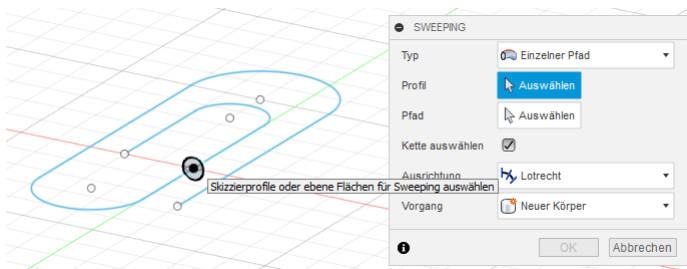


Abbildung 123 3.Sweepingprofil auswählen

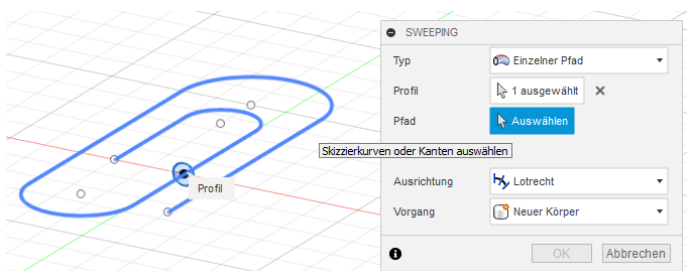


Abbildung 124 4.Sweepingpfad auswählen



Abbildung 125 5.Fertiges Bauteil

### 1.3.5 Erhebung

Mit dem Erhebungswerkzeug lassen sich mehrere 2D Skizzen entlang eines Pfades miteinander verbinden, damit daraus ein Volumenkörper entsteht. Es gibt in Fusion360 mehrere Möglichkeiten dies zu bewerkstelligen. Dies ist eine davon.

Zunächst werden mehrere Versatzebenen erstellt.

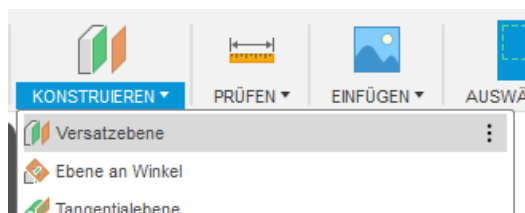


Abbildung 127 1. Erstellen einer Versatzebene

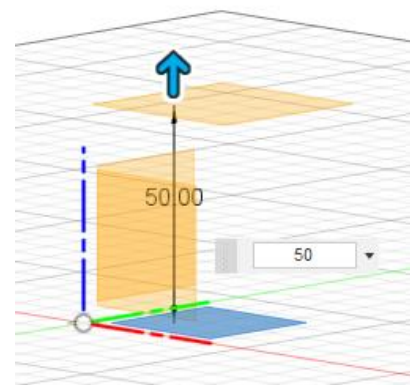


Abbildung 126 2. XY Ursprung wählen, danach den Versatz einstellen

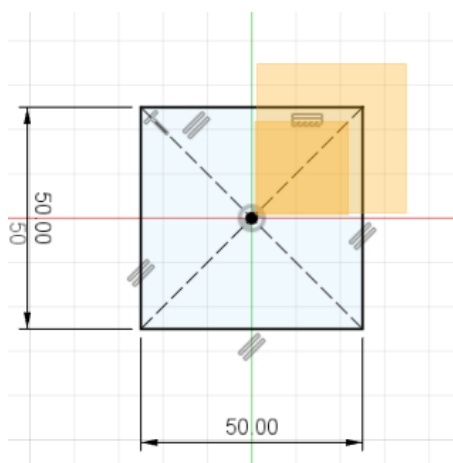


Abbildung 128 3. Nachdem alle benötigten Versatzebenen erstellt wurden, werden auf jeder eine Skizze erstellt

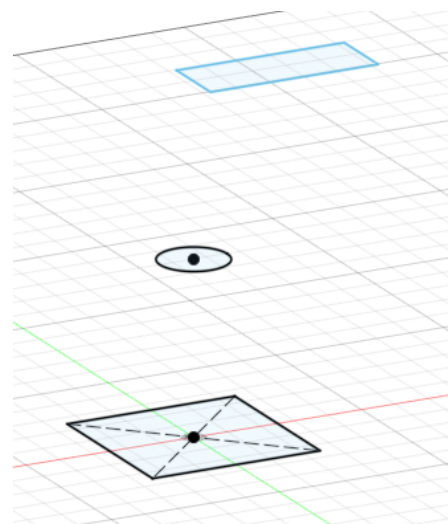


Abbildung 129 4. Drei Skizzen auf unterschiedlichen Ebenen

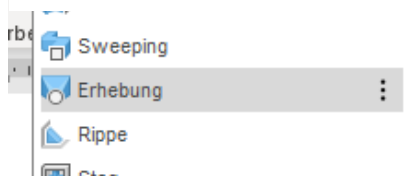


Abbildung 130 5. Werkzeug Erhebung starten

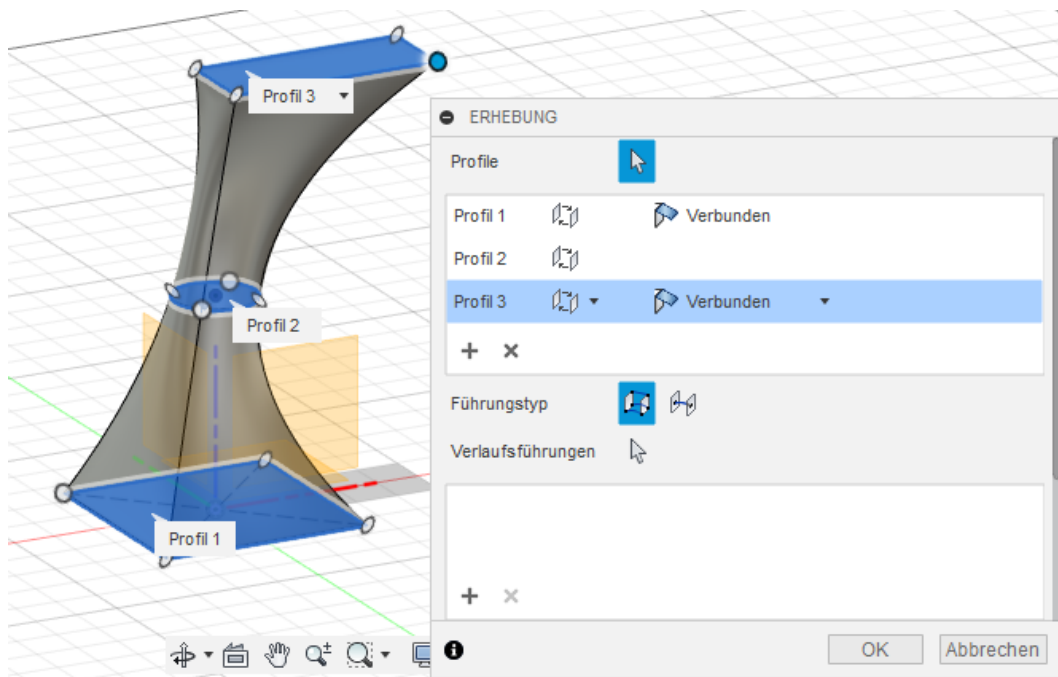


Abbildung 131 6. Profile/Skizzen nach der Reihe anklicken

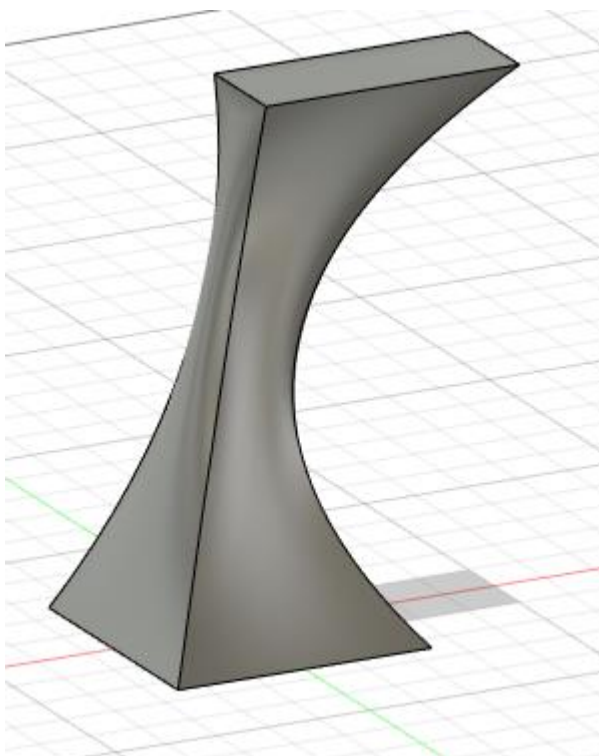


Abbildung 132 7. Fertige Erhebung

### 1.3.6 Rippe

Eine Rippe ist eine dünne Stütze, die zur Aussteifung dient.

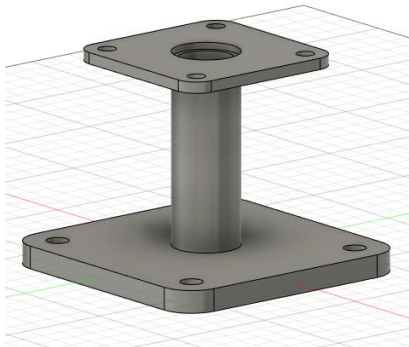


Abbildung 133 1. Werkstück ohne Rippe

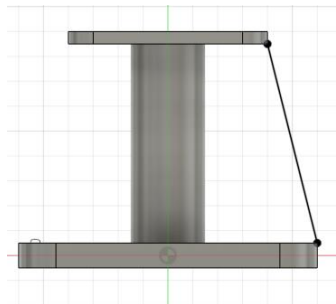


Abbildung 135 2. Erstellen einer Skizzenlinie

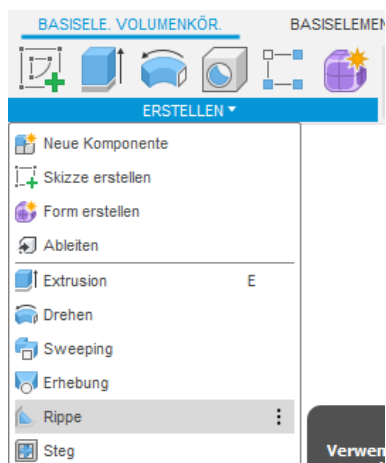


Abbildung 134 3. Rippe erstellen

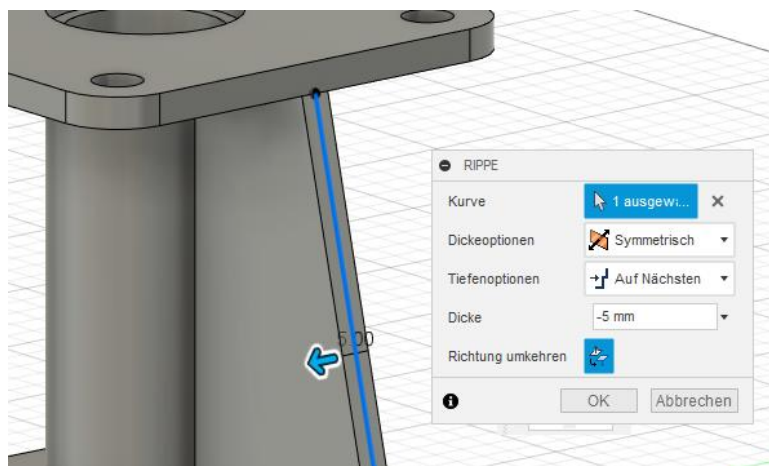


Abbildung 136 4. Anschließend Dicke und Richtung auswählen

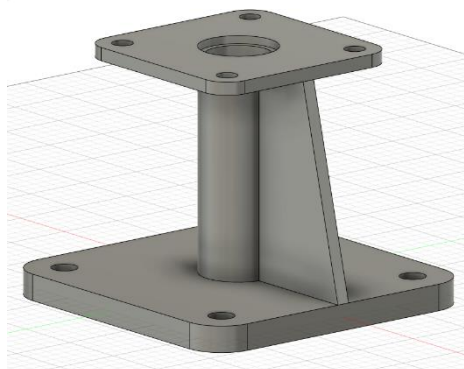


Abbildung 137 5. Fertig erstellte Rippe

### 1.3.7 Steg

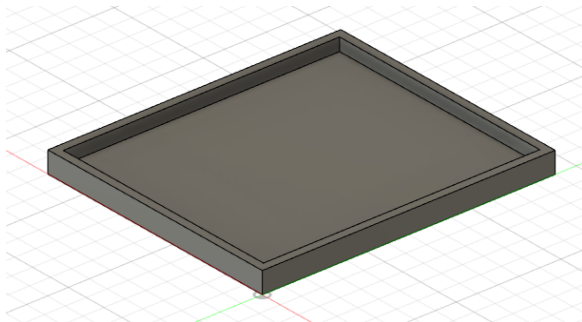


Abbildung 139 1. Bauteil ohne Steg/e

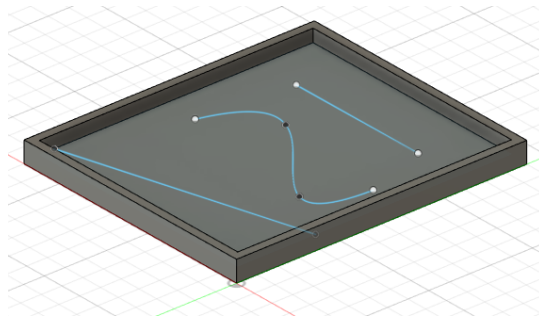


Abbildung 138 2. Erstellung der Stege in einer Skizze auf der Grundfläche des Bauteiles

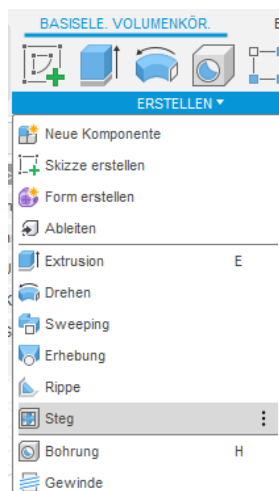


Abbildung 142 3. Werkzeug Steg auswählen

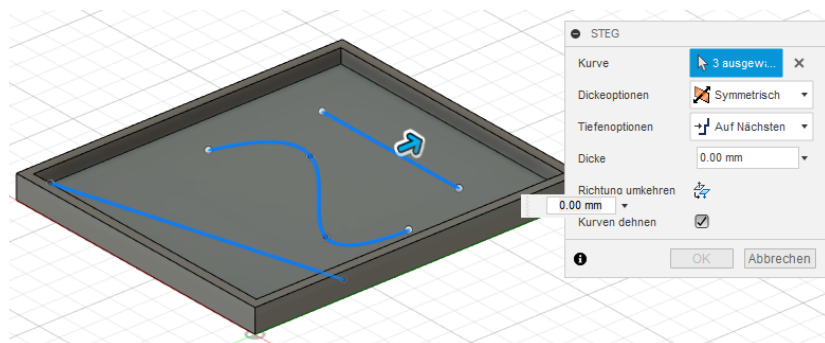


Abbildung 140 4. Es ist möglich Linien, Polylinien uvm. als Steg zu extrudieren

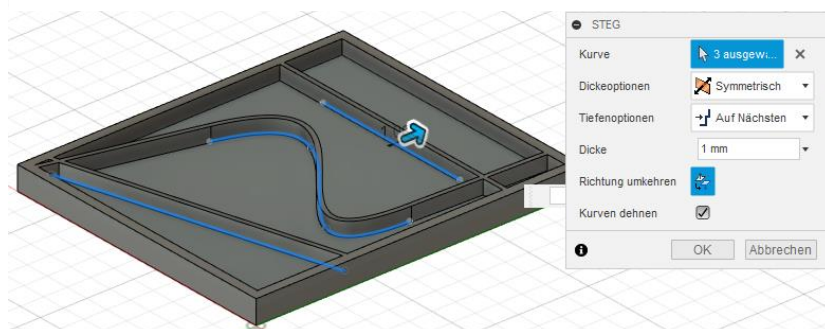


Abbildung 141 5. Auswahl der Stärke des Steges

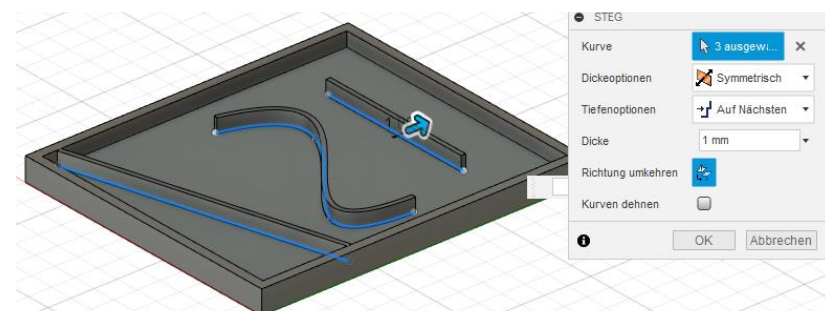


Abbildung 143 6. Mit Kurven dehnen lassen sich die Stege bis zum Rand verlängern oder nur so lange zu erstellen, wie in der Skizze angegeben



### 1.3.8 Bohrungen

Für eine Bohrung gibt es mehrere Möglichkeiten dies zu erstellen.

Eine Art wäre die Erstellung eines Zylinders mit der zusätzlichen Option *Ausschneiden*. Hierfür wählt man zuerst die Grundfläche für den Zylinder aus, und anschliessend wie hoch/tief der Zylinder sein soll. Sobald sich der neu erstellte Zylinder mit einem anderen Körper schneidet, wird automatisch die Option *Ausschneiden* gewählt.

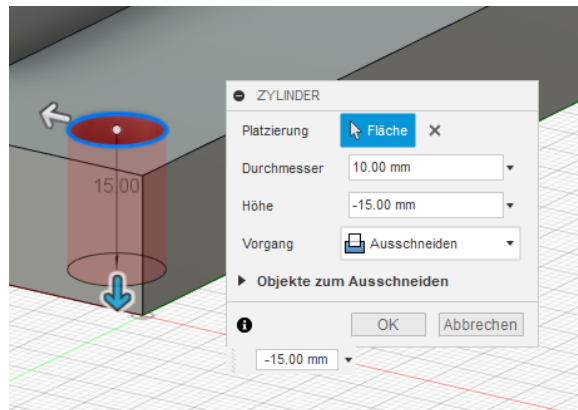


Abbildung 144 Erstellen einer Bohrung mit Werkzeug ZYLINDER

Die andere Möglichkeit beim Erstellen einer Bohrung bietet ein größeres Spektrum an Bearbeitungsmöglichkeiten. Diese befindet sich im Werkzeugkasten *Erstellen* als eigenständiger Punkt. Dadurch ist es möglich die Bohrung mit Senkung, Gewinde und Schneidwinkel zu versehen.

Die Bohrung lässt sich auch an einem bestimmten Punkt, oder mit Hilfe einer vorher erstellten Skizze an mehreren Punkten platzieren und / oder referenzieren.

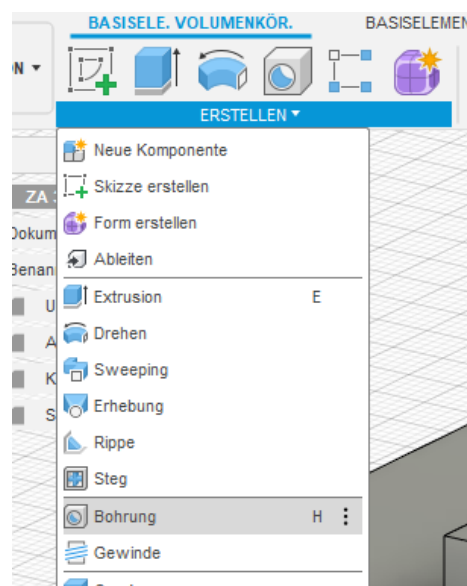


Abbildung 145 Erstellen einer Bohrung

Hier einige Einstellungsmöglichkeiten bei der Erstellung einer Bohrung.

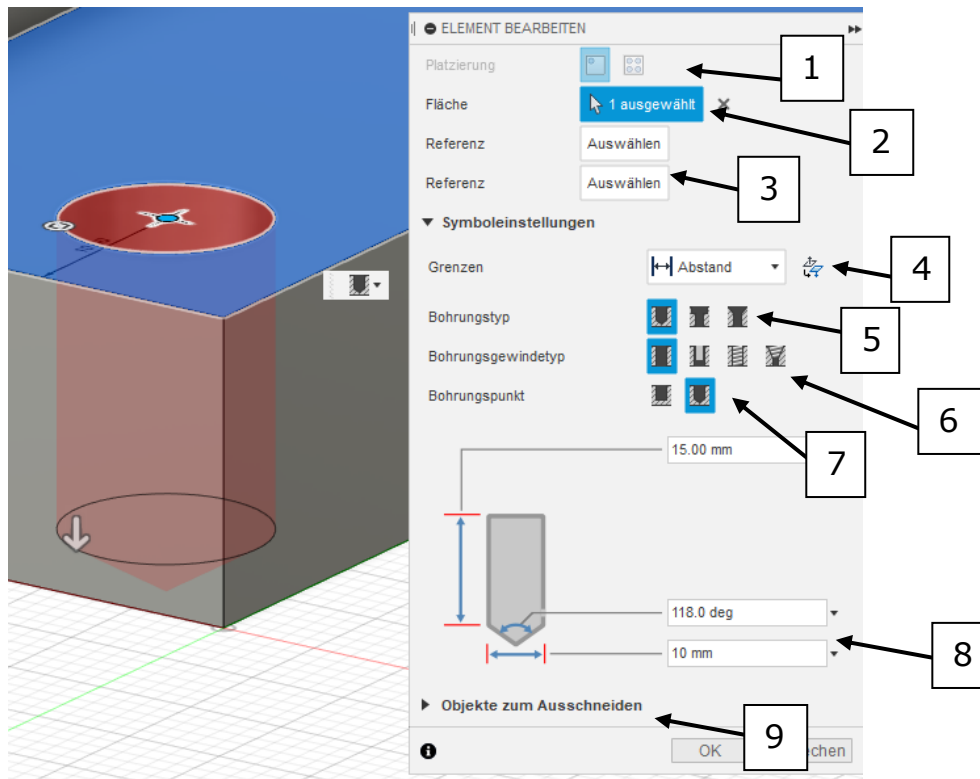


Abbildung 146 Kontextmenü Bohrung erstellen

1. Platzierung der Bohrung. Möglichkeit für Einzelbohrung oder mehreren Bohrungen (benötigt Skizze)
2. Auswahl der Grundfläche
3. Referenzieren der Bohrungsmitte anhand ein oder mehrerer Kanten
4. Auswahl der Grenzen, wenn z.B. durch mehrere Körper gebohrt werden soll
5. Einstellung des Bohrungstyps. Einfach, zylindrisch oder Konisch
6. Umstellung von Bohrloch auf Gewindebohrloch
7. Auswahl zwischen Flacher oder Winkelbohrung
8. Detailsinstellung der Bohrung (je nach Einstellung der vorherigen Punkte gibt es hier unterschiedliche Einstellungsmöglichkeiten)
9. Bei Bohrungen durch mehrere Objekte lassen sich hier die einzelnen Körper ein- bzw. ausblenden

### 1.3.9 Gewinde

Über die Funktion Gewinde lassen sich einfach Außen- oder Innengewinde erstellen.

Dafür werden je nach Art ein Zylinder oder eine Bohrung benötigt. Außerdem ist es auch möglich die Bohrung inklusive Gewinde auf einmal zu erstellen.

#### Erstellen eines Außengewindes

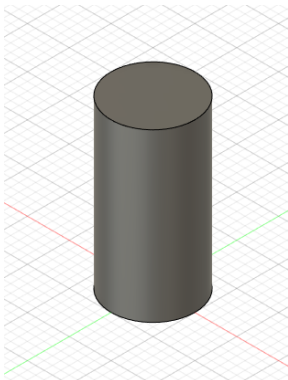


Abbildung 149  
1. Zylinder erstellen

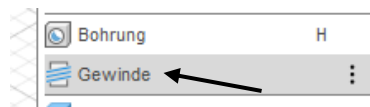


Abbildung 148 2. Werkzeug  
Gewinde im Werkzeugkasten  
ERSTELLEN

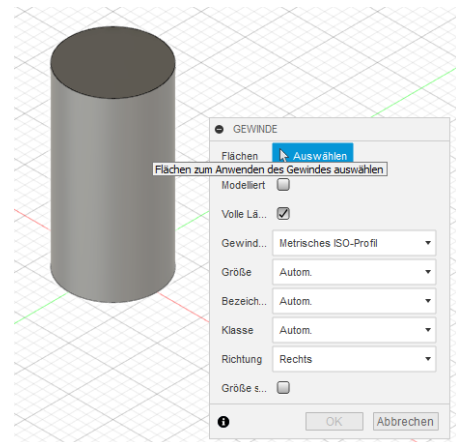


Abbildung 147 3. Auswahl Fläche für  
Außengewinde

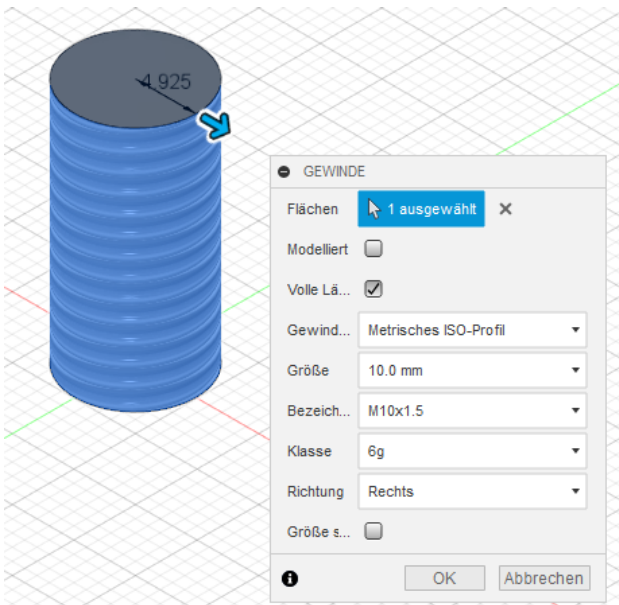


Abbildung 150 4. Optionen bei der Gewindeerstellung

- **Modelliert:** für 3D Druck sollte hier der Haken gesetzt werden. Falls der Haken nicht aktiviert ist, wird ein einfacher Zylinder in die STL Datei mitübernommen.
- **Volle Länge:** Einstellung der Länge voll oder nur eine bestimmte Länge.
- **Gewinde, Größe, Bezeichnung, Klasse, Richtung:** Mit diesen Dropdown Feldern können die spezifischen Einstellungen des Gewindes bestimmt werden.

## Erstellen eines Innengewindes (Funktion Gewinde)

Bei dieser Konstruktionsmethode wird zuerst die Bohrung mit dem Werkzeug *Extrusion* (Ausschneiden) oder mit dem Werkzeug *Bohrung* erstellt. Im Anschluss wird dann mit Werkzeug *Gewinde* ein Innengewinde erzeugt.

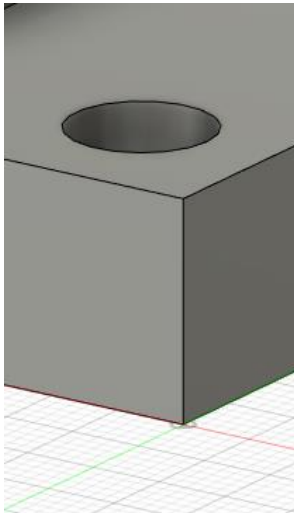


Abbildung 151  
Vorhandene Bohrung

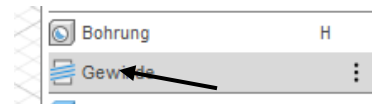


Abbildung 152 Werkzeug Gewinde erstellen

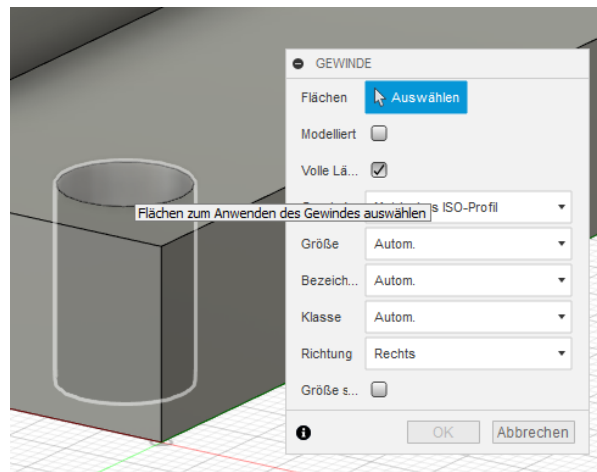


Abbildung 153 Auswahl der Fläche für Gewinde



Abbildung 154 Feineinstellung  
für Gewinde

Wie auch bei dem Werkzeug *Außen Gewinde* erklärt, können über die Optionen für *Gewinde* einige Einstellungen vorgenommen werden.

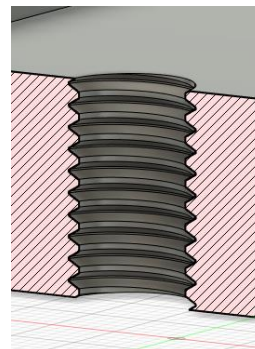
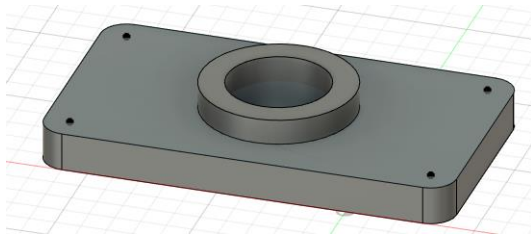


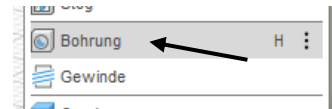
Abbildung 155 Fertiges M10  
Gewinde im Querschnitt

## Erstellen mehrerer Innengewinde in einem Schritt

Damit dies in einem Schritt erfolgen kann, wird eine Skizze mit Skizzierpunkten für die Bohrungsmitten benötigt.



Das Werkzeug für das erstellen der Bohrung inkl. Gewinde ist gleich zu starten wie auch schon bei der Bohrung selbst.



Nun jedoch wird im nächsten Schritt jeder vorher definierte Skizzierpunkt, wo ein Innengewinde entstehen soll, ausgewählt.

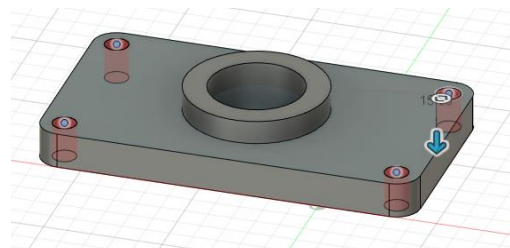


Abbildung 156 Auswahl der Flächen für die Innengewinde



Abbildung 157 Auswahl Gewinde bei Bohrungsgewindetyp einstellen

Dabei wird nach der Wahl der Flächen für die Innengewinde, die Funktion Bohrungsgewindetyp von einfach auf Gewinde umgestellt. Dies hat zur Folge das nicht nur die Bohrung, sondern auch gleichzeitig ein Gewinde in der Bohrung miterstellt wird.

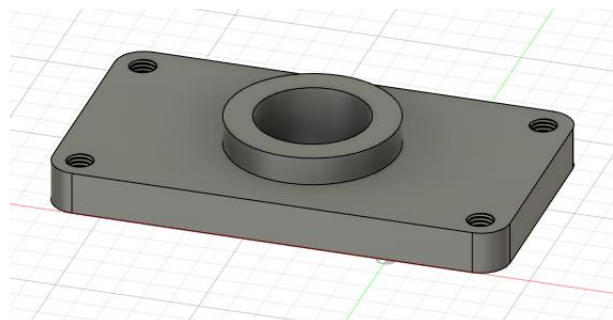


Abbildung 158 Vier gleichzeitig erstellte M10 Innengewinde

### 1.3.10 Körper ändern / modifizieren

In diesem Kapitel geht es darum wie Körper oder Komponenten zusätzlich verändert /modifiziert werden können.

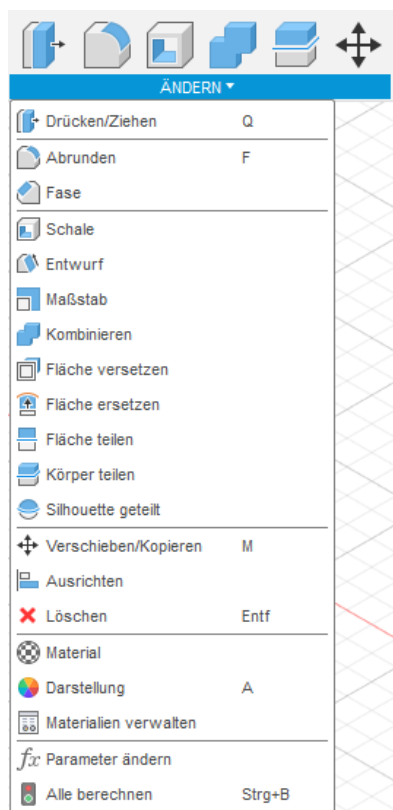


Abbildung 162 Ändern Menü Volumenkörper

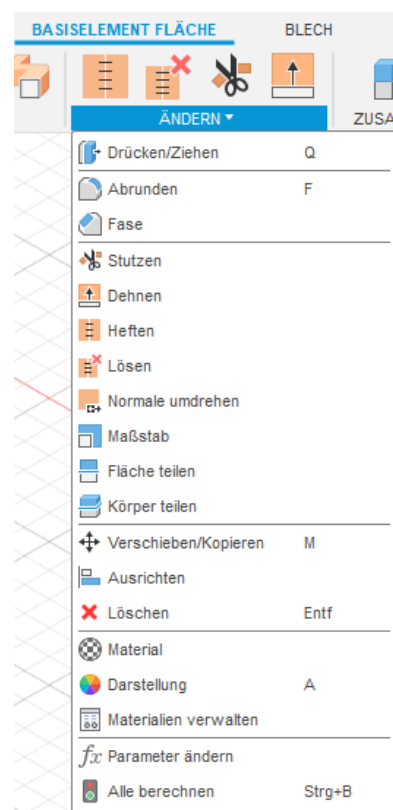


Abbildung 161 Ändern Menü Flächen

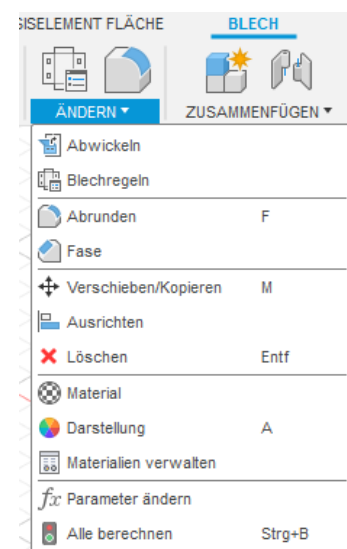


Abbildung 160 Ändern Menü Blech

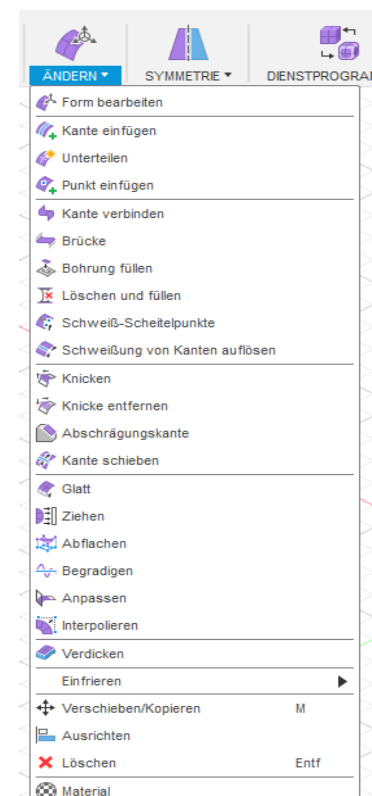


Abbildung 159 Ändern Menü Form

Da es unterschiedliche Ändern Werkzeugkästen gibt, werden auf den nächsten Seiten einige der Funktionen näher erklärt.

## Abrunden / Fase

Eine der Werkzeuge die des Öfteren benutzt werden, ist das Abrunden und/oder das Fasen Werkzeug. Diese ermöglichen Kanten oder Flächen zu Fasen oder abzurunden.

*Als Fase bezeichnet man eine schräge Kante an Werkstücken, bei denen man eine scharfe Kante sowohl aus optischen als auch praktischen Gründen, oder zum Vermeiden von Verletzungen, entfernt. Dies nennt man fachsprachlich dann die Kante "brechen" oder auch entgraten.*

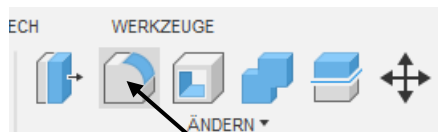


Abbildung 164 Aufrufen der Funktion Abrunden

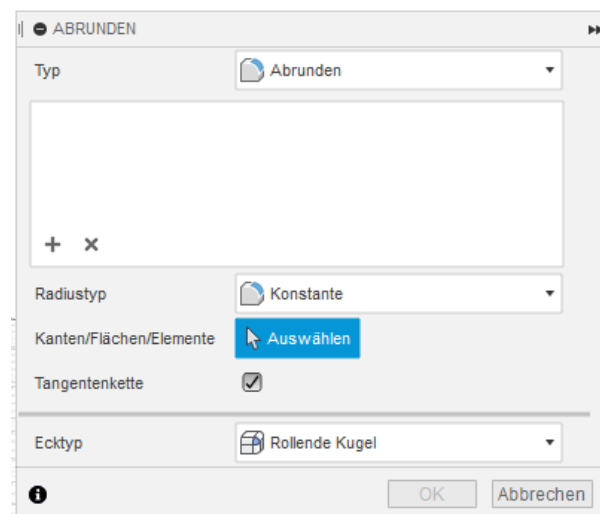


Abbildung 163 Optionenmenü Abrunden wo weitere Einstellungen vorgenommen werden können

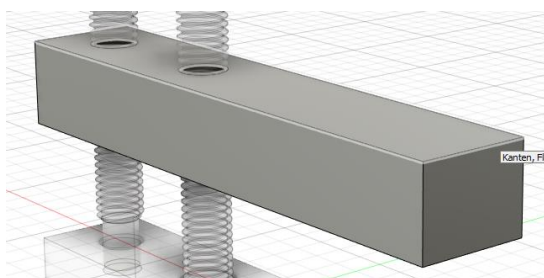


Abbildung 166 Auswahl Fläche

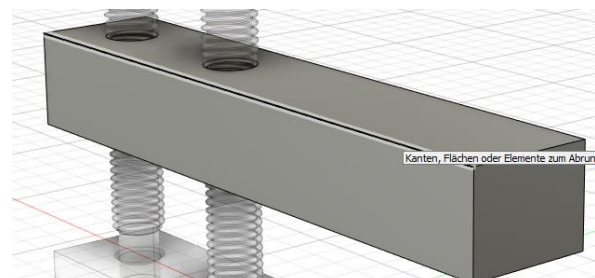


Abbildung 165 Auswahl Kante

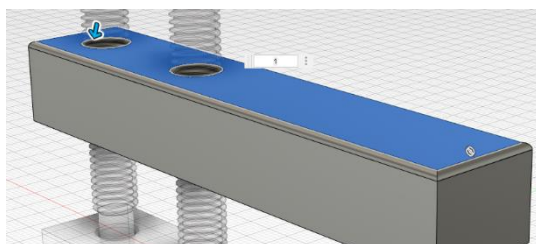


Abbildung 168 Abrunden aller Kanten der Ausgewählten Fläche

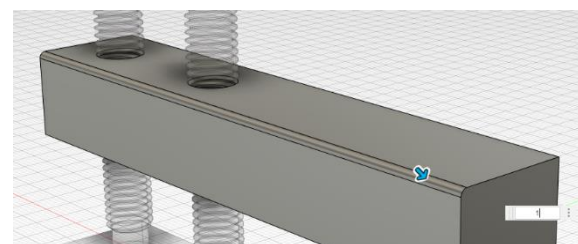


Abbildung 167 Abrunden der ausgewählten Kante



Abbildung 169  
Aufrufen der Funktion  
Fasen

Wie auch beim Abrunden lassen sich beim „Fasen“ entweder einzelne oder mehrere Flächen, wie auch einzelne oder Mehrere Kanten mit einem Arbeitsschritt bearbeiten.

Standardmäßig wird beim Fasen derselbe Abstand an beiden Seiten genommen. Dies kann jedoch in den Fasen Optionen unter Typ umgestellt werden.

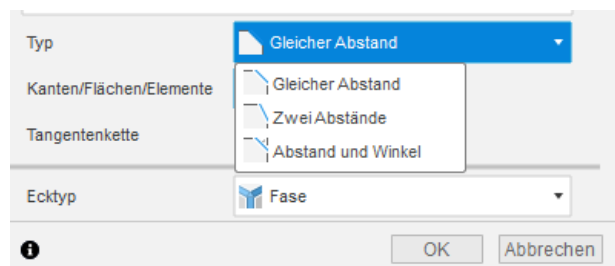


Abbildung 170 Ändern der Fasen Erstellungs  
Methode

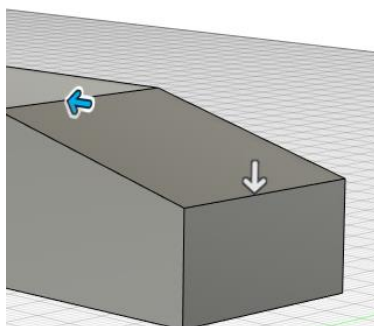


Abbildung 172 Typ Zwei  
Abstände

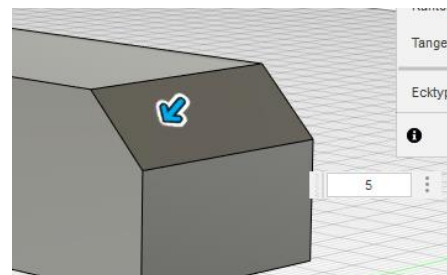


Abbildung 171 Typ: Gleicher  
Abstand

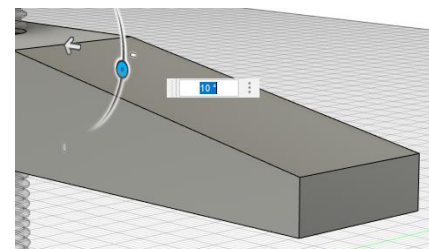


Abbildung 173 Abstand und  
Winkel



## Schale

Das Werkzeug *Schale* höhlt Körper aus und Wände mit einer bestimmten Stärke (muss angegeben werden) bleiben über. Durch die Auswahlmöglichkeit Flächen/Körper lassen sich entweder einzelne oder mehrere Flächen, wie auch ganze Körper aushöhlen. Die Flächen werden hierdurch entfernt. Bei Auswahl eines ganzen Körpers wird die Aushöhlung erst mit einer Schnittanalyse sichtbar.



Abbildung 175 Button für Werkzeug *Schale* ist direkt in der Hauptleiste zu finden.

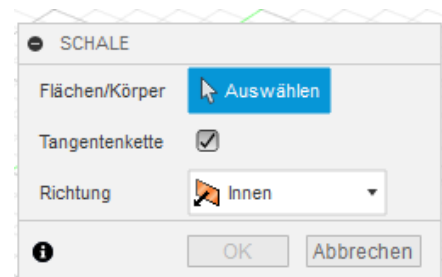


Abbildung 174 Optionen Menü *Schale*

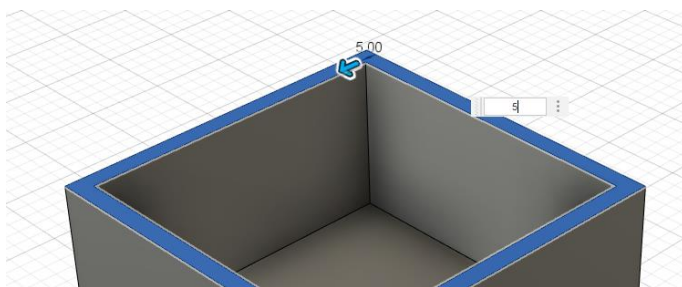


Abbildung 176 Erstellen einer *Schale* anhand einer Fläche

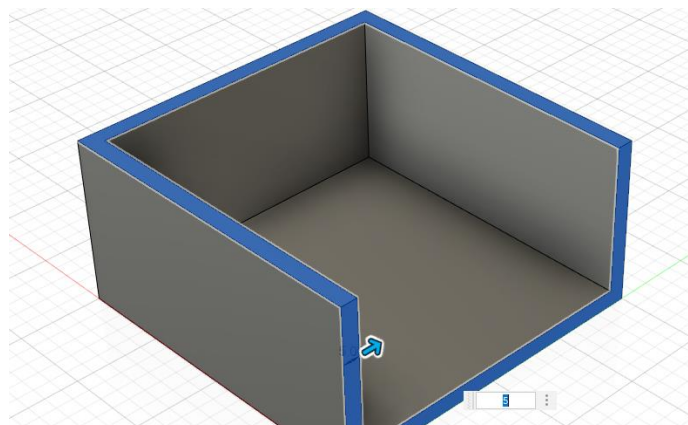


Abbildung 177 Erstellen einer *Schale* mit zwei ausgewählten Flächen

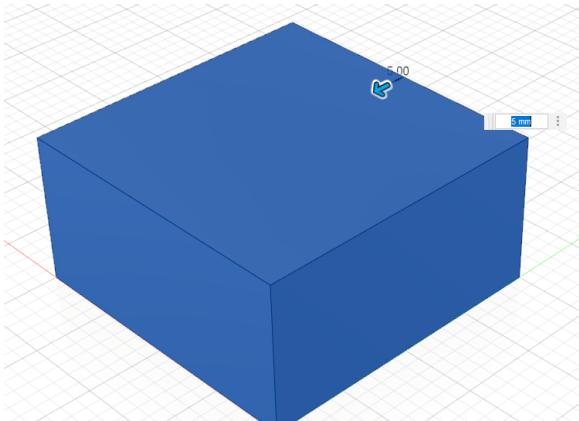


Abbildung 178 Erstellen einer Schale für einen ganzen Körper

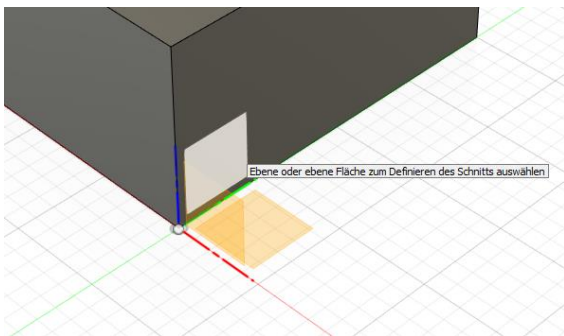


Abbildung 180 Auswahl einer Ebene oder Fläche

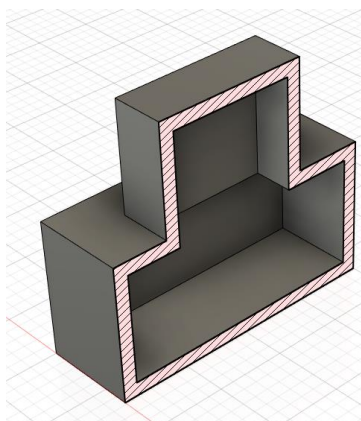


Abbildung 182 Schale ist nicht nur bei Grundformen möglich

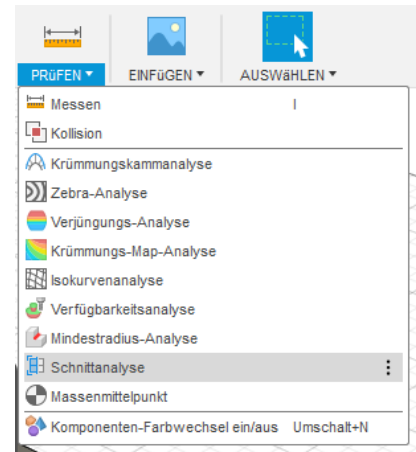


Abbildung 179 Werkzeug Schnittanalyse starten

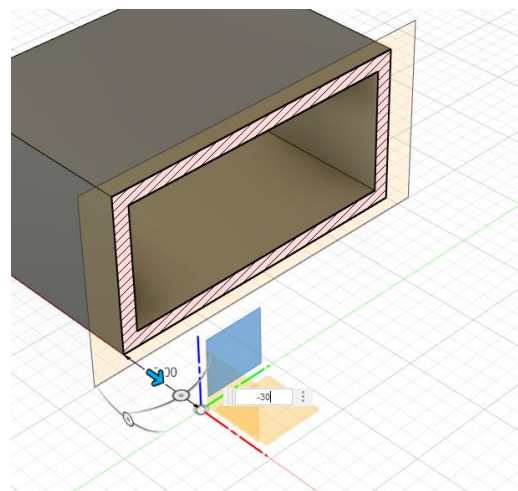


Abbildung 181 Versetzen der Schnittfläche. Damit wird ersichtlich das Werkzeug Schale den kompletten Körper ausgehöhlt und alle Wände stehen gelassen hat.

## Kombinieren

Mit dem Werkzeug *kombinieren* lassen sich mehrere Volumenkörper miteinander verbinden, ausschneiden oder aber auch ihre Schnittmenge erstellen.

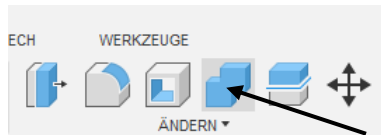


Abbildung 184 Werkzeug *Kombinieren* in der Hauptleiste

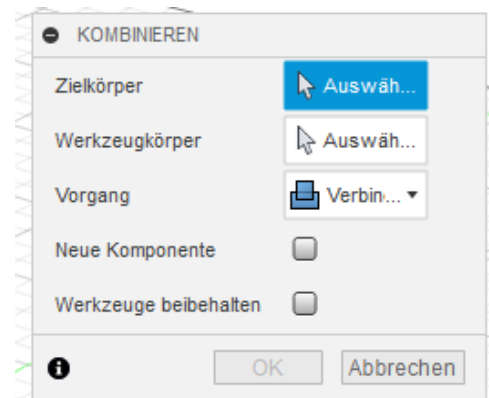


Abbildung 183 Optionenmenü für *Kombinieren*

Zuerst wird der Zielkörper ausgewählt.  
Im Beispiel Körper gelb

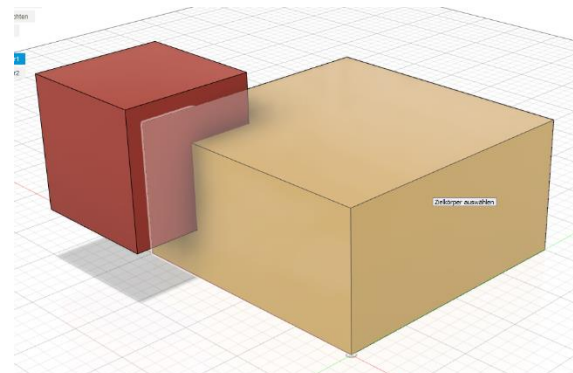


Abbildung 185 Auswahl des Zielkörpers

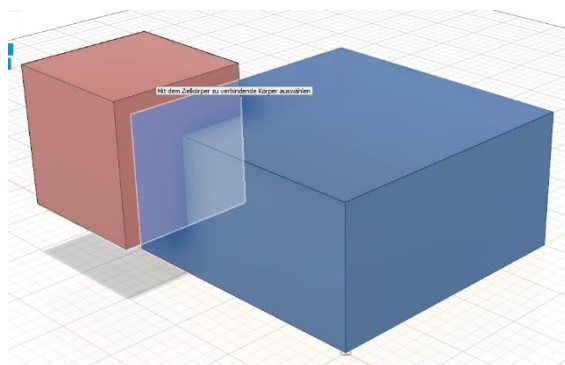


Abbildung 186 Auswahl Werkzeugkörper

Danach einen oder mehrere Werkzeugkörper. Die Reihenfolge der Auswahl der Körper ist wichtig, da Änderungen an der Reihenfolge unterschiedliche Ergebnisse liefern.

Werkzeugkörper werden mit der Standardeinstellung in den Optionen gelöscht. Wie dies umgestellt wird, und wozu es benötigt wird, ist auf den nächsten Seiten näher erklärt

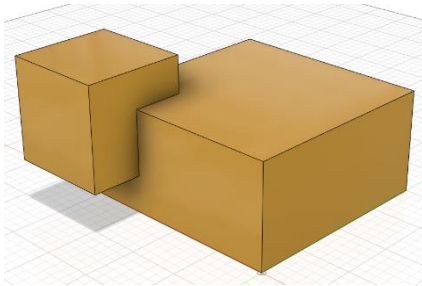


Abbildung 188 Aus zwei Körpern wurde einer

Hier sieht man das Ergebnis nach dem Körper 1 und Körper 2 miteinander verbunden wurden.

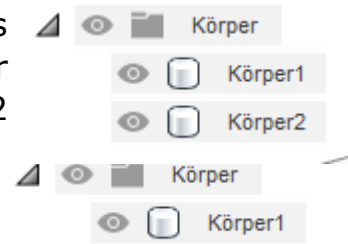


Abbildung 187 Im Browser wurden die Körper ebenfalls miteinander verbunden. Übrig bleibt der Zielkörper.

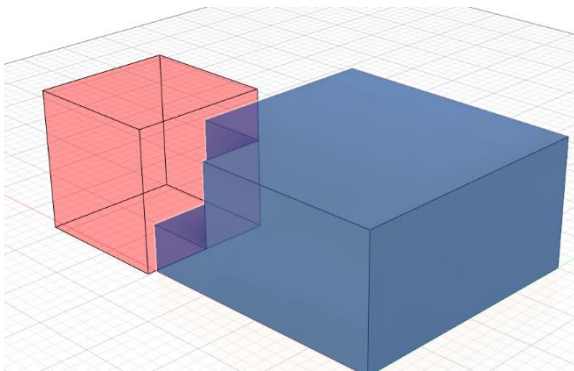


Abbildung 189 Kombinieren mit Vorgang "Ausschneiden"

Beim Ausschneiden wird der Werkzeugkörper in Rot angezeigt. Beim Zielkörper ist bereits ersichtlich das der Werkzeugkörper entfernt wird.

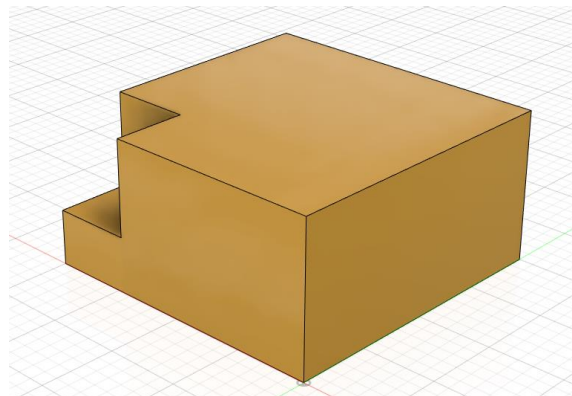


Abbildung 190 Fertige Form nach der Anwendung des Werkzeuges kombinieren

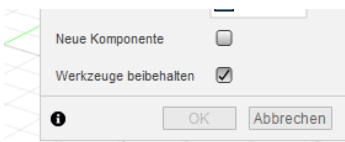


Abbildung 191 Mit gesetztem Haken bei „Werkzeuge beibehalten“ wird Körper 1 ausgeschnitten und Körper 2 bleibt trotzdem als Objekt erhalten

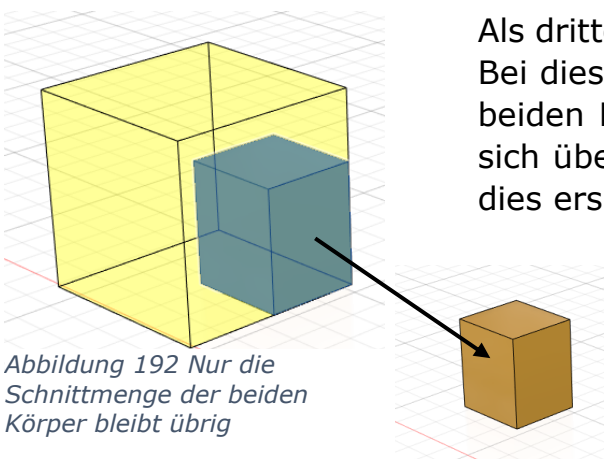


Abbildung 192 Nur die Schnittmenge der beiden Körper bleibt übrig

Als dritte Option wäre noch die Schnittmenge. Bei dieser Option verbleiben nur die Teile der beiden Körper, welche ineinandergreifen (die sich überlappen). Anhand der Abbildung wird dies ersichtlich.

## Verschieben / Kopieren

Mit diesem Werkzeug lassen sich Körper, Komponenten oder Flächen verschieben / kopieren.

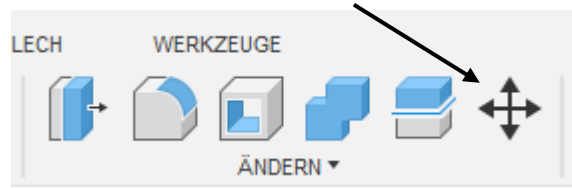


Abbildung 193 Auswahl des Werkzeuges

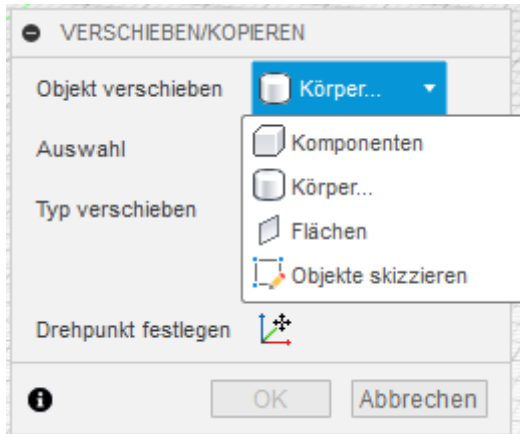


Abbildung 194 Optionenmenü

Als erstes sollte die richtige Auswahl des Objektes getroffen werden.

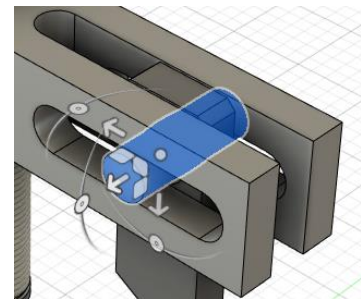


Abbildung 195 Ausgewähltes Objekt (Körper oder Komponente)

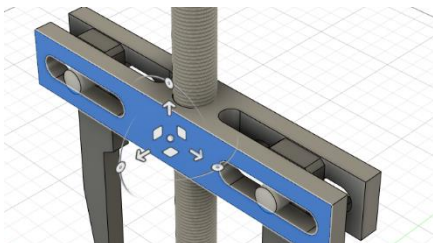


Abbildung 196 Objekt: Fläche aktiviert

Es können Komponente/n (am einfachsten über Browser), der/die Körper (auch im Browser auswählbar) oder eine/mehrere Fläche/n ausgewählt werden.

Mit dem Punkt Objekte skizzieren lassen sich einzelne oder mehrere Skizzen Geometrien, aus einer oder mehreren Skizzen gleichzeitig verschieben.

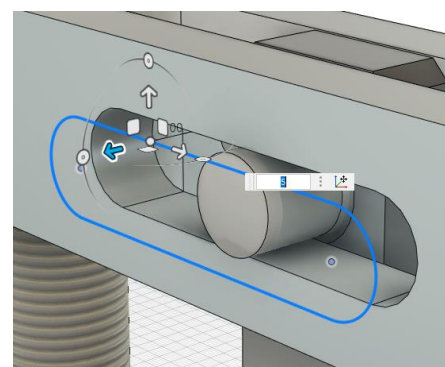


Abbildung 197 Verschiebung einer Skizzengeometrie

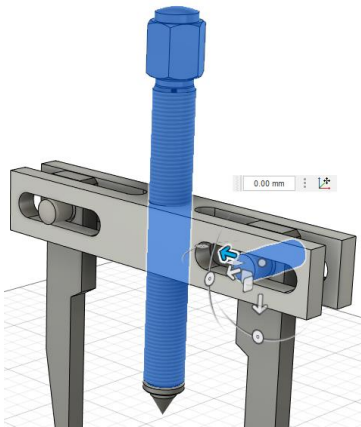


Abbildung 198 Mehrere Objekte sind markiert

Es ist auch möglich mehrere Objekte gleichzeitig zu Verschieben / Kopieren. Nur eine Vermischung mehrerer Objekttypen ist nicht möglich.

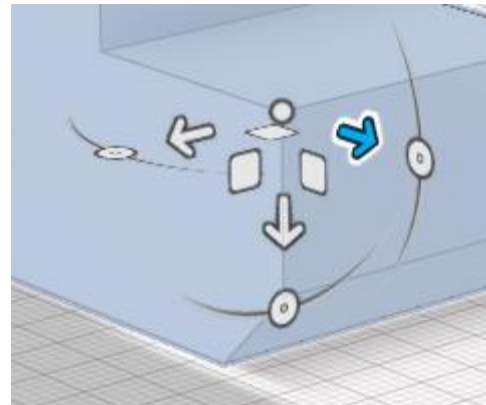


Abbildung 199 Hiermit können Objekte verschoben werden



Mit den Pfeilen können Objekte entlang einer Achse verschoben werden.

Abbildung 200 Drehachse - Pfeil

Bei den Quadraten werden Objekte gleichzeitig in zwei Achsen verschoben.



Abbildung 201 Drehachse - Quadrat



Winkeldrehungen sind mit dem Drehkreuz auch möglich. Dafür werden die Kreise benötigt.

Abbildung 202 Kreis

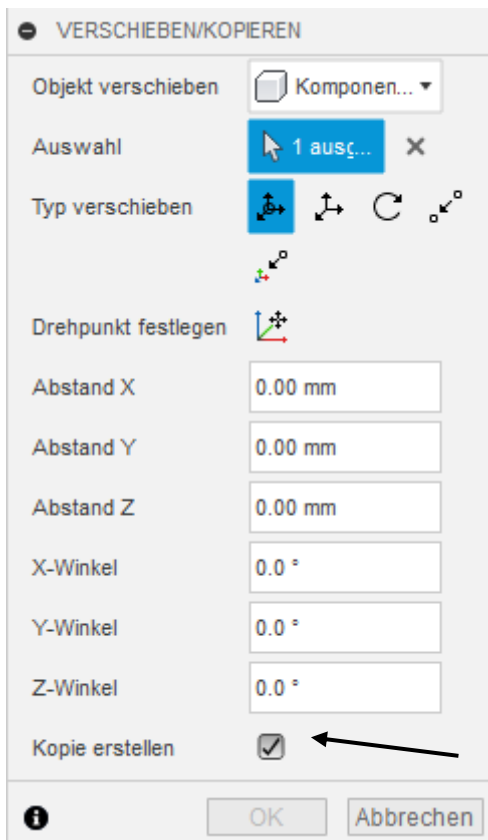


Abbildung 203 Aktiviertes Kästchen damit Objekt nicht verschoben, sondern kopiert wird

Um eine Kopie zu erstellen muss vor der Verschiebung noch der Haken bei *Kopie erstellen* gemacht werden.

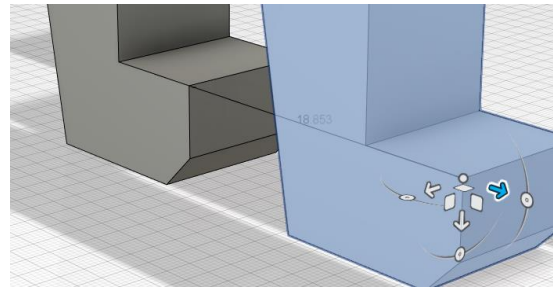


Abbildung 204 Kopieren eines Bauteiles entlang der X-Achse

## Körper teilen

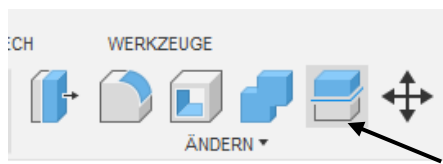


Abbildung 205 Werkzeug Körper teilen in der Hauptwerkzeugleiste

Mit dem Werkzeug Körper teilen, lässt sich ein Objekt in zwei Hälften teilen.

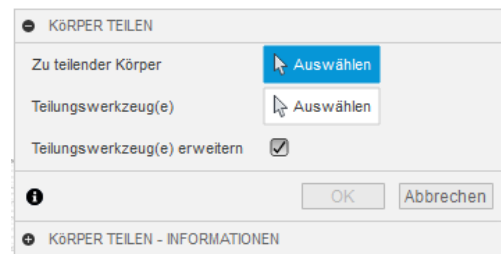


Abbildung 206 Optionenmenü

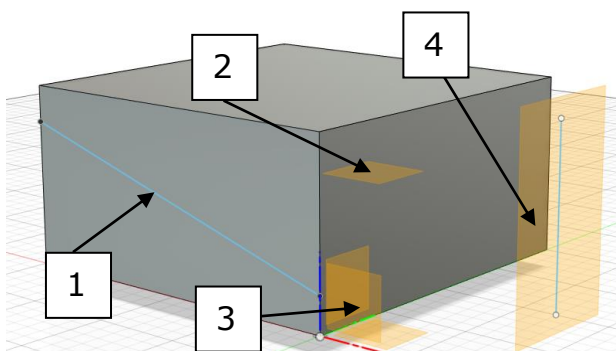


Abbildung 207 Auswahl des Teilungswerkzeuges

Als Teiler können Skizzierkurven (1), Konstruktionsebenen (2) oder aber auch die Ursprungsebenen (3) verwendet werden. Die Skizzierkurven können direkt am Körper (1) oder auch auf anderen Ebenen (4) erstellen.

Nach dem Aktivieren des Werkzeuges, wird zuerst der zu teilende Körper ausgewählt.

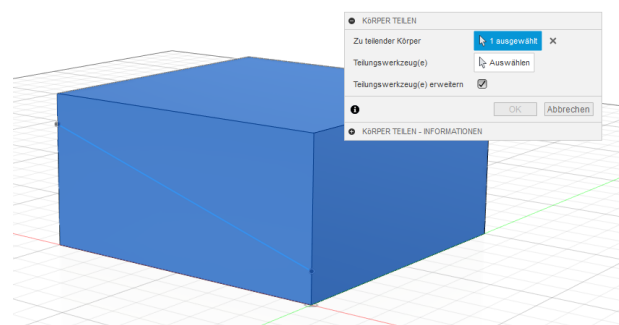


Abbildung 208 Auswahl des zu teilenden Körper

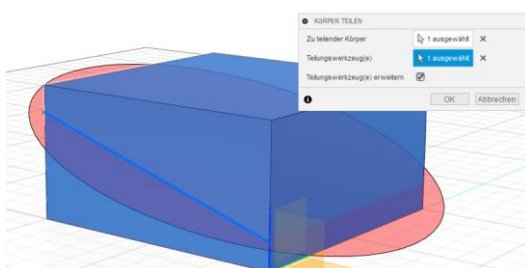


Abbildung 209 Ausgewähltes Teilungswerkzeug

Anschließend ist unter dem Punkt Teilungswerkzeuge eine Linie oder Ebene durch die der Körper geteilt werden soll, auszuwählen.

Der Körper ist jetzt in zwei Teile aufgetrennt, die unabhängig voneinander weiterbearbeitet werden können.

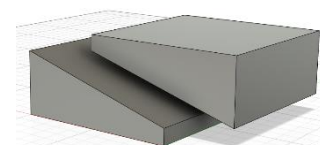
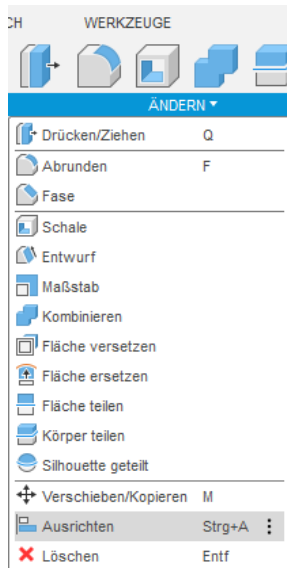


Abbildung 210 geteilter Körper



## Ausrichten



Durch das Werkzeug Ausrichten lassen sich Objekte miteinander ausrichten.

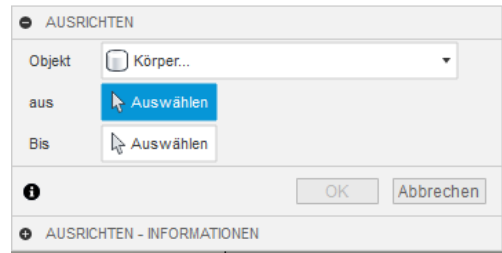


Abbildung 211 Optionenmenü Ausrichten

Abbildung 213 Ausrichten befindet sich im Untermenü Ändern

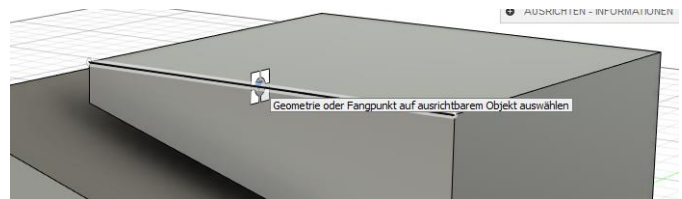


Abbildung 212 Einrastpunkt an einer Kante

Dies können unter anderem Komponenten, Körper oder auch eine Konstruktionsgeometrie sein. Letzteres dient hierbei nur zur Ausrichtung und lässt sich dadurch nicht verschieben.

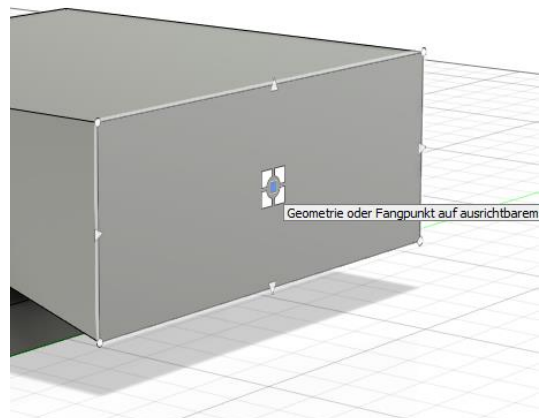


Abbildung 214 Einrastpunkt bei einer Fläche (Mitte)

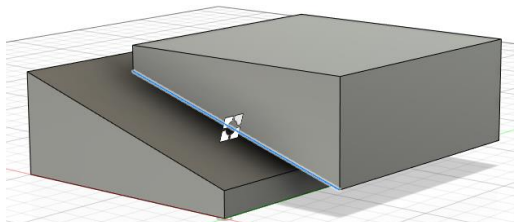


Abbildung 215 Auswahl des zu Ausrichtenden Körpers an der Kante

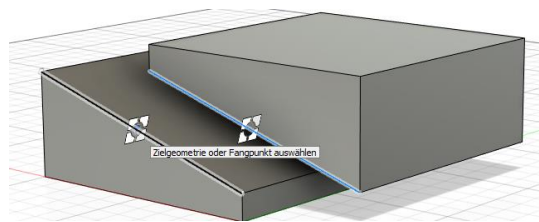


Abbildung 216 Anschließend wohin die zuerst ausgewählte Kante ausgerichtet werden soll

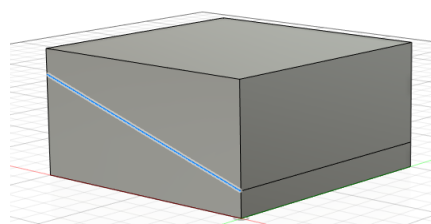
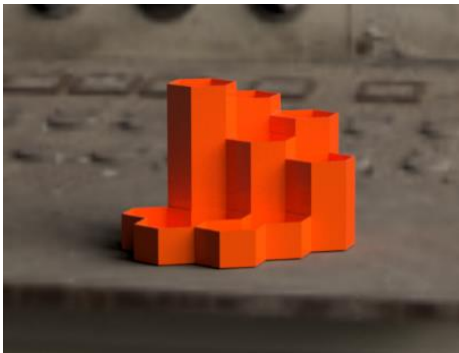


Abbildung 217 Fertig ausgerichtete Körper

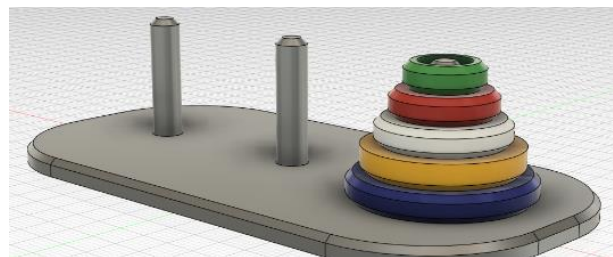
## 2 Modelle erstellen

In diesem Kapitel wird näher auf das Erstellen von Körpern, Bauteilen, Komponenten und Komponentengruppen eingegangen.

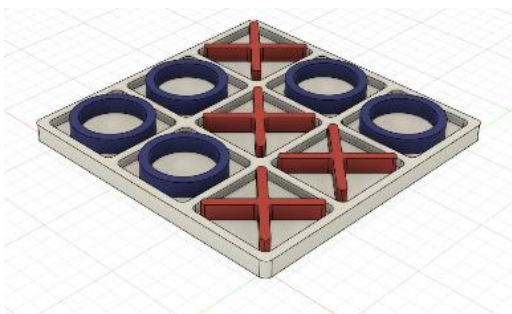
---



Stifte Halter



Türme von Hanoi



Tic Tac Toe



Geschenkebox erstellen

*Designtipps*

---

## 2.1 Stifte Halter

In diesem Projekt werden sechseckige Polygone zu einzelnen Behältern hergestellt. Anschließend werden sie zu einem Objekt zusammengefügt.

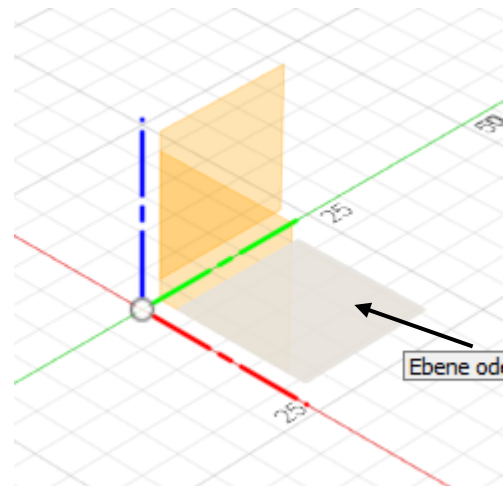
Die Größe und Höhe der Behälter können beliebig gewählt werden, jedoch wird empfohlen, zuerst die angegebenen Werte in diesem Tutorial zu benutzen.

Da Polygone nicht direkt als Volumenobjekt auswählbar sind, sollte zunächst eine Skizze erstellt werden.

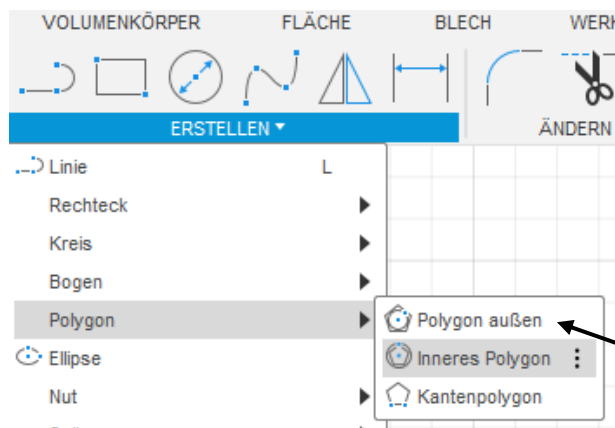


Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, folgt nun die Auswahl der Erstellungsebene.

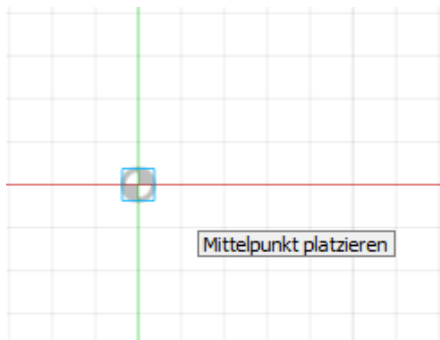
*Tip: Auf die Fläche zwischen roter und grüner Achse klicken.*



Nach dem dies gemacht wurde, ändert sich die Werkzeugleiste und bieten andere Werkzeuge zur Auswahl.

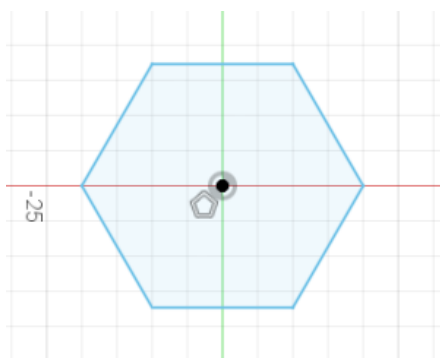
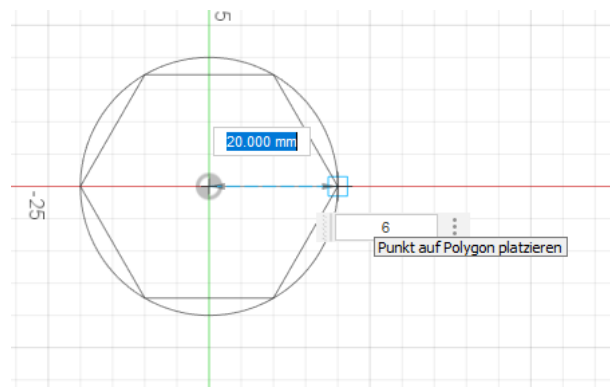


Für den nächsten Schritt wird „Inneres Polygon“ aus der Werkzeuggruppe „Polygon“ benötigt.

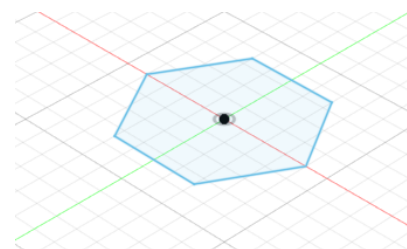
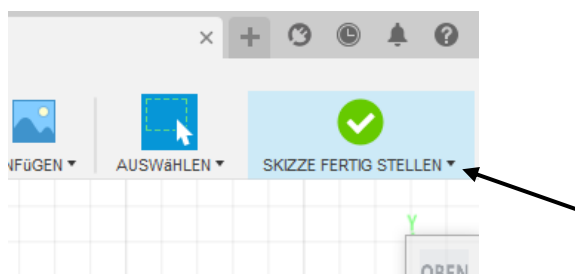


Platzieren des Mittelpunktes für die Polygonerstellung.

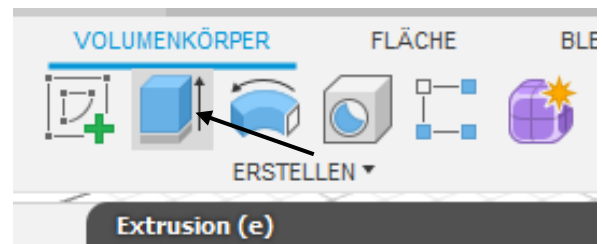
Nun wird der Umkreisradius von 20mm festgelegt. Zusätzlich besteht auch die Möglichkeit, anstelle eines Sechsecks, andere Polygone wie zum Beispiel ein Oktagon zu erstellen.



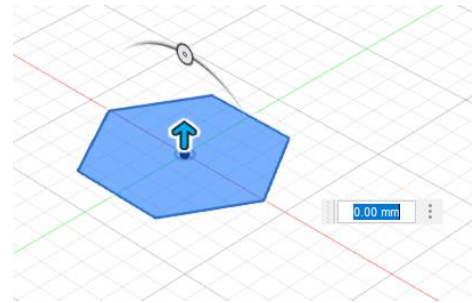
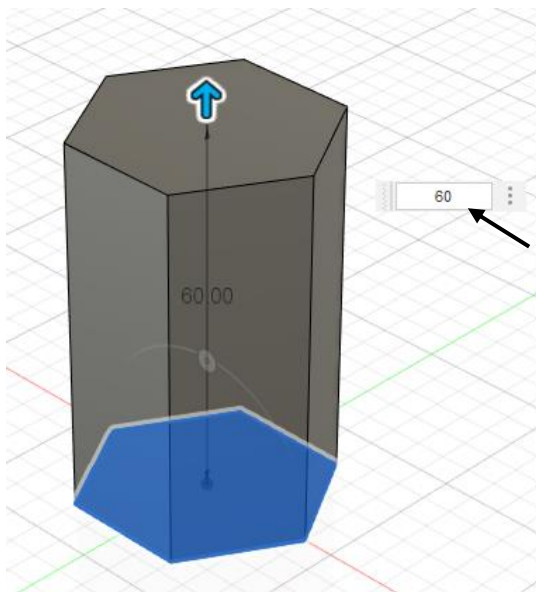
Nachdem die Skizze des Polygons erstellt wurde, wird der Skizzenmodus mit einem Klick auf „Skizze fertig stellen“ beendet. Damit wird auch unser Ansichtsfenster von einem 2D, zu einem 3D Arbeitsbereich.



Damit aus der Skizze ein Volumenkörper wird, muss die Grundfläche noch zu einem 3D extrudiert werden.

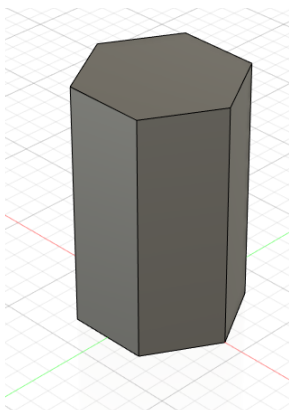
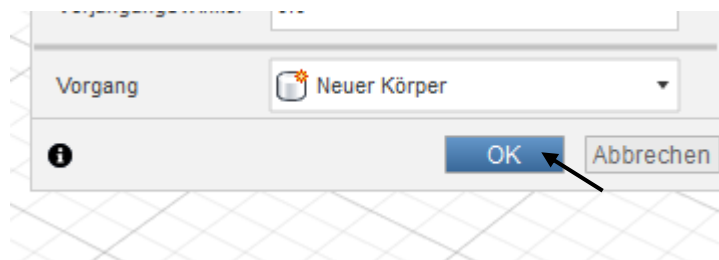


Dies geschieht mit dem Werkzeug „Extrusion“.



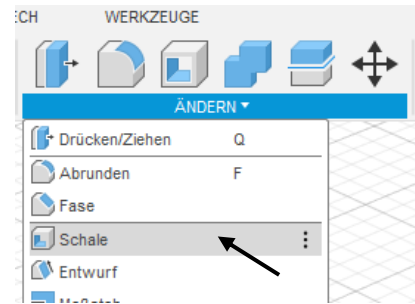
Mit dem blauen Pfeil kann der Körper in die Höhe gezogen werden. Für eine genau Angabe der Höhe, sollt der Wert in das dafür zugehörige Feld eingefügt werden.

Mit Taste „OK“ den Körper fertigstellen.

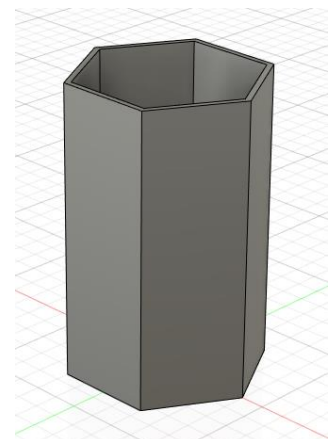
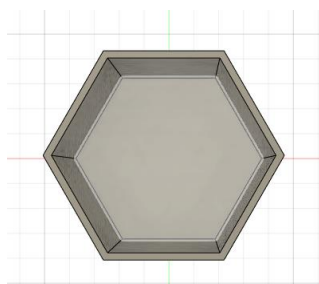
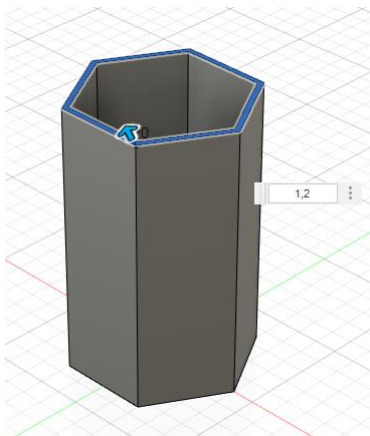


Zum Schluss sollte der Sechseckige Körper wie auf dem Bild links aussehen.

Jetzt wird mit dem Werkzeug „Schale“ aus dem Körper ein Behälter. Damit später beim Slicen und Drucken keine Fehler oder Lücken auftreten, sollte die Wandstärke der Druckerdüse angepasst werden. Beste Kosten/Nutzen Ergebnisse lieferten die Werte 1,2mm bzw. 1,6mm.



*Bei einer Druckerdüse von 0.4 mm sollten die Wandstärken beispielsweise 0.8, 1.2, 1.6, ... betragen.*

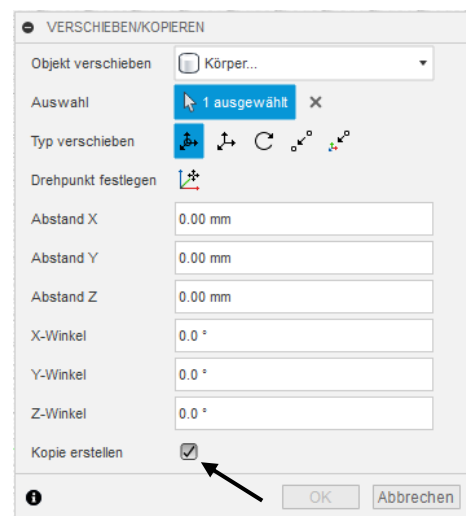
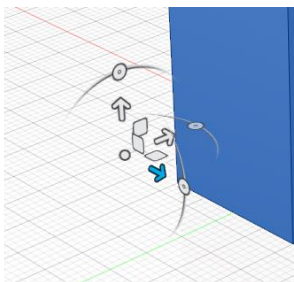


Nachdem der erste Behälter des Stifte Halters nun fertig ist, wir mit den Werkzeugen „Verschieben/Kopieren“ und „Ausrichten“, das Bauteil vervielfältigt und miteinander ausgerichtet.

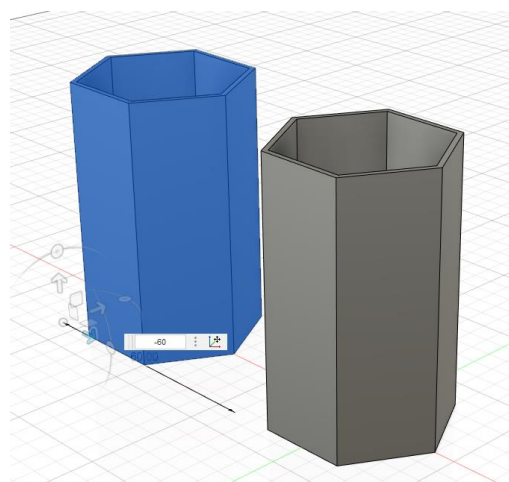


*Tip: Vorher im Browser den Körper auswählen.*

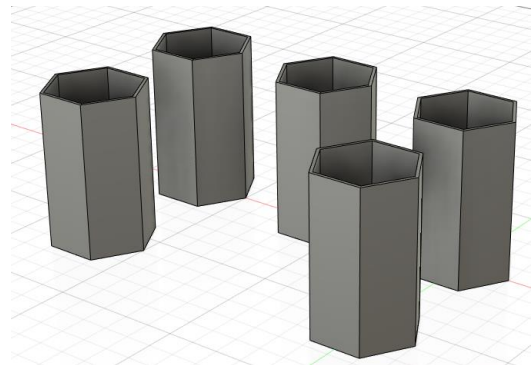
Vor dem Verschieben des Sechseckigen Behälters, muss in den Optionen das Feld „Kopie erstellen“ angehakt sein.



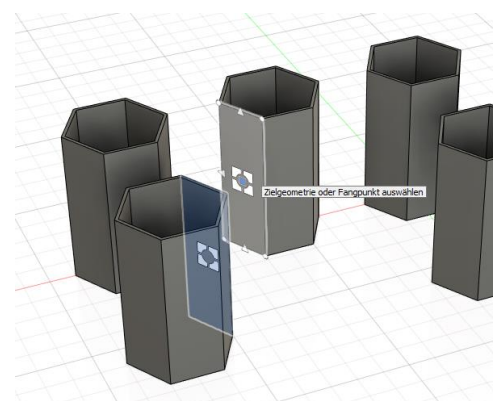
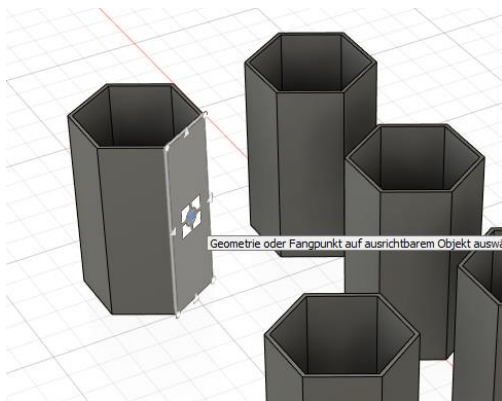
Mit den Pfeilen in eine Richtung (X oder Y) verschieben. Danach mit OK bestätigen.



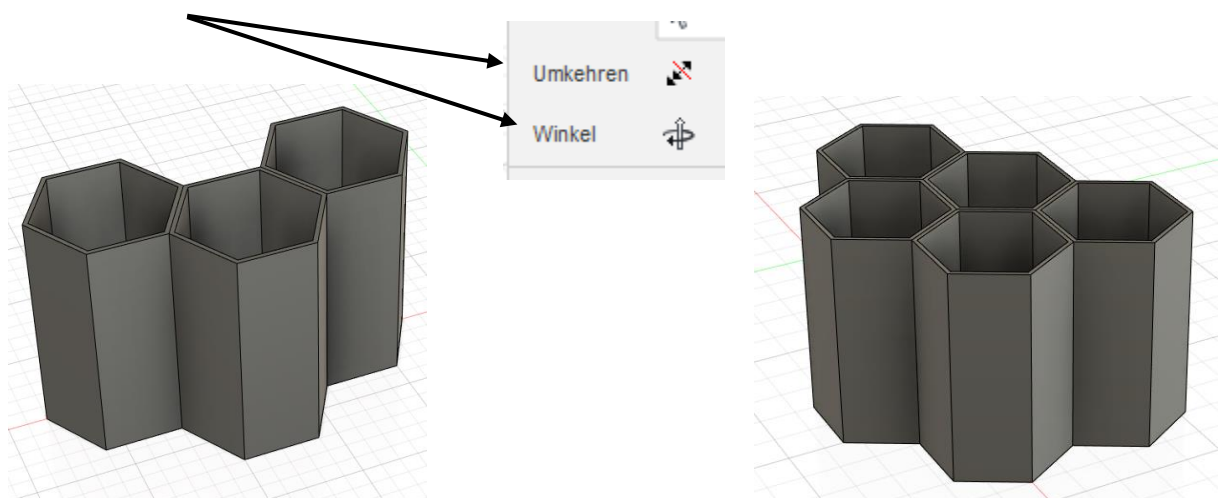
Mit derselben Vorgehensweise werden damit noch weitere Behälter erstellt.



Jetzt werden die einzelnen Körper miteinander ausgerichtet. Dafür ist das Werkzeug „ausrichten“, im Untermenü *Ändern*, zuständig.

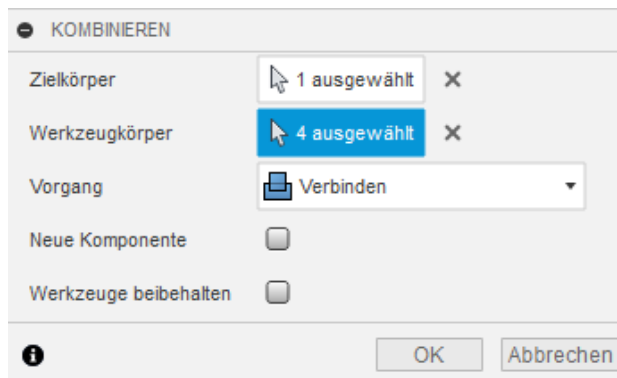
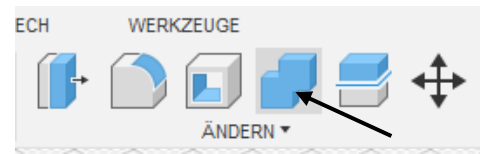


Wichtig ist hierbei das zuerst der zu ausrichtende Körper zuerst gewählt wird. Anschließend die Fläche des anderen Körpers auswählen. Falls Körper nicht korrekt ausgerichtet sind, besteht noch die Möglichkeit, dies mit dem Modifikatoren in den Optionen zu verändern.



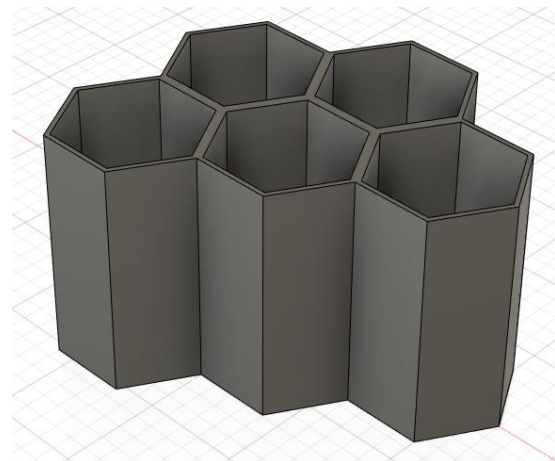
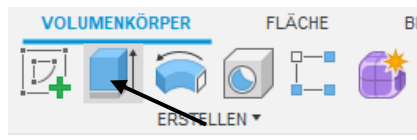


Als letzten Schritt werden die 5 Waben noch miteinander verbunden. Dies wird mit Werkzeug „kombinieren“ bewerkstelligt.



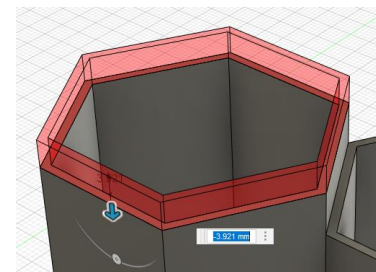
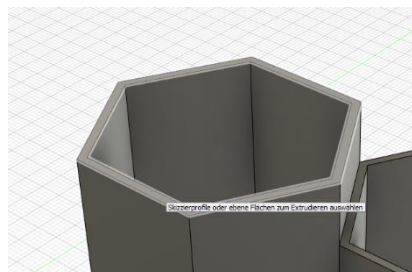
Nachdem Werkzeug gestartet wurde, werden nacheinander alle Waben angeklickt. Zum Schluss mit „OK“ bestätigen.

Bevor die fünf Waben miteinander kombiniert werden, können die einzelnen Teile auch in der Höhe modifiziert werden.

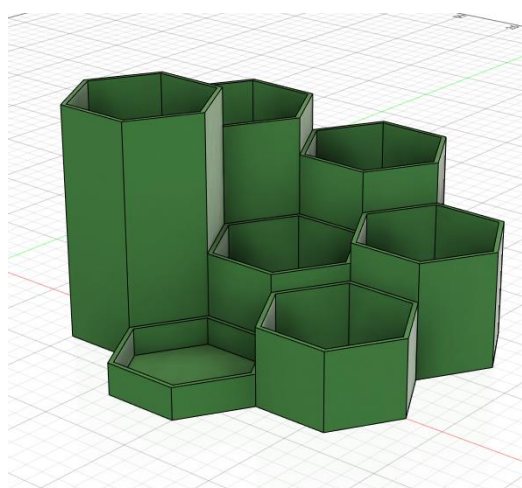
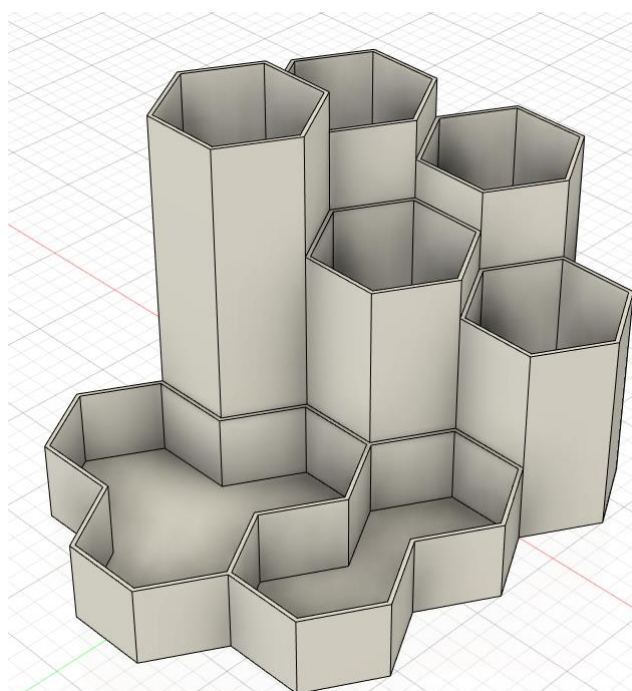
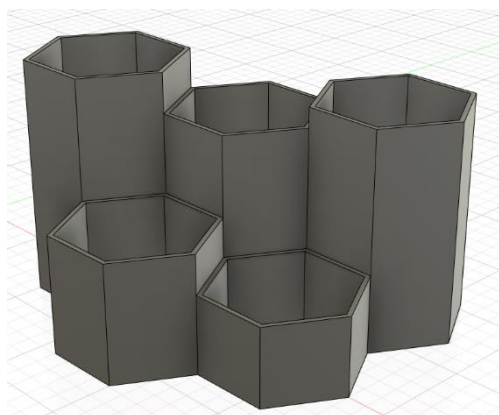


Dies geschieht mit dem Werkzeug „Extrusion“.

Nachdem das Werkzeug in der Menüleiste ausgewählt wurde, muss lediglich die Oberkante von einer Wabe gewählt werden, und anschließend nach unten gezogen werden (Zahleneingabe auch möglich).



Auf der nächsten Seite sind ein paar Designideen für die Gestaltung des Stifte Halters (Eingefärbt wurde mit Werkzeug „Darstellung“ Shortcut „a“).

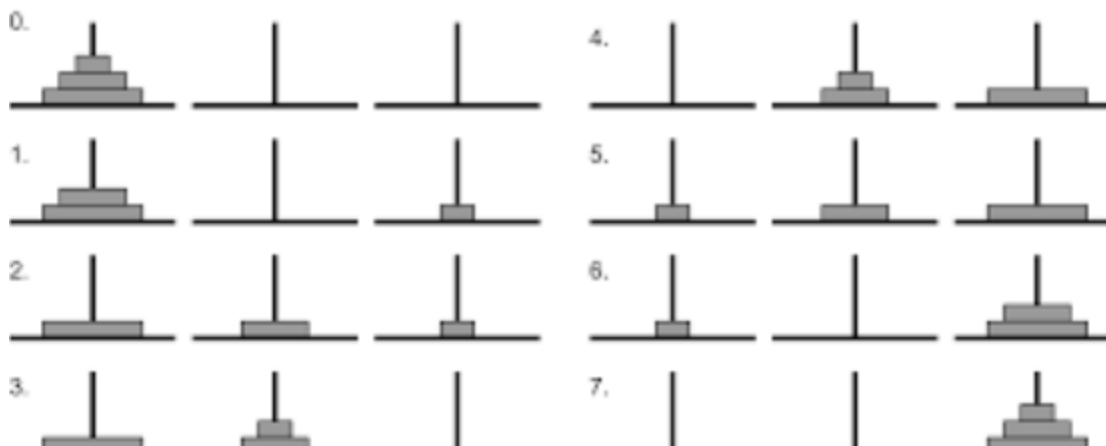


## 2.2 Türme von Hanoi

Bei dieser Anleitung handelt es sich um die Konstruktion des mathematischen Knobel- und Geduldspiels „Die Türme von Hanoi“

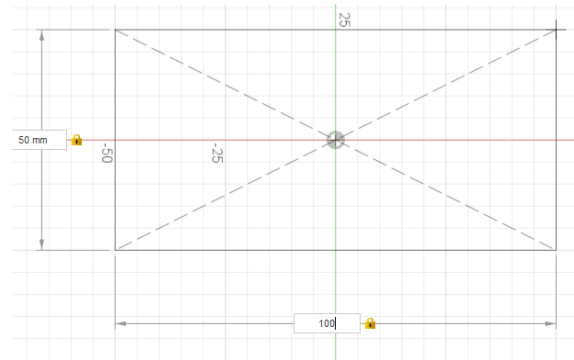
### Wissenswertes

Das Spiel besteht aus drei gleich großen Stäben A, B und C, auf die mehrere gelochte Scheiben gelegt werden, alle verschieden groß. Zu Beginn liegen alle Scheiben auf Stab A, der Größe nach geordnet, mit der größten Scheibe unten und der kleinsten oben. Ziel des Spiels ist es, den kompletten Scheiben-Stapel von A nach C zu versetzen.

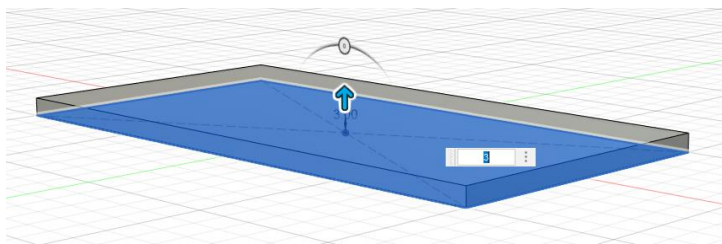
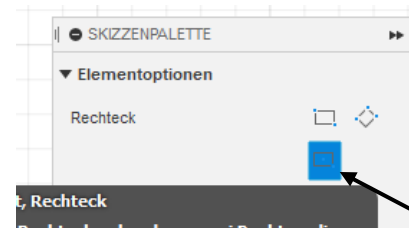


Bei jedem Zug darf die oberste Scheibe eines beliebigen Stabes unter der Voraussetzung, dass sich dort nicht schon eine kleinere Scheibe befindet, auf einen der beiden anderen Stäbe gelegt werden. Folglich sind zu jedem Zeitpunkt des Spieles die Scheiben auf jedem Feld der Größe nach geordnet.

Als erstes wird mit einer Skizze gestartet. In dieser wird eine Rechtecks Fläche für die Bodenplatte erstellt. Diese wird in der Größenordnung von 100 x 50 mm erstellt.

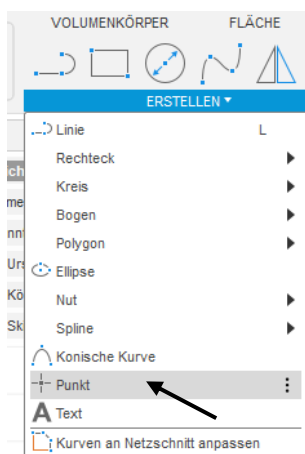


Fürs erstellen wurde in diesem Tutorial das Rechteck aus der Mitte aufgezo-gen. Damit fällt der Mittelpunkt genau auf den Ursprungspunkt des Weltkoordinatensystems von Fusion 360.

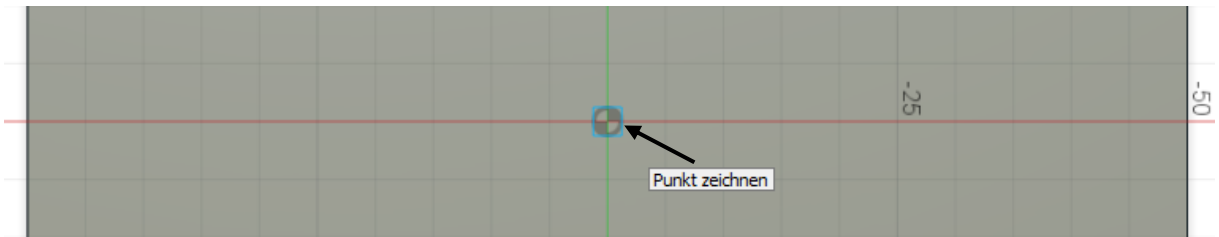


Nachdem erstellen des Rechteckes, links oben auf den Button „Skizze fertig stellen“ klicken, und die erstellte Fläche mit dem Werkzeug „Extrusion“ 3mm extrudieren.

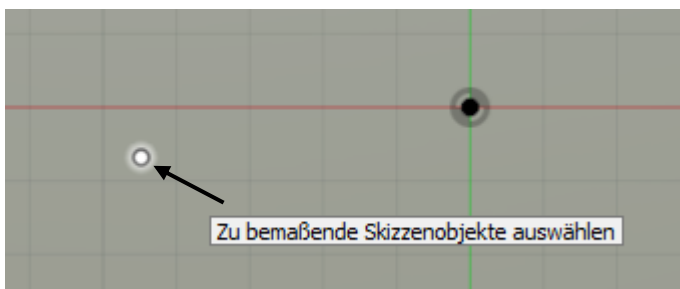
Für die Bohrungen wird zunächst eine Skizze auf der Oberseite des neu erstellten Körpers erstellt.



Damit die Bohrungen erstellt werden können, werden Skizzierpunkte benötigt. Diese werden zunächst über das Dropdown Menü „erstellen“ unter „Punkt“ gestartet. Es werden drei Punkte für die Bohrungen benötigt. Der erste kann genau auf dem Ursprungspunkt liegen. Die anderen beiden werden zunächst frei auf dem Körper platziert, und anschließend auf die korrekte Position positioniert.

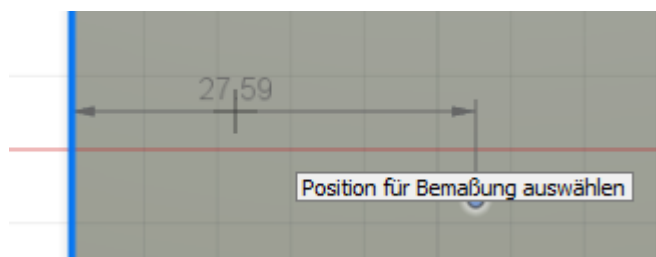


Für die genaue Positionierung wird das Werkzeug Skizzenbemaßung benötigt. Dieses ist in der Werkzeughauptleiste zu finden.



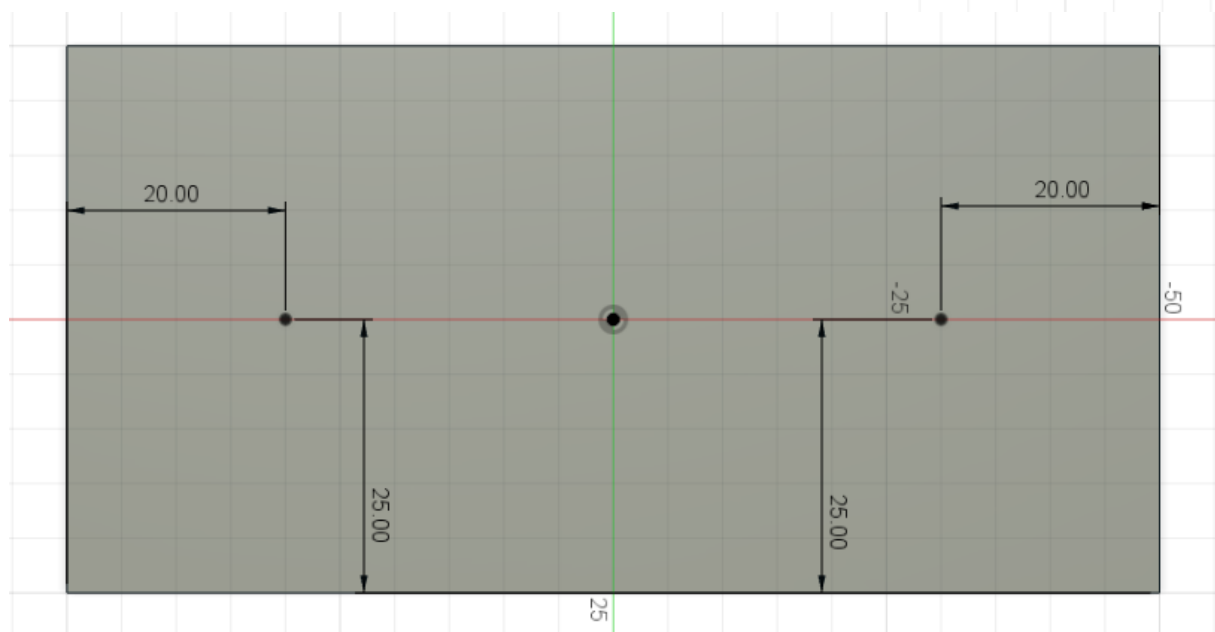
Als erstes wird der Skizzierpunkt angeklickt und danach die linke Körperkante.

Zunächst wird die Position der Bemaßung angegeben und anschließend kann der korrekte Wert der Bemaßung angegeben werden.



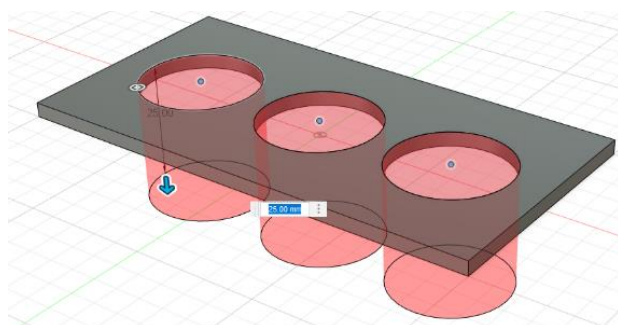
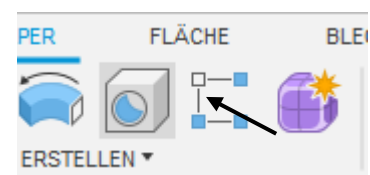
Die gleichen Schritte werden auch mit dem gleichen Skizzierpunkt gemacht, jedoch dieses Mal mit der unteren Körperkante. Das Maß hier beträgt 25mm.

Auch der rechte Skizzierpunkt wird auf die gleiche Weise in der Skizze ausgerichtet.

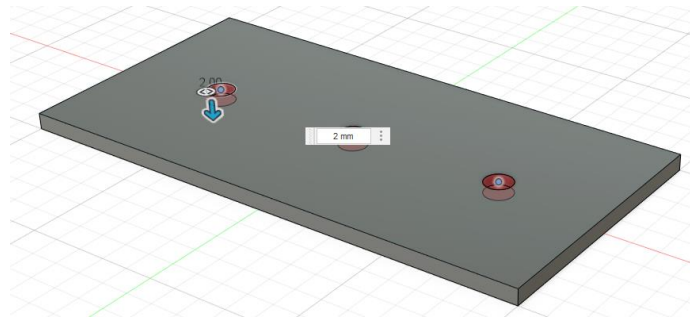
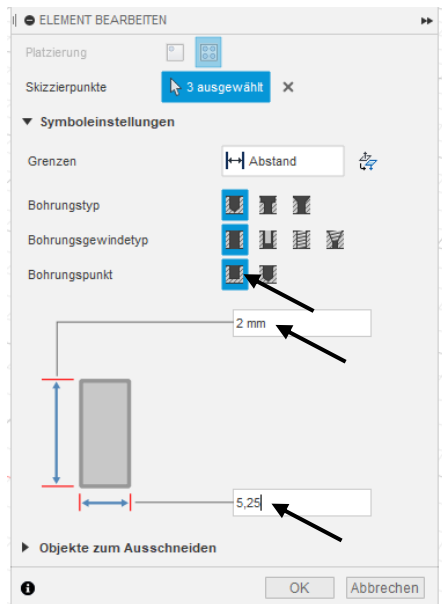


Mit „Skizze fertig stellen“ wird wieder in die 3D Arbeitsoberfläche gewechselt.

Jetzt werden an den Skizzierpunkten, Bohrungen erstellt. Nachdem das Werkzeug ausgewählt wurde und die Punkte gewählt wurden, zeigt die Vorschau die Bohrungen.

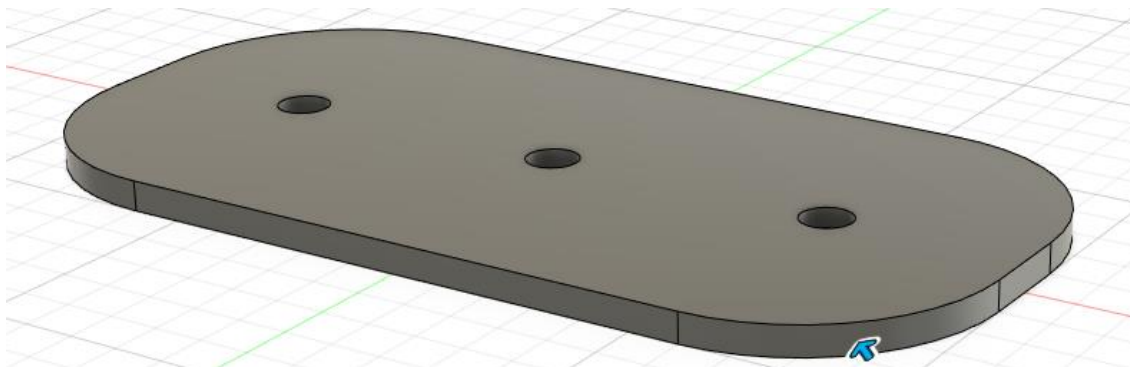


Diese werden im Optionenmenü angepasst (siehe Bild).

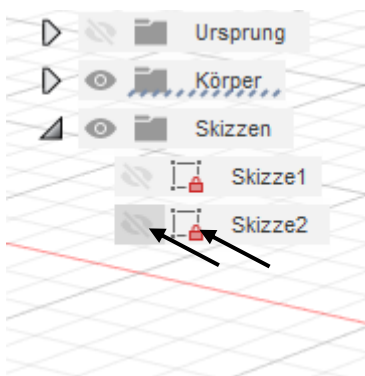


*Für Passungen beim 3D Druck sollten 0,1 bis 0,5 Toleranz mitberechnet werden.*

Die Kanten anschließend 20mm mit dem Werkzeug „Abrunden“ abrunden.



Im nächsten Schritt werden die drei Stäbe erstellt. Da bereits an der Oberkante eine Skizze erstellt wurde, sollte mit dieser weitergearbeitet werden.

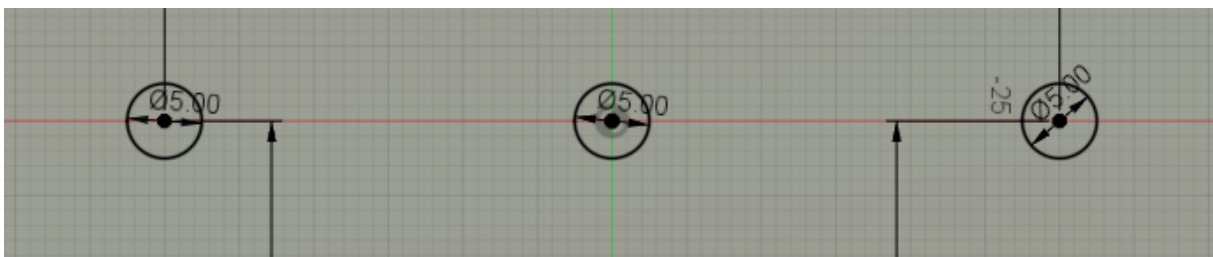
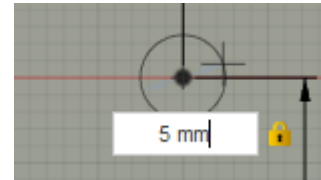


Dafür wird im Browser die Skizze (klick auf das hellgraue Auge) wieder aktiv gestellt und gestartet (Doppelklick auf das Skizzensymbol rechts neben den Augensymbol).

Jetzt werden auf allen Skizzierpunkten Kreise in der Größe von 5mm Durchmesser erstellt.

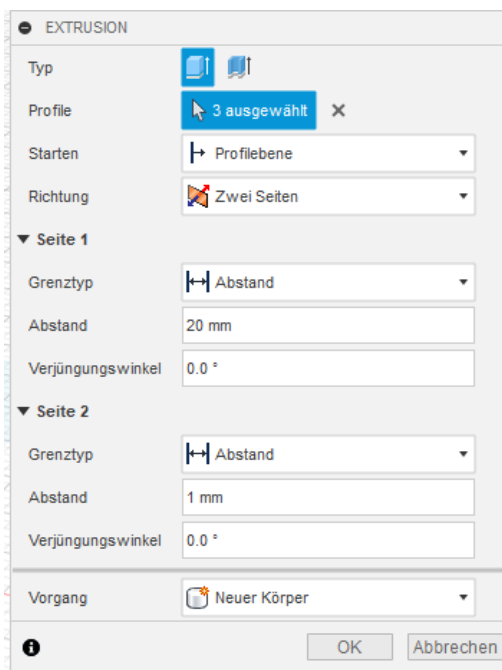
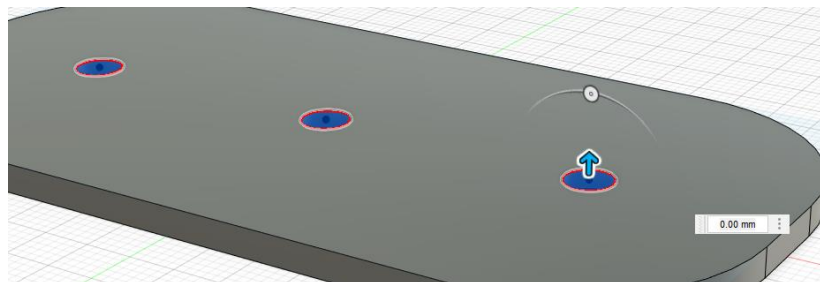


Nachdem der Mittelpunkt (Skizzierpunkt) gewählt wurde, kann die Größe eingegeben werden.

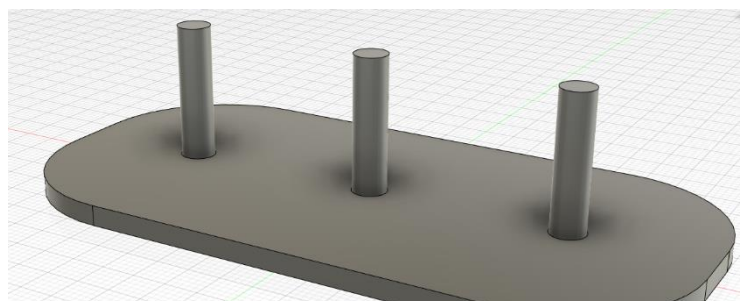


Damit die drei Stäbe erstellt werden könne zunächst die Skizze beenden und das Werkzeug „Extrusion“ auswählen.

Jetzt können die drei erstellten Kreise ausgewählt werden. Die Extrusion erfolgt nun in zwei Richtungen (siehe Bild).



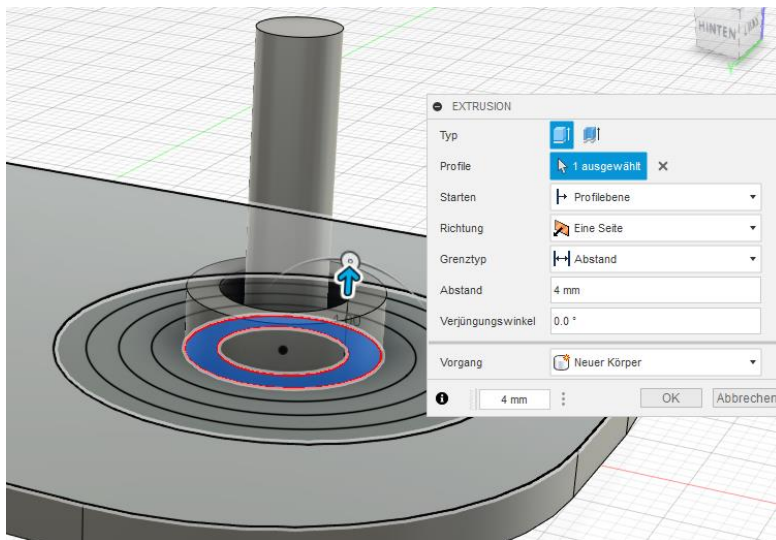
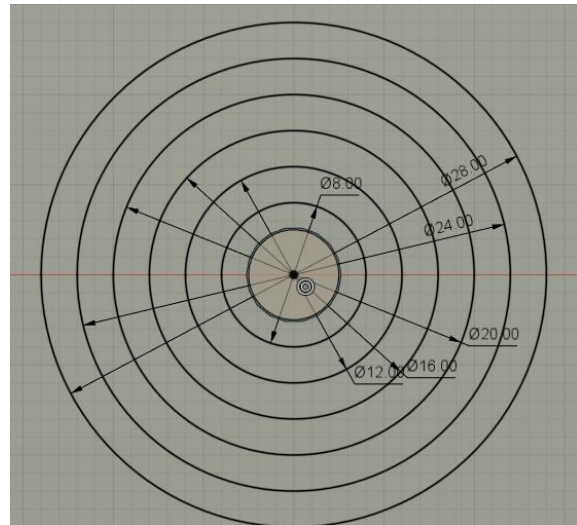
Wenn alles funktioniert hat, sehen die Körper aus wie auf dem Bild unterhalb.





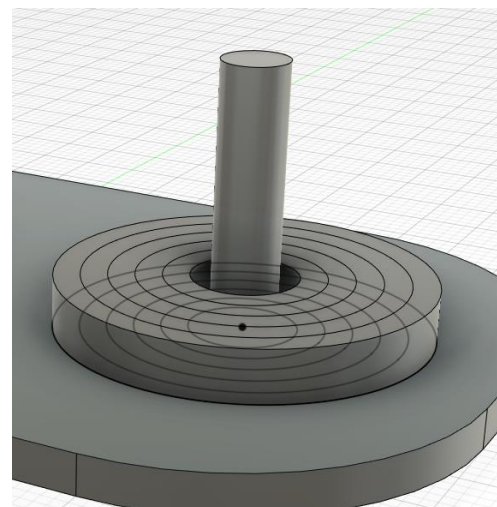
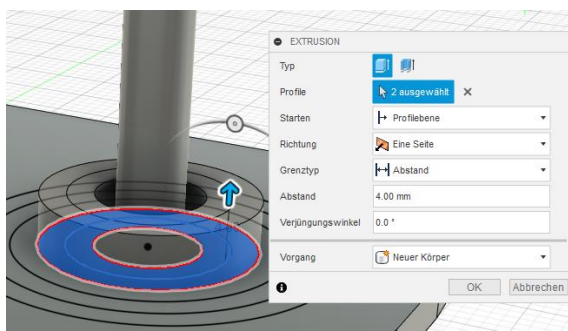
Nun werden die Scheiben erstellt. Dafür wird für die Einfachheit eine neue Skizze an der Oberseite des Grundkörpers erstellt.

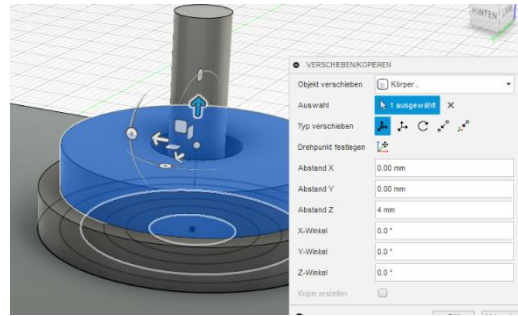
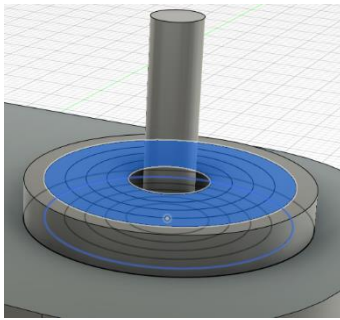
Dieses Mal werden mehrere Kreise erstellt (siehe Bild).



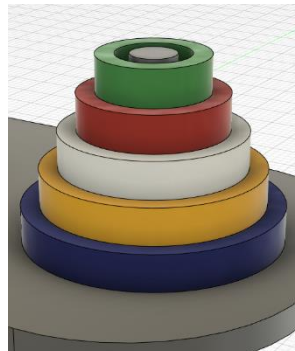
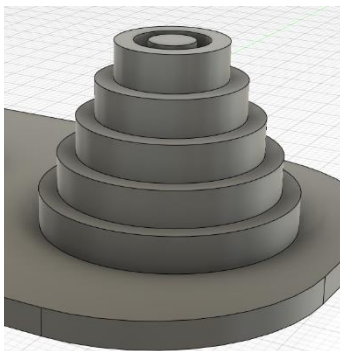
Jetzt werden die einzelnen Scheiben nach und nach aus der Skizze extrudiert.

*Wichtig in diesem Schritt ist das immer **Neuer Körper** bei Vorgang einstellt wird.*



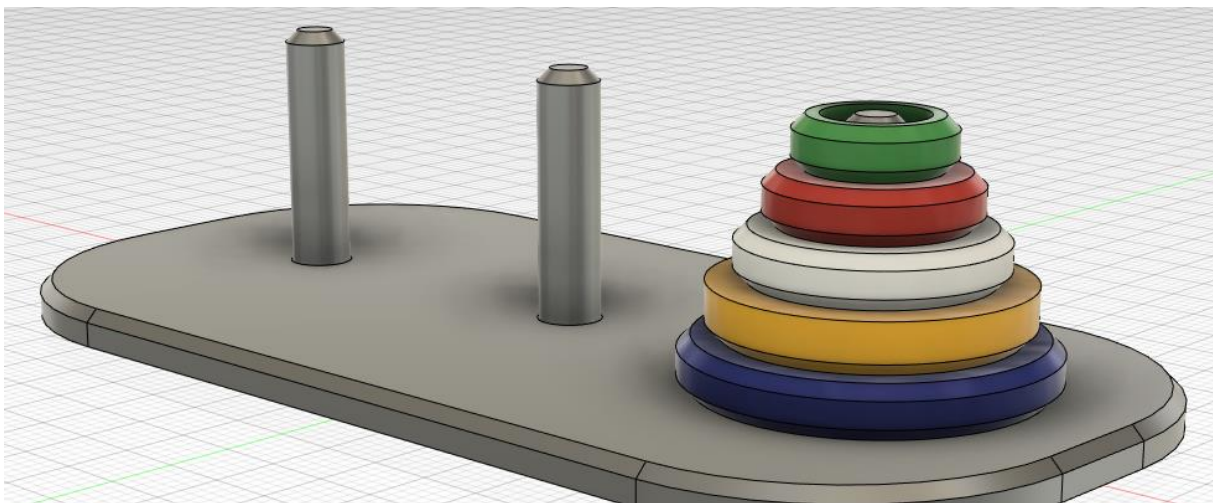


Mittels verschieben/kopieren Werkzeug die einzelnen Scheiben in die richtige Position verschieben.

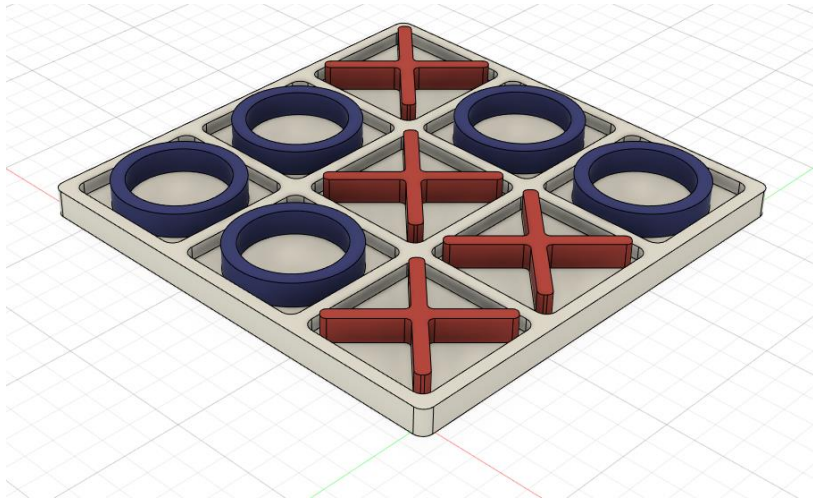


Für die bessere Sichtbarkeit, können einzelne Objekte mit dem Werkzeug „Darstellung“ farblich angepasst werden. Dies hat nichts zu tun mit der Auswahl der Farbe bei einem 3D Druck.

Mit Abrundungen oder Fasen können die Grundplatte, Stäbe und Scheiben optisch noch aufgewertet werden.



## 2.3 Tic Tac Toe

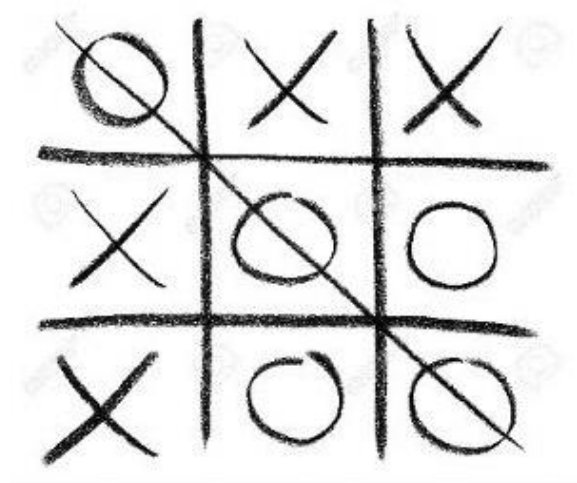


In dieser Übung wird erklärt, wie Tic Tac Toe oder Drei gewinnt, für den 3D Druck mit Fusion 360 konstruiert wird.

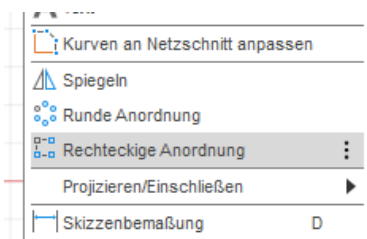
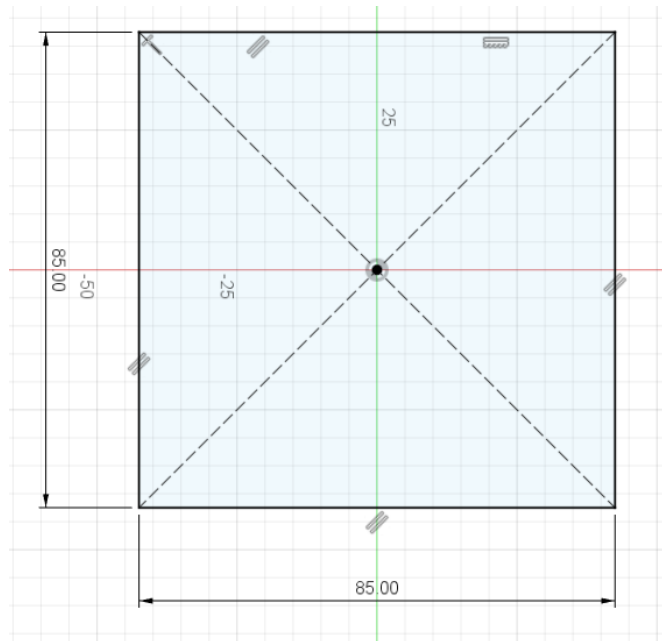
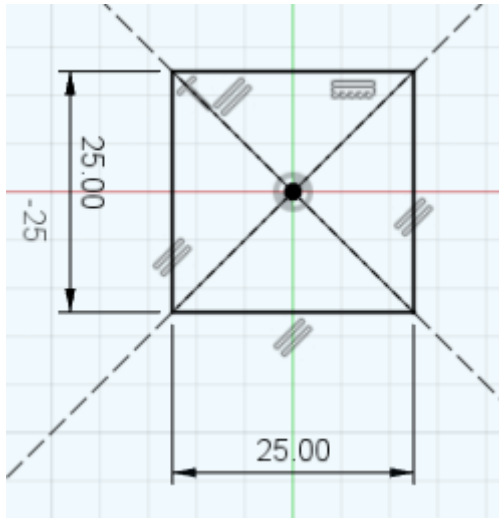
### Über das Spiel selbst

Tic-Tac-Toe oder Drei gewinnt ist ein klassisches, einfaches Zweipersonen-Strategiespiel, dessen Geschichte sich bis ins 12. Jahrhundert v. Chr. zurückverfolgen lässt.

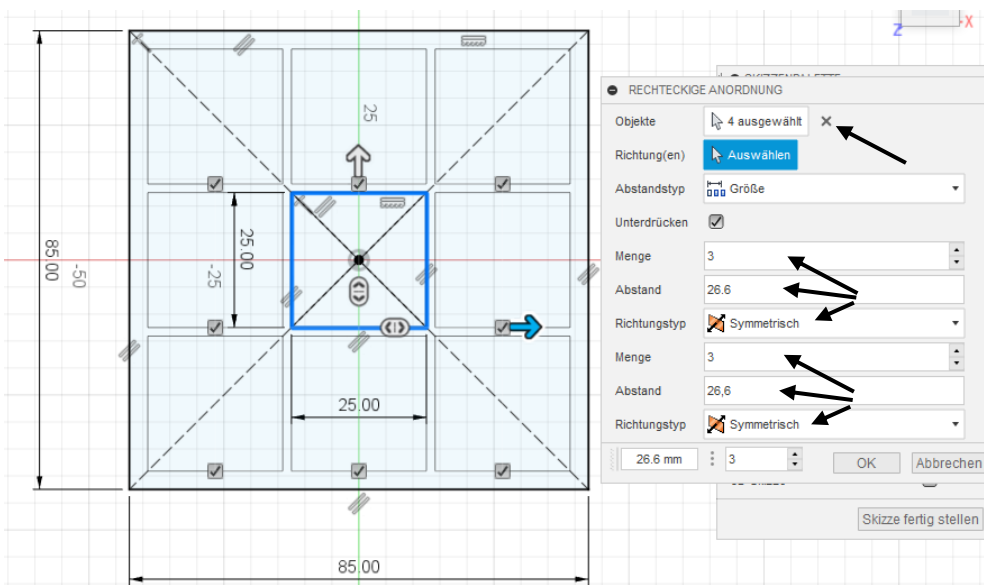
Auf einem quadratischen, 3×3 Felder großen Spielfeld setzen die beiden Spieler abwechselnd ihr Zeichen in ein freies Feld. Der Spieler, der als Erster drei Zeichen in eine Zeile, Spalte oder Diagonale setzen kann, gewinnt. Wenn allerdings beide Spieler optimal spielen, kann keiner gewinnen, und es kommt zu einem Unentschieden.

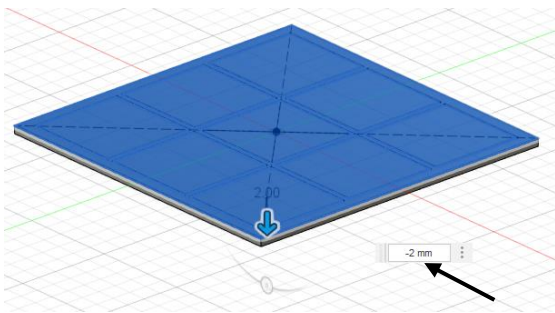


Zunächst wird eine Skizze erstellt, in der ein Quadrat mit 85mm x 85 mm aufgezo- gen

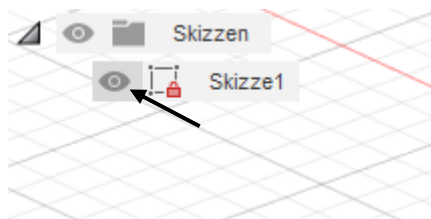


Danach ein zweites mit 25mm x 25 mm. Die beiden Mitten sollten auf demselben Ursprungspunkt sitzen. Anschließend mit dem Werkzeug „Rechteckige Anordnung“ werden aus dem einen Quadrat mehrere einzelne in dem großen Quadrat. Die genaue Einstellung ist im Bild unterhalb ersichtlich.



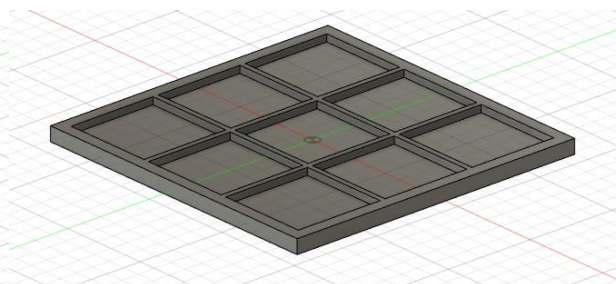
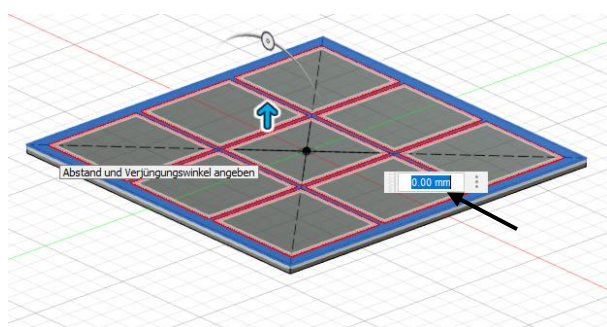


Nachdem die Anordnung in der Skizze fixiert wurde, werden nun die einzelnen Profile daraus extrudiert. Als erstes sollten alle Flächen markiert werden und diese mit 2mm Richtung -Z Achse erstellt werden. Die Skizze wird daraufhin automatisch ausgeblendet.

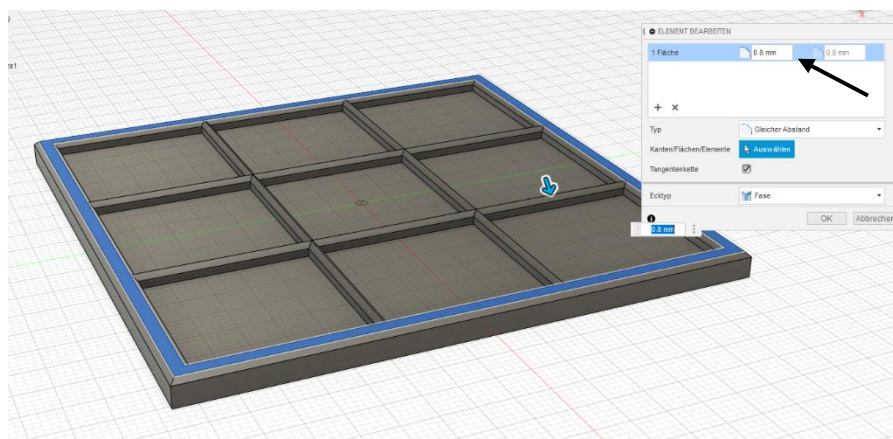


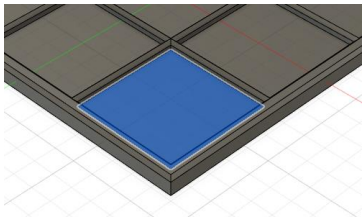
Sie wird für den nächsten Schritt jedoch wieder benötigt, und sollte deshalb wieder eingeblendet werden (Das ausgegraute Auge anklicken).

Nun kann das obere Gitter aus der vorher erstellten Grundfläche, heraus extrudiert werden. Hier werden auch wieder 2mm benötigt.



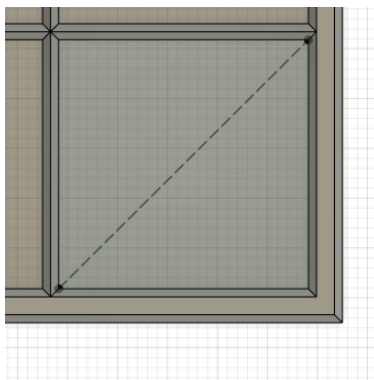
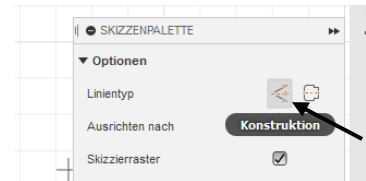
Zur optischen Aufbesserung können einzelne Ecken / Kanten noch abgerundet oder abgefast werden. Im Bild wurde die obere Fläche mit 0,8mm abgefast.



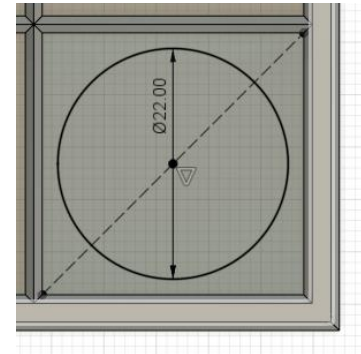
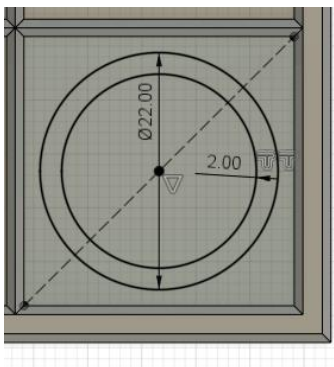
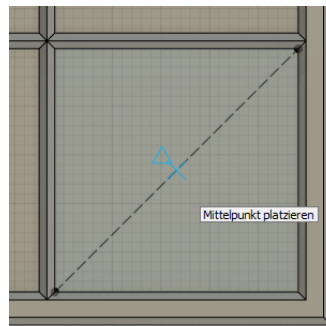


Da das Gehäuse fertig ist, werden die Spielsteine erstellt. Dafür wird in einer Vertiefung eine Skizze erstellt, in welcher nun der Kreis erstellt wird.

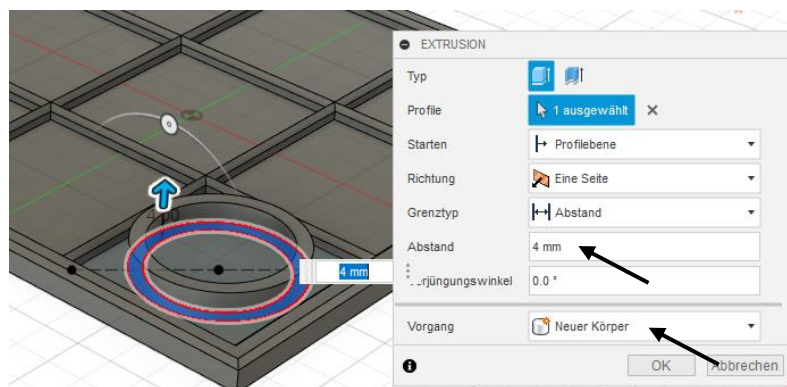
Nachdem die Skizze an gestartet wurde, wird eine Diagonale Konstruktionslinie erstellt. Der Vorteil dieser Linie besteht darin, dass sie nicht für die Extrusion ausgewählt werden kann.



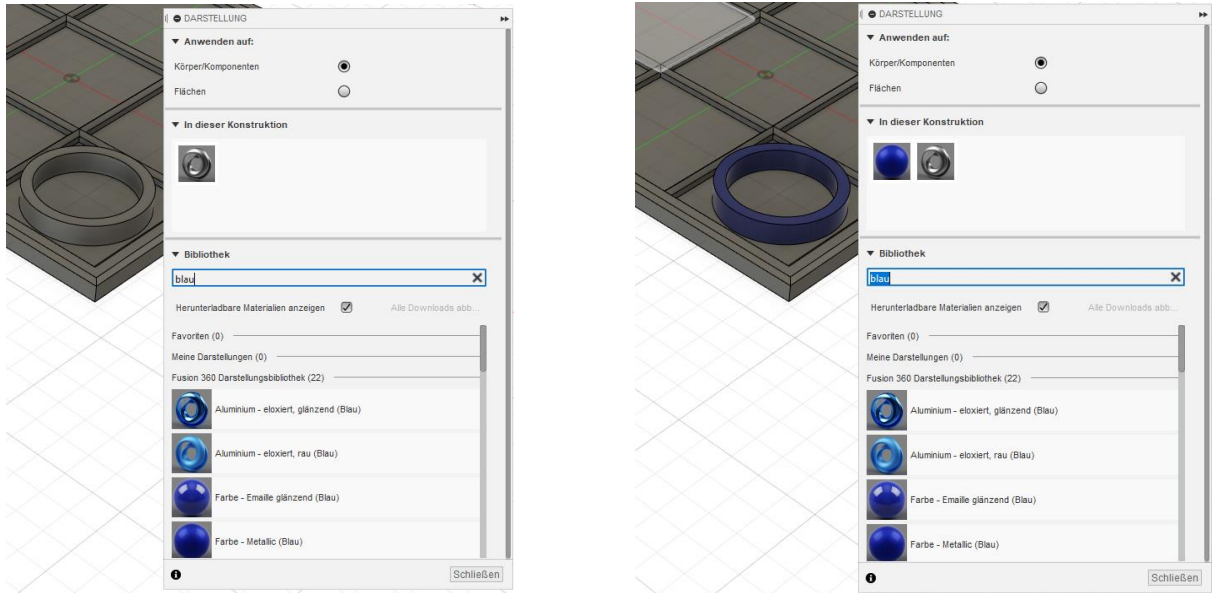
Genau am Mittelpunkt der Konstruktionslinie werden nun zwei Kreise in der Größe von 22mm und 18mm aufgezo- gen. Alternativ kann auch mit dem Werkzeug Versetzen gearbeitet werden. Hierfür den 22mm großen Kreis auswählen, Werkzeug „Versetzen“ starten und beim Wert 2mm eingeben.



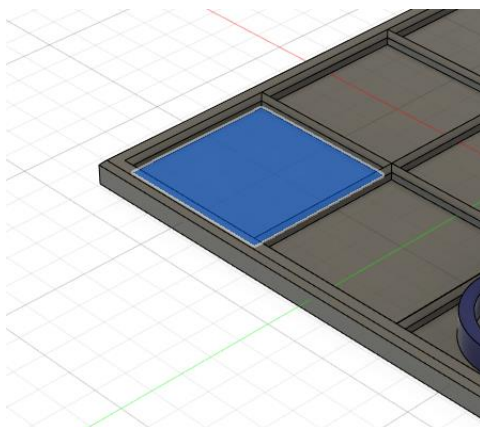
Zum Schluss wird die Fläche extrudiert. Wichtig hierbei ist es, dass in den Optionen bei Punkt Vorgang die Option „Neuer Körper“ ausgewählt wird.



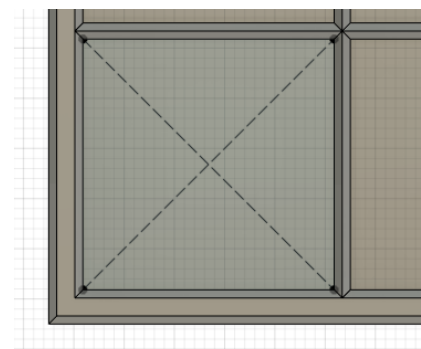
Für bessere Sichtbarkeit können einzelne Körper auch unabhängig voneinander eingefärbt werden. Dies kann über den Menüpunkt „ändern“ „Darstellung“ oder mit dem Shortcut „a“ aufgerufen werden.



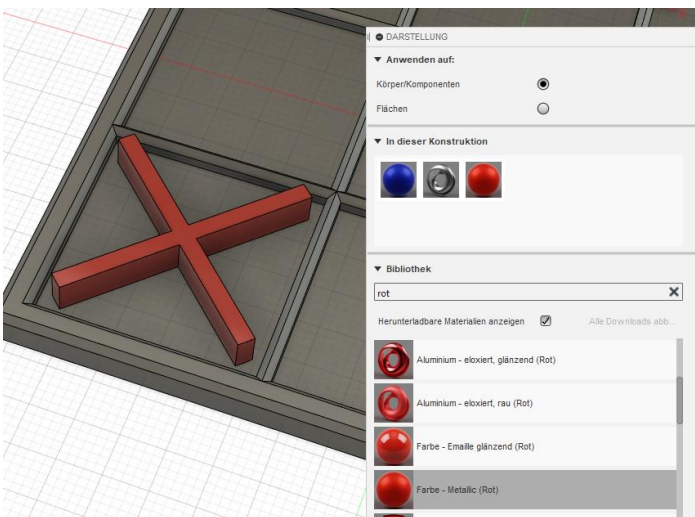
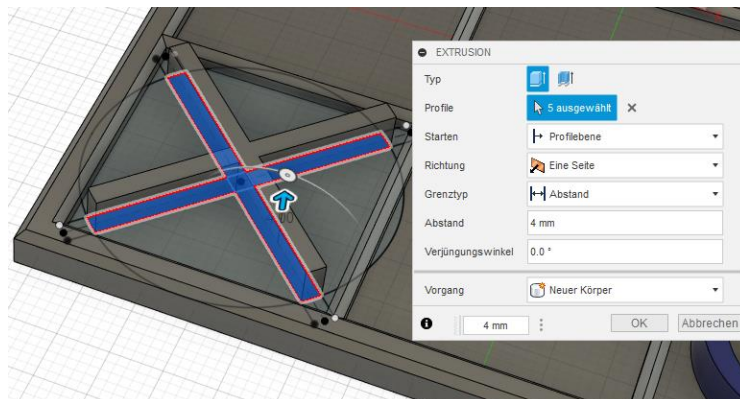
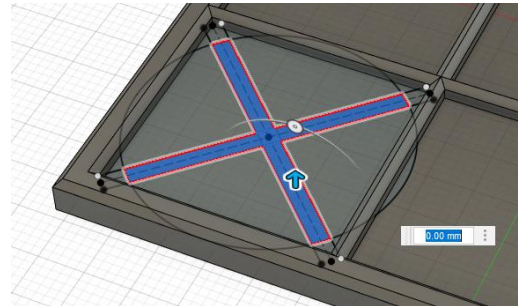
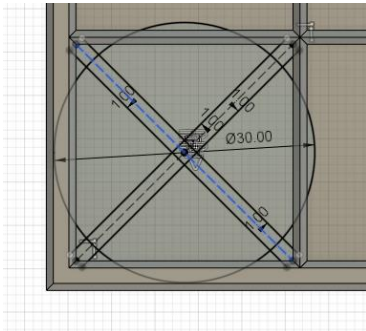
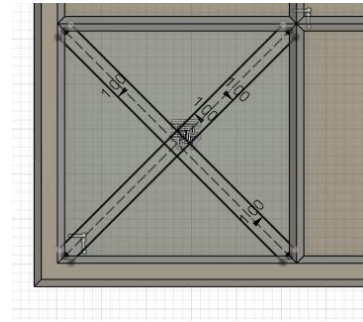
Die Farbe in den Vorlagen der Bibliothek suchen, und anschließend mittels Drag and Drop (klicken und ziehen) auf den Körper ziehen.



Nun wird auf dieselbe Art der zweite Spielstein erstellt. Dieses Mal kommt das X an die Reihe. Hierfür wird wieder eine vertiefte Fläche ausgewählt, und darin eine Skizze erstellt. Die Aufteilung erfolgt dieses Mal mit zwei Diagonalen in der Vertiefung.



Hier wird nun, anders als beim anderen Spielstein, jede Linie des X-es um 1mm aus der Konstruktionslinie versetzt. Der Kreis dient zur Begrenzung des Körpers und sollte nicht zu nahe an die Ecken kommen. Hier in der Anleitung wurde als Wert 30mm angenommen, und nachdem die Fläche ausgewählt wurde in die Höhe von 4mm extrudiert.

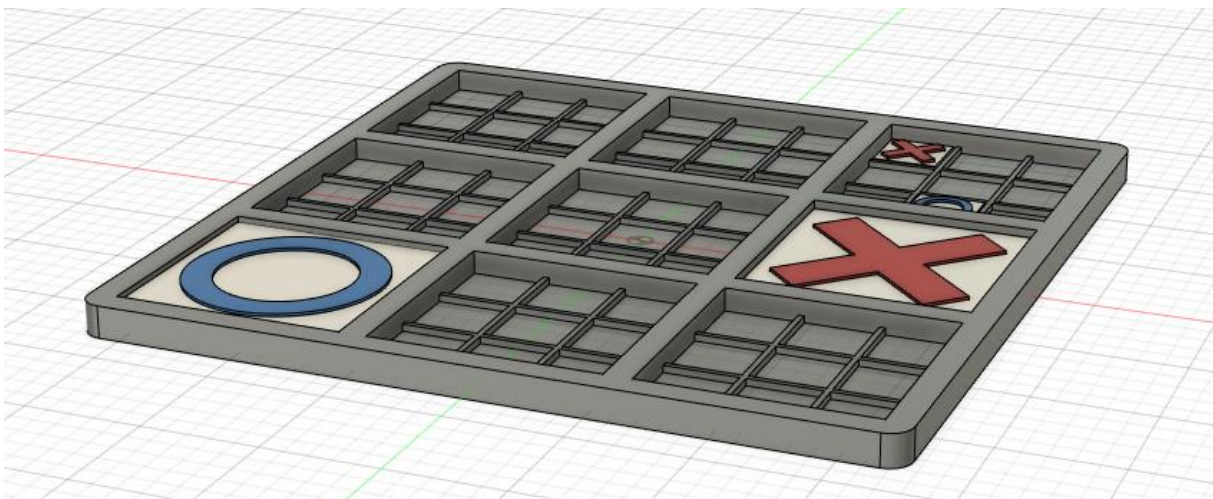
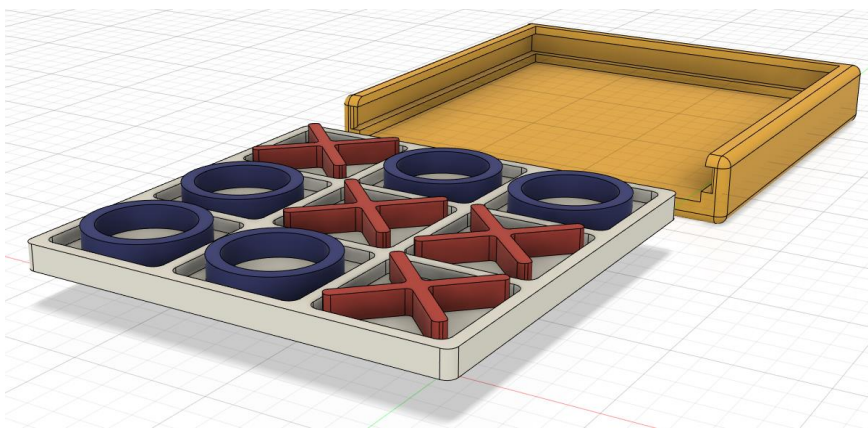
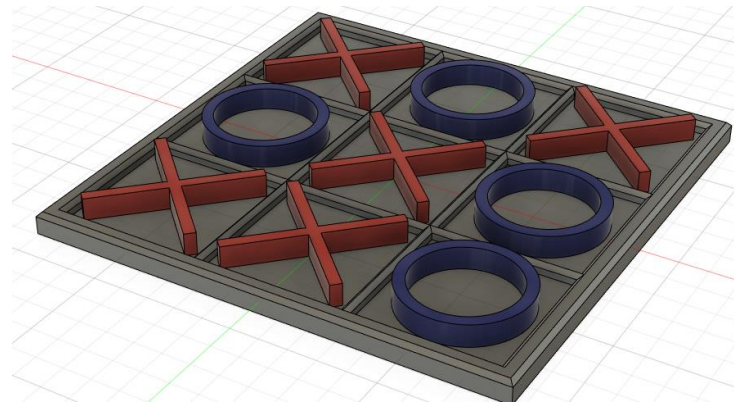


Nach der Extrusion kann auch dieser Körper zur besseren Unterscheidung, farblich verändert werden.



So sieht nun das fertige Spiel in Fusion 360 aus.

Anbei noch Vorschläge für zusätzliche Features wie zum Beispiel eine Abdeckung oder eine „Ultimate“ Version.

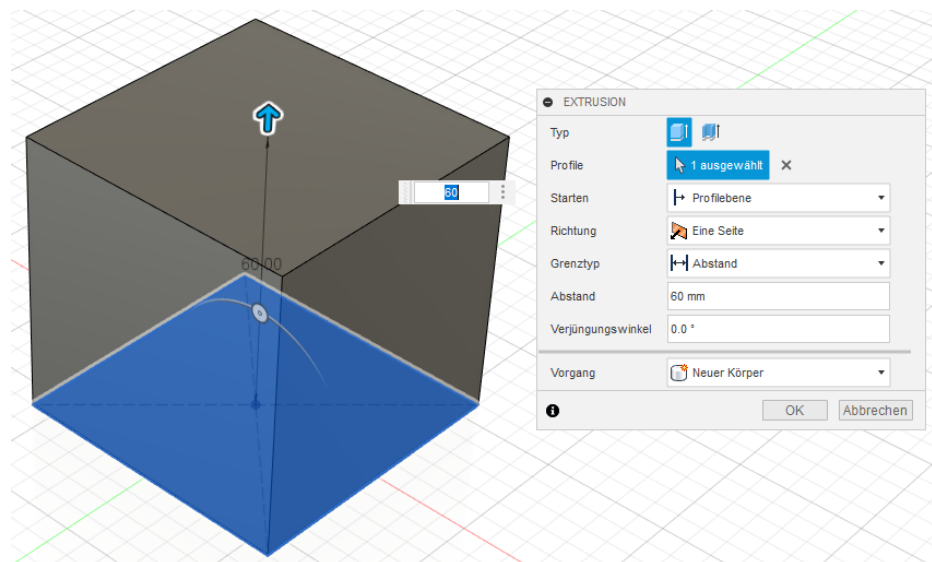
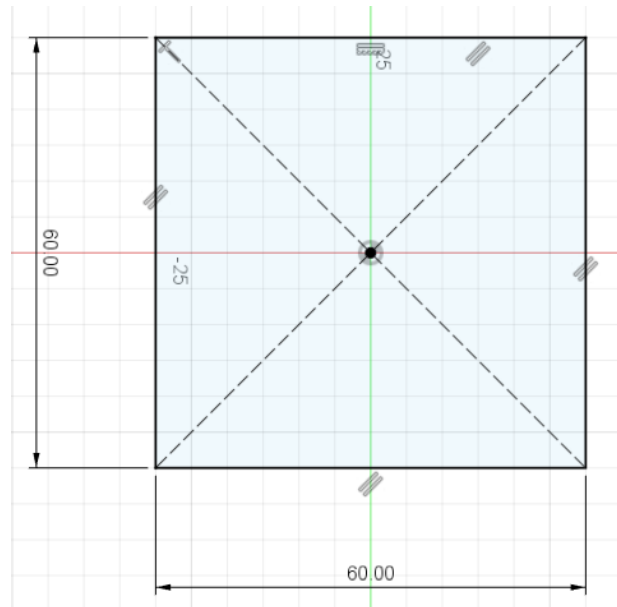


Die Spieler spielen abwechselnd auf den kleineren Tic-Tac-Toe-Brettern, bis einer von ihnen auf dem größeren Tic-Tac-Toe-Brett gewinnt. Im Vergleich zum traditionellen Tic-Tac-Toe ist die Strategie bei diesem Spiel konzeptionell schwieriger.

## 2.4 Geschenkebox erstellen

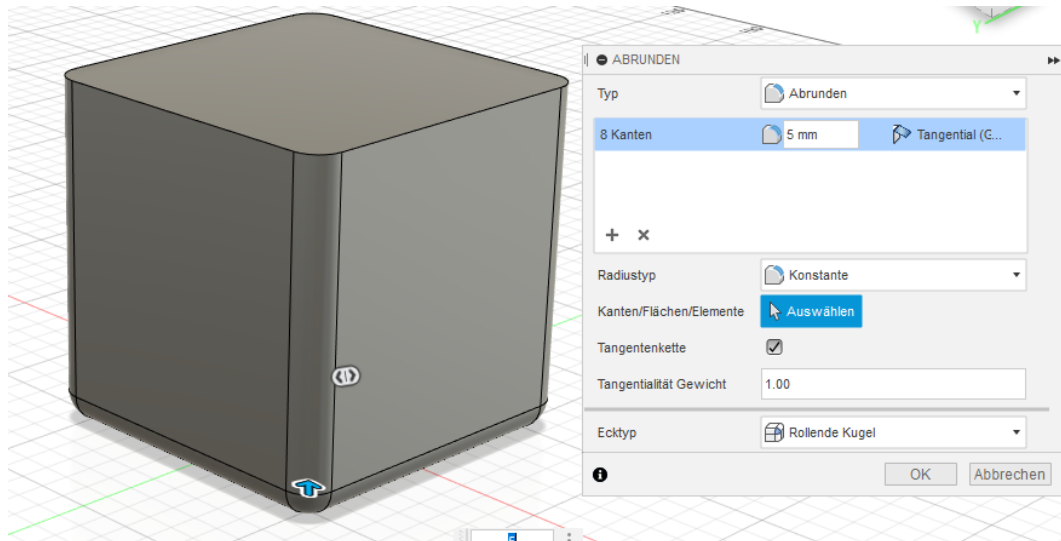
Diese Anleitung ist für ein kleines quadratisches Kästchen gedacht. Es können auch andere Formen wie beispielsweise Zylinder oder Polygone verwendet werden.

Als erstes wird wieder mit einer Skizze für die Grundfläche des Würfels erstellt. Es gibt auch die Möglichkeit einen Würfel direkt zu erstellen, jedoch wird bei nachträglichen Größen Änderungen, die Adaptierung um ein Vielfaches schwieriger.

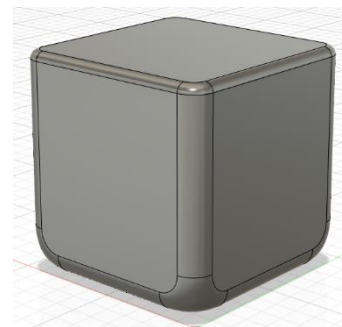


Extrudiert wird mit demselben Wert die auch bei der Grundfläche eingegeben wurde. Somit wäre die Grundform des Würfels vorhanden und wird in den nächsten Schritten geteilt, abgerundet und auch ausgehöhlt.

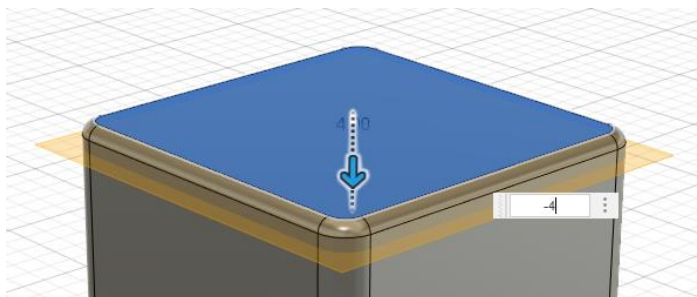
Damit das Kästchen nicht so kantig aussieht, werden zunächst die Kanten abgerundet. Bei gedrückter „Shift“ Taste werden wie im Bild, alle Kanten außer die an der Oberseite ausgewählt und mit 5mm abgerundet.



Die obere Fläche wird anschließend mit 2 mm abgerundet. Aus dem oberen Teil wird in den nächsten Schritten der Deckel erstellt.

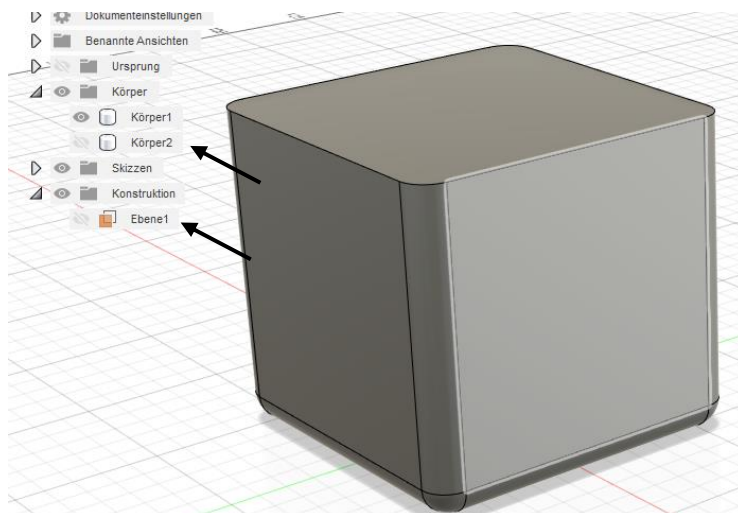
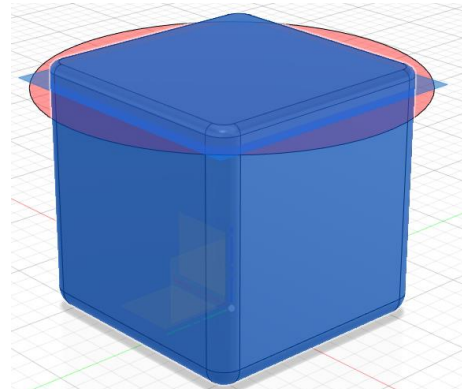


Dafür wird als nächstes das Werkzeug zum Teilen von Körpern benötigt und auch ein Profil (2D Schnittfläche) durch welches er geteilt werden kann.



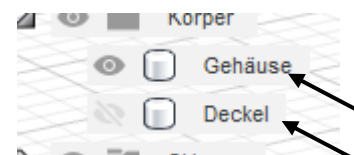
Das Werkzeug hierfür findet sich in der Werkzeugleiste „Konstruieren“ und nennt sich „Versatzebene“. Als nächstes wird die Oberseite des Würfels ausgewählt und die Ebene 4mm nach unten versetzt.

Die nun erstellte Ebene wird als Schnittfläche für die Teilung des Würfels genutzt. Nachdem das Werkzeug „Körper teilen“ aus der Hauptmenüleiste ausgewählt wurde, wird als erstes der Körper und anschließend die Versatzebene ausgewählt. Dies sollte dann wie im Bild aussehen.

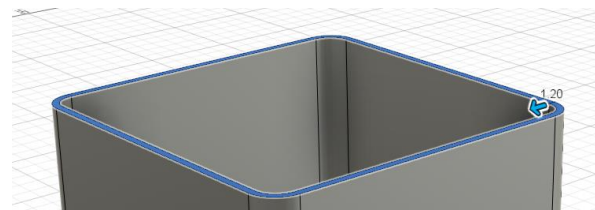


Nach diesem Schritt wird vorerst der Deckel und auch die Schnittebene nicht mehr benötigt, und sollte ausgeblendet werden. Dies wird im Browser mit den Augensymbolen vor den Objekten ausgeblendet.

Natürlich ist es auch ratsam in diesem Schritt die Körper passend zu benennen.



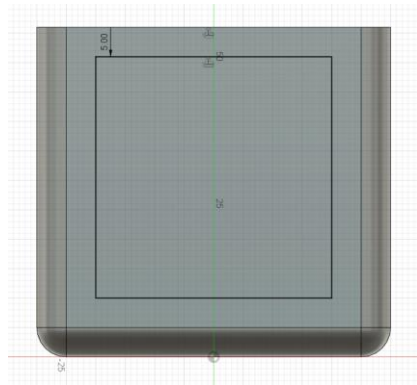
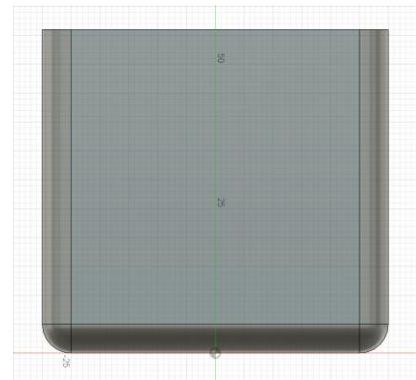
Nun wird das Gehäuse ausgehöhlt. Mit dem Werkzeug „Schale“ in der Hauptmenüleiste ist dies am schnellsten zu erstellen. Nachdem das Werkzeug ausgewählt wurde, muss die zu aushöhlende Fläche gewählt und die passende Wandstärke eingestellt werden. Sinnvollerweise sollte die Wandstärke passend für die Endverarbeitung gewählt werden. Dies wäre beim 3D Druck ein Vielfaches von der Nozzle breite.



**Nozzle 0.4 x 3 Bahnen = Wandstärke 1,2mm**

In den nächsten Schritten werden die Wände der Box bearbeitet. Nach Auswahl einer Seitenfläche, wird darauf eine Skizze erstellt.

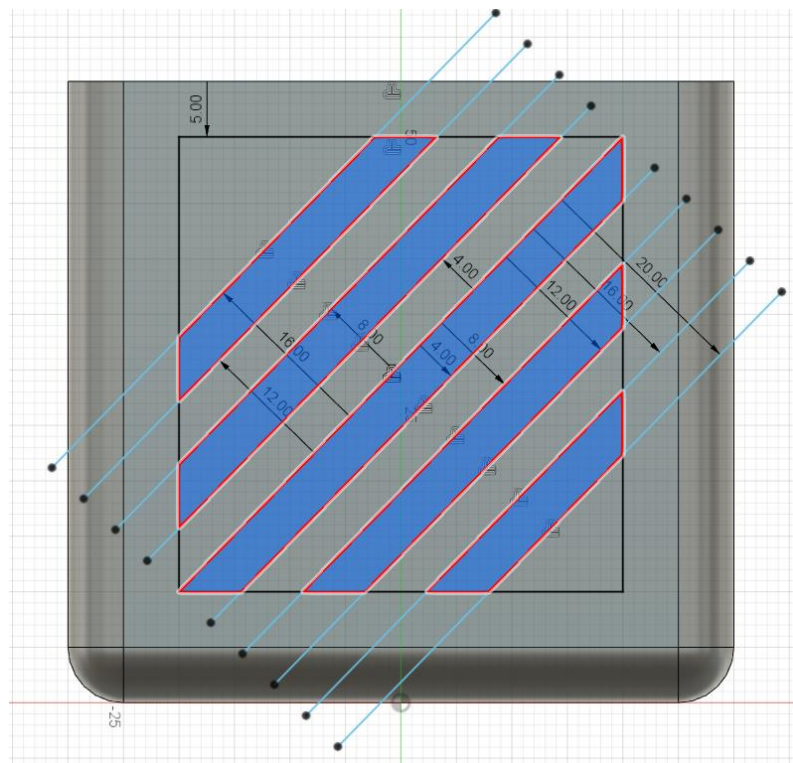
Damit in späterer Folge keine Probleme mit dem Deckel auftreten, wird zunächst die Fläche verkleinert. Dies geschieht mit dem Werkzeug versetzen. 5mm genügen hier vollkommen.



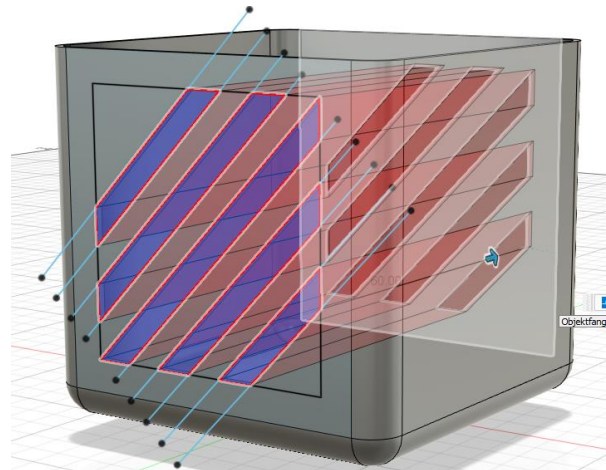
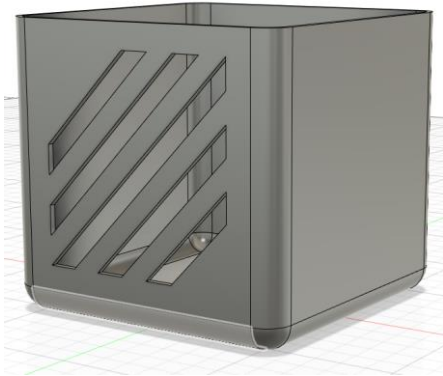
Als nächstes werden diagonale Linien erstellt. Im Beispiel hier wurden diagonale Linien erstellt, da sie einerseits komplett durchgehend sein sollen, und andererseits für einen 3D Drucker am einfachsten zu Drucken sind.

Angefangen wird mit einer Diagonalen, die in beide Richtungen mehrfach versetzt wird.

Die genauen Werte sind im Bild ersichtlich.



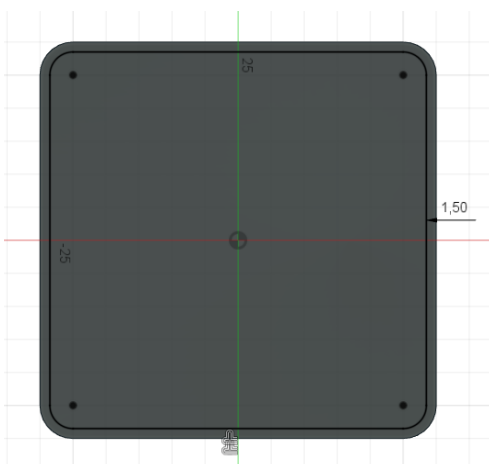
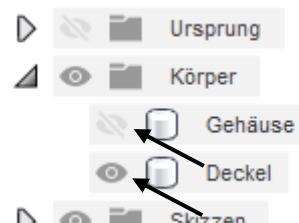
Nachdem die Skizze fertig erstellt wurde, werden mittels Werkzeugs „extrudieren“ die Schlitze aus dem Würfel ausgeschnitten.



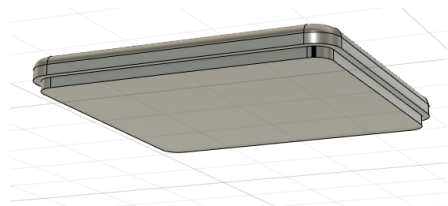
Das Gehäuse der Box sollte nun an zwei Seiten schräg ausgeschnittene Löcher aufweisen. Dasselbe kann bei den beiden Übrigen Seiten mit anderen Skizzen durchgeführt werden.

Vorerst ist das Gehäuse fertig und sollte ausgeblendet und der der Deckel eingebledet werden.

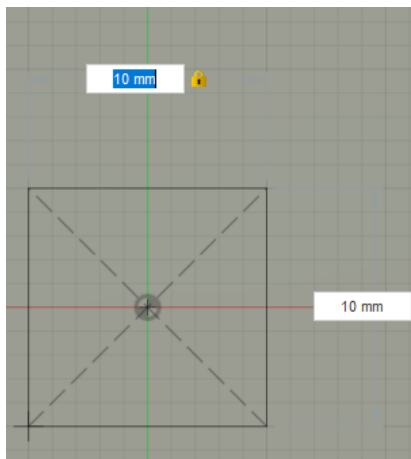
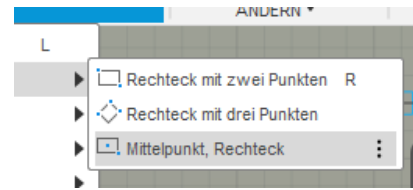
An dessen Unterseite wird nun eine Skizze erstellt, damit eine Einrastfunktion des Deckels mit dem Gehäuse hergestellt werden kann.



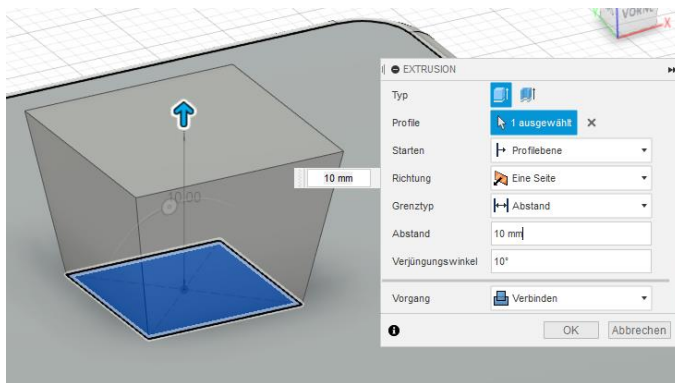
Da die Wandstärke des Gehäuses 1,2mm beträgt, und zusätzlich ein wenig Toleranz eingeplant werden sollte, wird die Außenkante um 1,5mm nach innen versetzt. Die neu erstellte Fläche wird dann mit 2mm extrudiert.



Damit der Deckel von der Box einfach abgenommen werden kann, wird noch ein Griffstück erstellt.

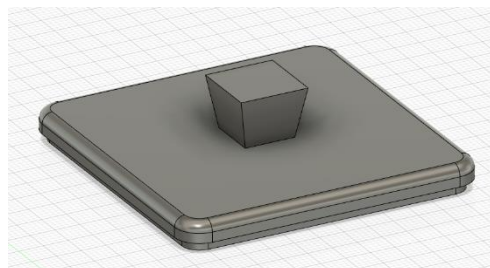


Zuerst wird auf der Oberseite des Deckels eine Skizze erstellt und mit dem Werkzeug Rechteck (Untermenü Mittelpunkt, Rechteck) ein Quadrat in der Größe von 10 x 10 mm. Anschließend wird die Skizze wieder geschlossen.

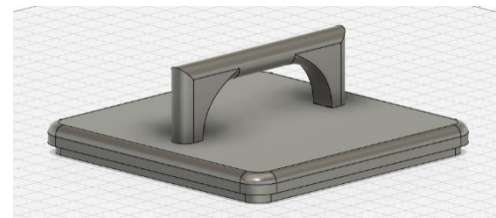
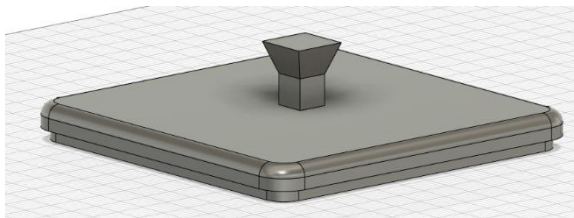
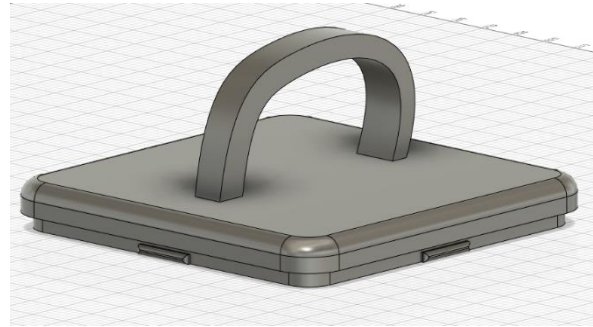
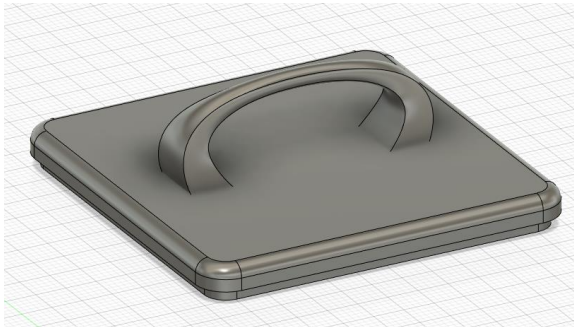


Mit dem Werkzeug Extrusion wird nun die gerade erstellte Fläche um 10 mm angehoben und mit einem Verjüngungswinkel von 10° nach außen hin erweitert.

Somit wäre der Griff für den Deckel fertig.



Hier noch ein paar Designtipps für die Erstellung des Griffes.







## 2.5 Designtipps

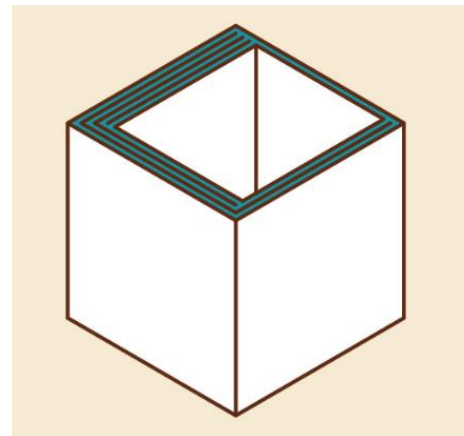
Wenn man hochwertige, funktionale und schöne Objekte für den 3D-Druck mit CAD-Software entwickeln möchte, gibt es einige Einschränkungen, die man beachten muss - wie bei eigentlich allen Produktionsprozessen.

Auf nachfolgenden Bildern ist in Farbe angegeben, welche Übergänge ideal sind und welche nicht.

	Ideal
	Sollte vermieden werden

Für sauberes Slicing sollte die Wanddicke möglichst ein ganzzahliges Vielfaches der eingestellten Filamentbahnbreite (extrusion width) sein.

Bei einer Druckerdüse von 0.4 mm sollten die Wandstärken beispielsweise 0.8, 1.2, 1.6, ... betragen.



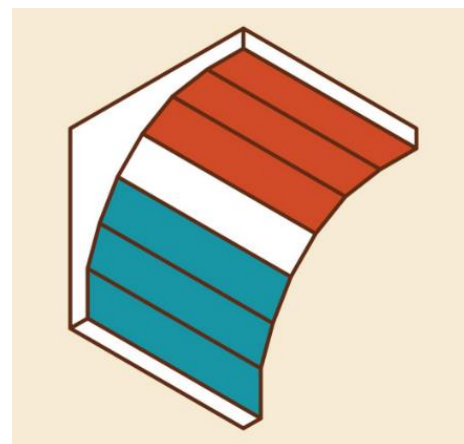
Meidet man steile Überhänge, spart man Stützmaterial (Support).

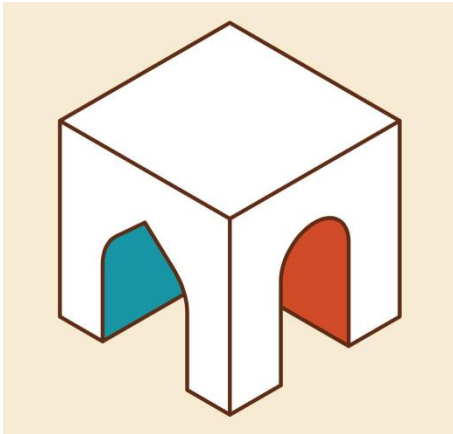
Jede neue Schicht sollte beim Druck bequem auf der vorherigen liegen können.

---

*Tipp: Nicht mehr als 45 Gradige Überhänge benutzen.*

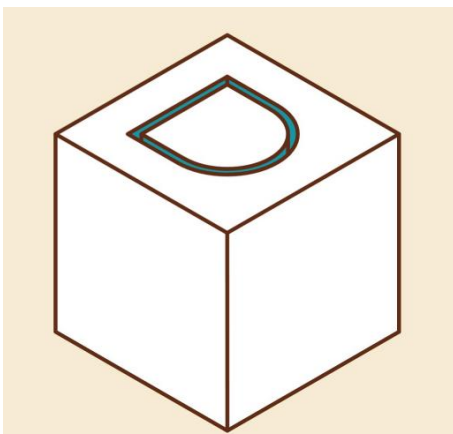
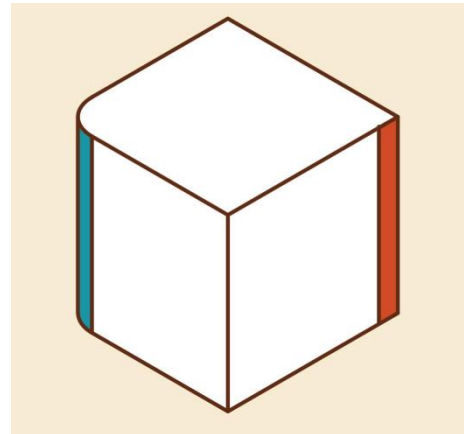
---





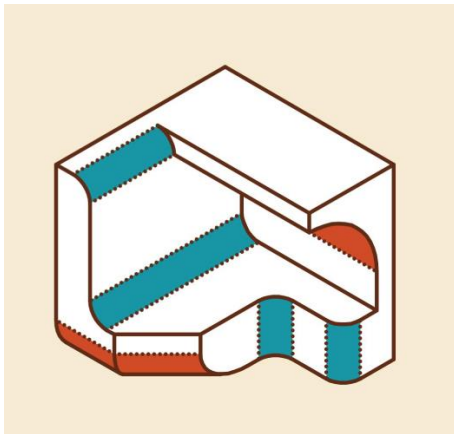
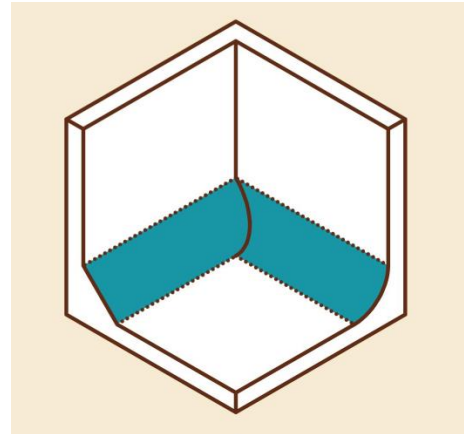
Spitzbögen sind besser als Rundbögen, da sie steile Überhänge eliminieren.

Wenn man vertikale Kanten leicht abrundet, erhöht sich die Druckqualität, da der Drucker nicht mit ruckartigen Richtungsänderungen zu kämpfen hat.



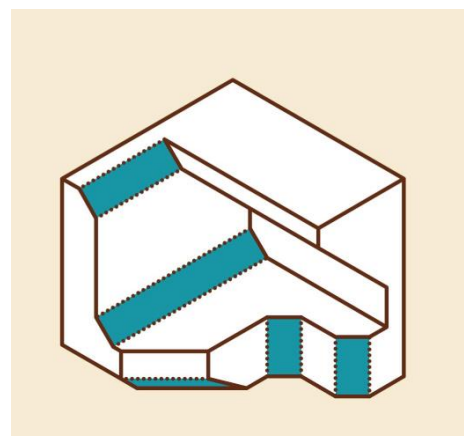
Damit man zwei Teile optimal ineinanderstecken kann, sollte man am Ende des Modellierprozesses eine Lücke von 0,3mm zwischen ihnen hinzufügen.

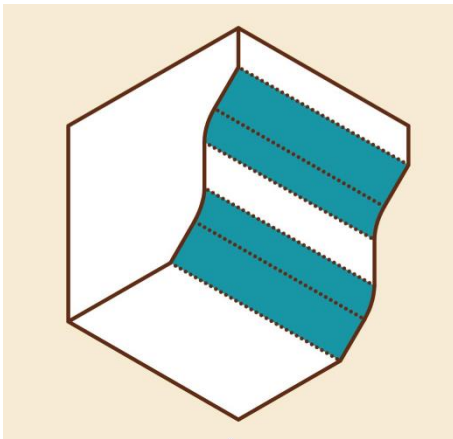
Wenn man eine innere Kante abrundet oder eine Fase zwischen Wand und Basis hinzufügt, erhöht sich die Stabilität dieser Kante deutlich.



Abrundungen an der Unterseite von Flächen kommen meist nicht gut raus, da ihr Überhang zu steil ist. An allen anderen Stellen sehen sie schick aus

Gleichmäßige Fasen funktionieren dagegen immer (auch auf der Unterseite einer Fläche), da der Überhang konstant bei gut druckbaren 45° bleibt.

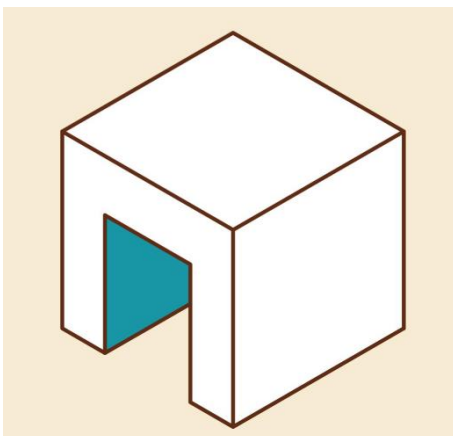
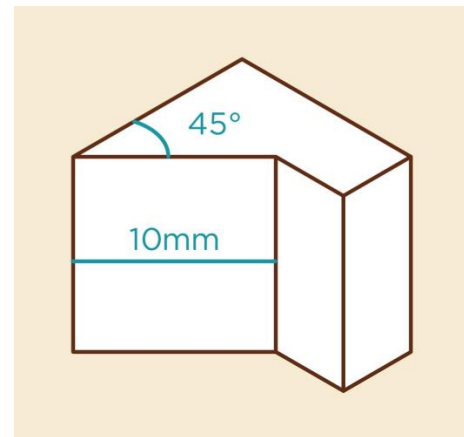




Die Mischung macht's:

Die Überhänge von Rundungen sind mit einer benachbarten Fase geringer, die Fase selbst wirkt gleichzeitig sanfter.

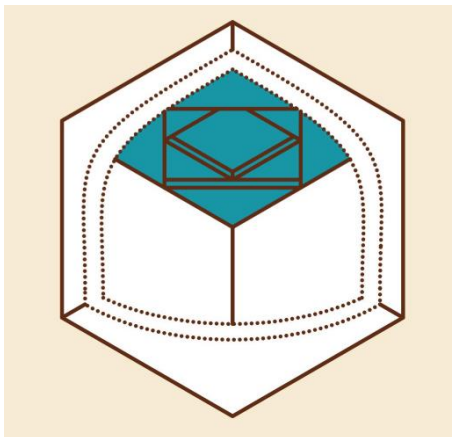
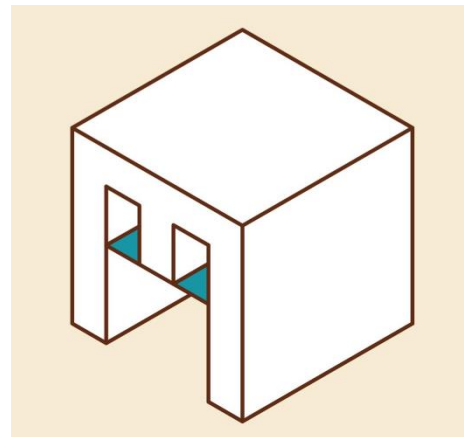
Nutzt man eine Software mit parametrischer Konstruktion wie beispielsweise Fusion360, kann man Entwürfe nachträglich gut modifizieren.



Die meisten 3D-Drucker können kleine Lücken im Modell problemlos überbrücken. Die meisten von ihnen bewältigen mindestens 20mm Distanz.

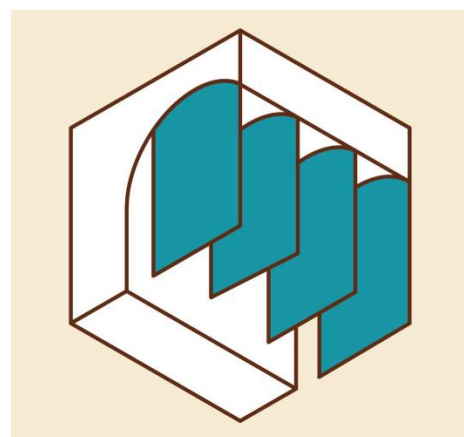
Eine schmale zusätzliche Brücke im Modell verringert den Stützmaterialbedarf.

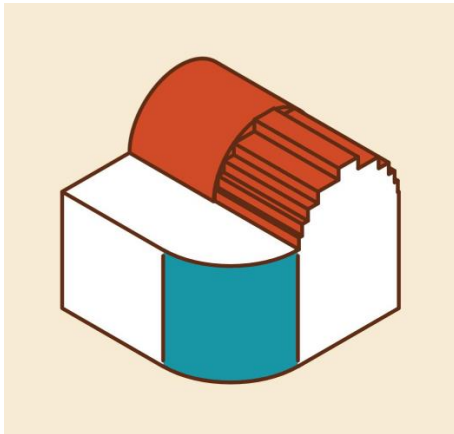
Diese kann nach dem Druck leicht entfernt werden.



Unter einem größeren freitragenden Dach helfen Schichten gestaffelter Dreiecke, größere Distanzen zu überbrücken.

Mit provisorischen senkrechten Rippen kann man dem 3D-Drucker den Druck von großen Überhängen mit wenig Aufwand erleichtern.

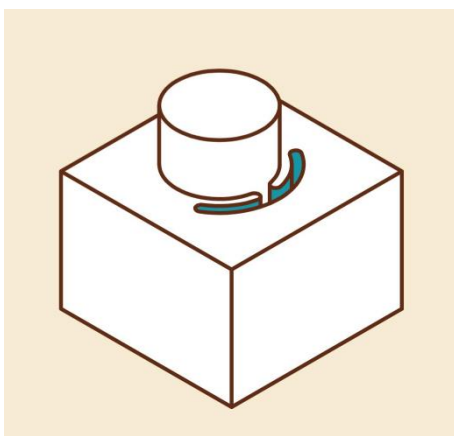
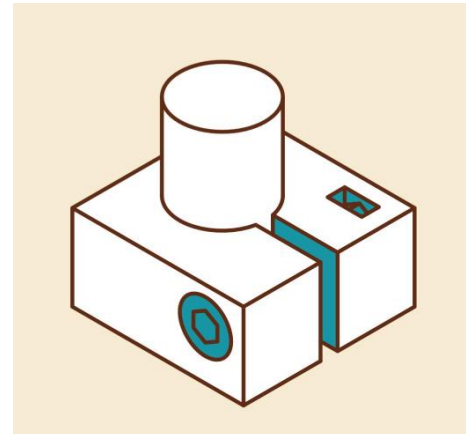




Kurven um eine senkrechte Achse sehen gut aus.

Durch die sichtbaren Druckschichten können sie in anderen Richtungen stufig wirken.

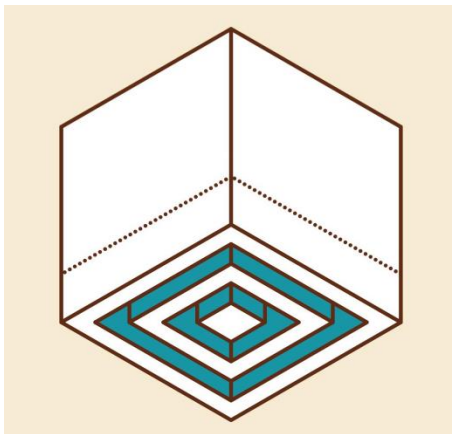
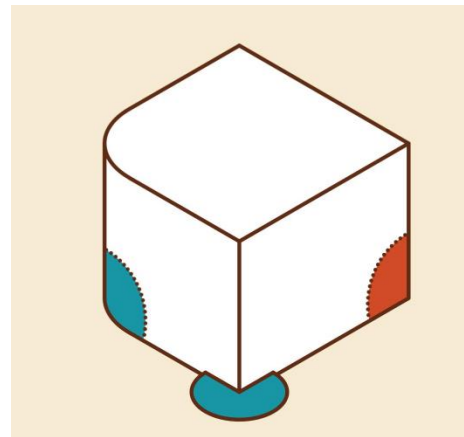
Ergänzt man ein Loch im Modell mit einer Aussparung, einer Schraube und einer versenkten Mutter, kann man Objekte in dieses Loch einspannen.



Kleine Aussparungen im Modell machen das Material an dieser Stelle flexibler

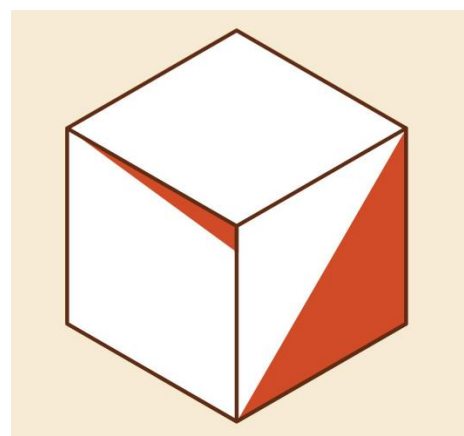
So greifen zum Beispiel Steckverbindungen besser.

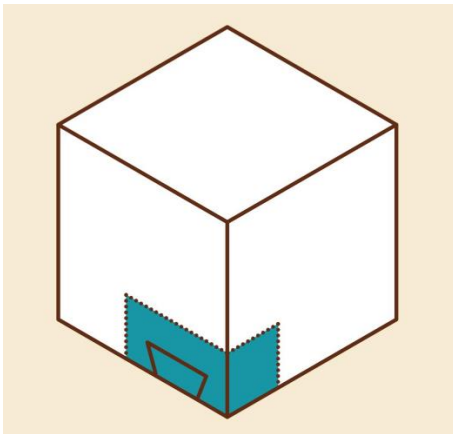
Drucke lösen sich seltener vom Druckbett, wenn man die Ecken abrundet oder kleine Mäuseöhrchen hinzufügt, die man später abschneidet.



Konzentrische Schlitze können von der Basis eines Modells bis ca. 10 mm nach oben geschnitten werden, um ein Verziehen zu verhindern.

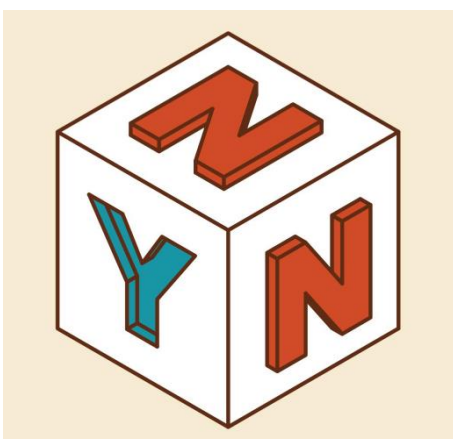
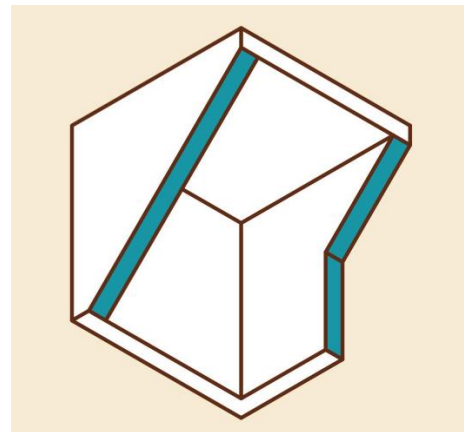
Software wie Fusion360 erzeugt zuverlässige Objekte, (kleine Lücken oder umgekehrte Flächen), was die meisten Slicing-Fehler verhindert.





Für komplexe Elemente eines größeren Objekts oder solche, die genau zu anderen passen müssen, lohnt sich meist ein separater Probedruck.

Man kann diagonale Rippen hinzufügen, um ein Dach abzustützen. Das kann auch innerhalb von großen Modellen von Vorteil sein.

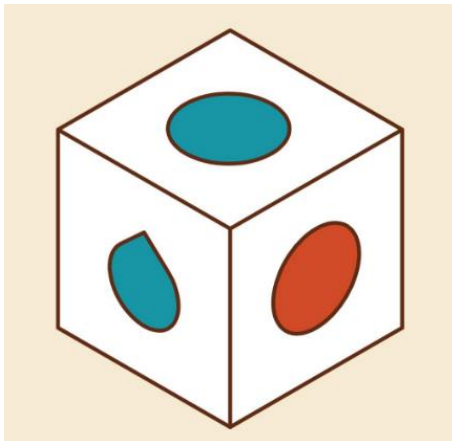
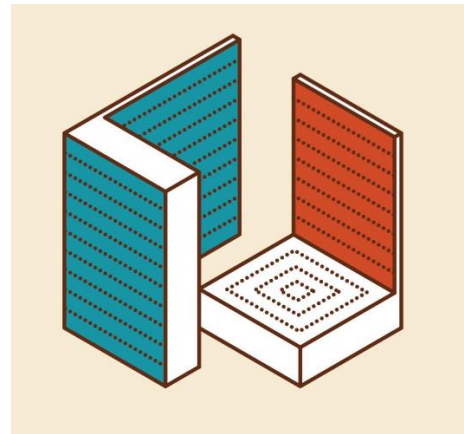


3D-gedruckter Text sieht am besten aus, wenn er in eine vertikale Fläche geprägt ist.

Hier gibt es die wenigsten Überhänge und die beste Auflösung.



Da 3D-Drucker ihre Schichten in einer Ebene aufbringen, hat die Druckausrichtung einen erheblichen Einfluss auf die Stabilität.



Löcher in horizontalen Flächen sind kein Problem, doch für Löcher in vertikalen Flächen ist eine Tropfenform besser

Sie verringert die Überhänge.

### 3 Slicen der Modelle

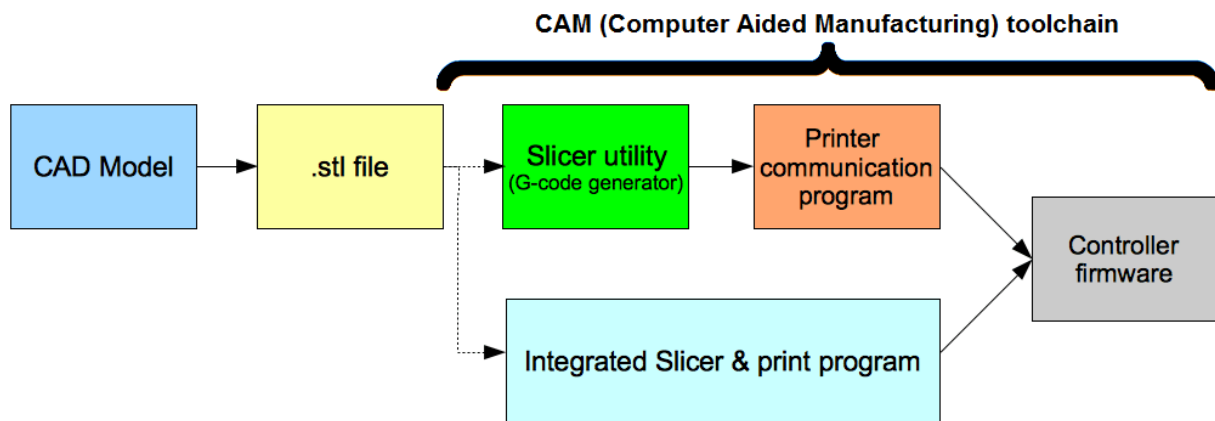


Abbildung 218 Flowchart vom Modell bis zum Ausdruck

#### 3.1 Wozu benötige ich ein Slicing Programm

Ein Slicer konvertiert die STL-Datei in einen G-Code, d.h. in eine Sprache, die dein 3D-Drucker versteht und in Aktion umsetzen kann. Diese 3D-Drucker-Software heißt Slicer (engl. to slice = in Scheiben schneiden), weil sie genau das auch tut: sie schneidet dein 3D-Modell in Tausende dünner 2D-Scheiben und erzeugt einen G-Code, auf dem die Informationen für den Drucker enthalten sind, wie er jede Schicht drucken soll.

Richtige 3D-Slicer-Einstellungen können den Unterschied zwischen einem erfolgreichen und einem fehlgeschlagenen Druck ausmachen. Deshalb ist es so wichtig zu wissen, wie Slicer funktionieren und wie sich jede Einstellung auf ihre Ergebnisse auswirkt.

Ein Teil des Problems besteht darin, dass die optimalen Slicer-Einstellungen davon abhängen, welches Design gedruckt und welches Material verwendet wird, so dass es keine perfekte Einstellung für alle gibt.

Die große Frage ist also: Woher weiß man, welche Slicer-Einstellungen für welche Designs und Materialien verwendet werden sollen?

## 8 grundlegende Begriffe die in jedem Slicing Programm vorhanden sind

- Layer Height (Schichthöhe)
- Shell Thickness (Schalendicke)
- Enable retraction (Zurücksetzen ermöglichen)
- Fill Density (Fülldichte)
- Print Speed (Druckgeschwindigkeit)
- Support Type (Stützstruktur)
- Platform adhesion Type (Type der Plattformhaftung)
- Nozzle Size (Düsengröße)

## 1. Layer Height (Schichthöhe)

Die Schichthöhe eines 3D Druckers ist ähnlich der Auflösung eines herkömmlichen Druckers. Diese Einstellung legt die Höhe jeder Filament Schicht in ihrem Druck fest. Drucke mit dünneren Schichten erzeugen detailliertere Drucke mit einer glatteren Oberfläche, wo es schwierig ist, die einzelnen Filament Schichten zu sehen. Das Nachteilige der dünneren Schichten ist, dass es mehr Zeit braucht, um etwas zu drucken, da es mehr Schichten gibt, aus denen sich ihr Objekt zusammensetzt.

Wenn etwas ohne Details gedruckt werden soll, erhältet man mit einer dickeren Schicht einen schnelleren Druck, aber es wird eine rauere Oberfläche und die einzelnen Schichten werden besser sichtbar. Niedrigauflösender Druck ist gut für Dinge wie Prototyping, bei denen keine Details erforderlich sind.

Wenn etwas mit komplizierteren Details gedruckt werden soll, erhältet man den besten Druck mit einer dünneren Schichthöhe.

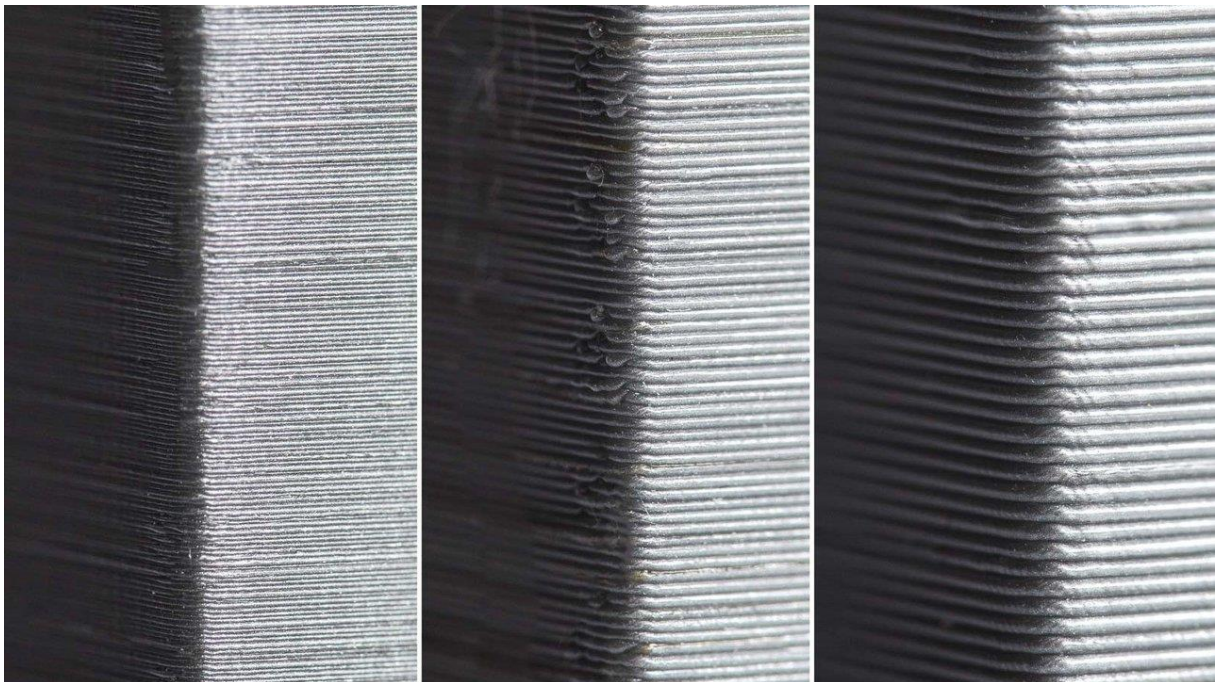


Abbildung 219 Beispiel unterschiedlicher Schichthöhen beim 3D Drucken

## 2. Shell Thickness (Schalendicke)

Shells beziehen sich auf die Anzahl der Male, in denen die Außenwände des Entwurfs vom 3D-Drucker verfolgt werden, bevor die hohlen Innenprofile ihres Entwurfs gestartet werden. Dies definiert die Dicke der Seitenwände und ist einer der größten Faktoren für die Stärke ihres Drucks. Eine Erhöhung dieser Zahl führt zu dickeren Wänden und erhöht die Festigkeit des Drucks. Es wird automatisch auf .8 gesetzt, so dass es keinen Grund geben sollte, dies für dekorative Drucke zu ändern. Wenn Sie etwas drucken, das mehr Haltbarkeit benötigt oder wenn Sie einen wasserdichten Druck wie eine Vase erstellen, möchten Sie vielleicht die Schalenstärke erhöhen.

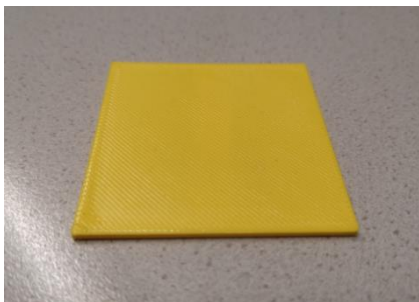


Abbildung 222 Eine Schale

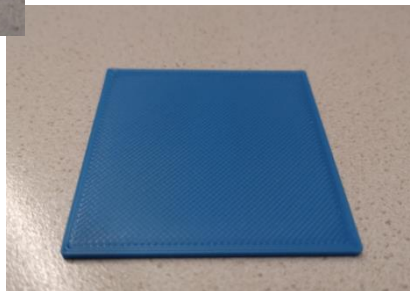


Abbildung 221 Drei Schalen



Abbildung 220 Fünf Schalen

### 3. Enable retraction (Zurücksetzen ermöglichen)

Diese Funktion weist den Drucker an, das Filament aus der Düse zurückzuziehen und das Extrudieren des Filaments zu stoppen, wenn sich diskontinuierliche Oberflächen in ihren Druck befinden.

Retraction ist in der Regel immer aktiviert, es sei denn, ihr Druck hat keine diskontinuierlichen Oberflächen. Diese Einstellung kann manchmal dazu führen, dass sich das Filament in ihrer Düse während eines Drucks verstopft, in diesem Fall möchten Sie es wahrscheinlich deaktivieren. Wenn Sie feststellen, dass zu viel Filament aus der Düse heraussickert und ihren Druck mit einem Bündel von Schnüren oder Klumpen an den äußeren Rändern hinterlässt, dann stellen Sie sicher, dass Sie Retraction aktivieren.

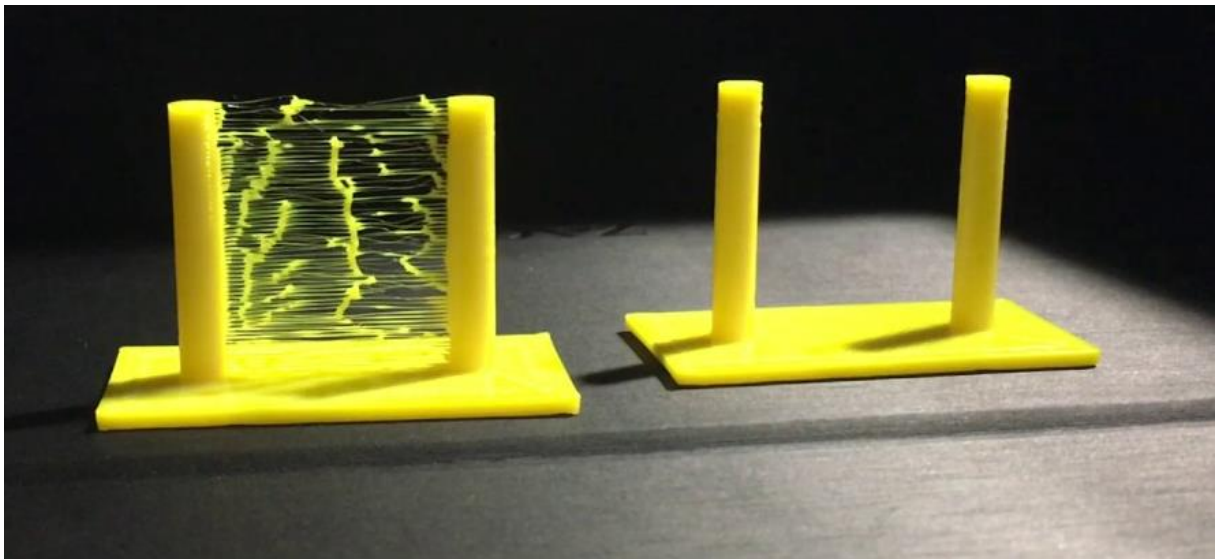


Abbildung 223 Falsche Einstellung bei Retraction kann zu Spinnennetzen führen

#### 4. Fill Density (Fülldichte)

Infill bezieht sich auf die Dichte des Raumes innerhalb der äußeren Hülle eines Objekts. Dies wird in % statt in mm gemessen. Wenn ein Objekt mit 100% Füllung bedruckt wird, ist es auf der Innenseite vollflächig. Je höher der Prozentsatz der Füllung, desto stärker und schwerer wird das Objekt und desto mehr Zeit und Filament benötigt es zum Drucken. Dies kann teuer und zeitaufwendig werden, wenn jedes Mal mit 100% Füllung gedruckt wird. Es sollte im Vorhinein überlegt werden, wofür der Druck benötigt wird.

Meistens ist aber weniger Infill häufiger mehr.

Auch die Art der Füllung entscheidet über die Stabilität und die Dauer des Ausdruckes.

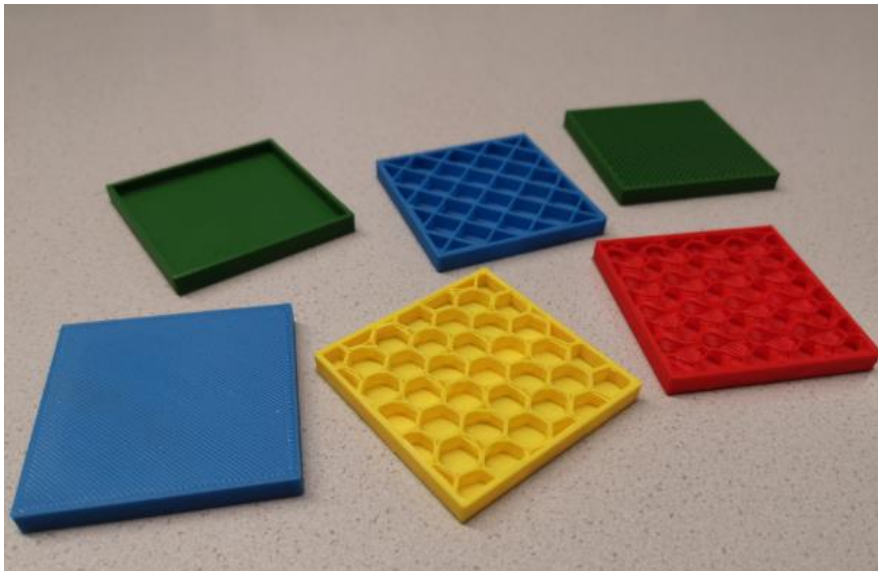


Abbildung 224 Unterschiedliche Infills

## 5. Print Speed (Druckgeschwindigkeit)

Die Druckgeschwindigkeit bezieht sich auf die Geschwindigkeit, mit der der Extruder fährt, während er das Filament ablegt. Die optimalen Einstellungen hängen davon ab, welches Design Sie drucken, welches Filament Sie verwenden, den Drucker und ihre Lagenhöhe. Natürlich möchte jeder sein Objekt so schnell wie möglich drucken, aber schnelle Druckgeschwindigkeiten können zu Komplikationen und unschönen Drucken führen.

Bei komplizierten Ausdrucken führt eine langsamere Geschwindigkeit zu einer höheren Druckqualität. Ein guter Ausgangspunkt sind um die 50 mm/s. Dies variiert je nach Slicing Programm. Bei fehlerhaften Ausdrucken sollte die Geschwindigkeit vermindert werden.

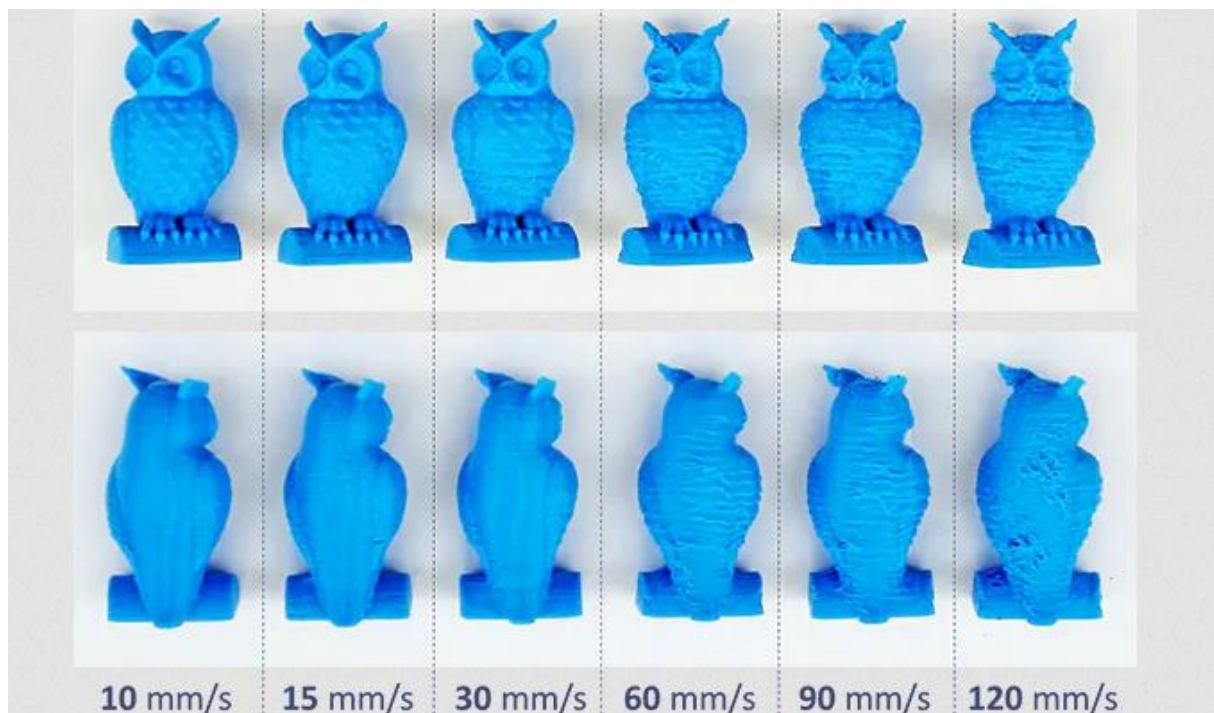


Abbildung 225 Unterschiedliche Druckgeschwindigkeiten liefern unterschiedliche Ergebnisse



## 6. Support Type (Stützstruktur)

Stützen sind kleine Strukturen, die helfen, 3D-Objekte zu halten, die beim Drucken nicht ausreichend Basismaterial zum Aufbauen haben. Da Objekte in Schichten gedruckt werden, haben Teile eines Objekts, die sich über einen Winkel von 45 Grad hinaus erstrecken, nichts, worauf sich die erste Schicht des Filaments aufbauen könnte. Diese werden Überhänge genannt und können ein hängendes Aussehen ohne Stützen erzeugen.

### YHT-Regel:

- Alles, was eine „Y“-Form hat, kann ohne Unterstützung gedruckt werden, denn es ist eine allmähliche Neigung, die noch genug Material unter sich hat, um es vor dem Hängen zu bewahren
- Entwürfe in Form eines „H“, bei denen der mittlere Überhang zu beiden Seiten hin überbrückt wird, werden als Bridging bezeichnet. Jede Art von Bridge sollte Stützen haben, um ein Hängenbleiben oder einen unordentlichen Ausdruck zu verhindern.
- Alles, was einen „T“-förmigen Überhang hat, braucht Unterstützung, um ein Hängenbleiben zu vermeiden.

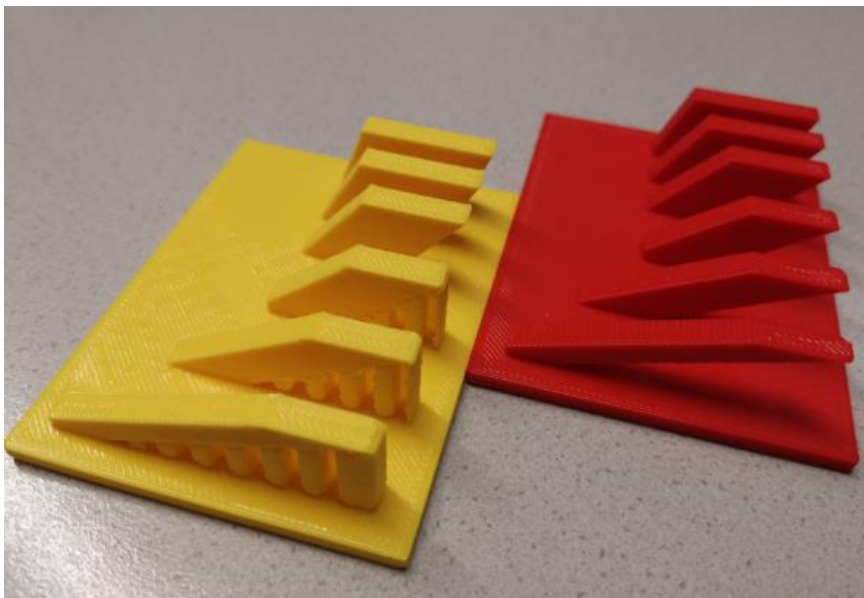


Abbildung 226 Beispielsausdruck mit und ohne Stützen

## 7. Platform adhesion Type (Type der Plattformhaftung)

Diese Einstellungen wirken sich darauf aus, wie das Modell am Druckbett haftet. Wenn bei einem zu druckendem Objekt die Grundfläche zu gering sein sollte, wäre es ratsam die Haftung mit folgenden Einstellungen zu erhöhen.

- **Skirt:** Hierbei wird lediglich eine Linie um das Objekt gedruckt, ohne es jedoch zu berühren.

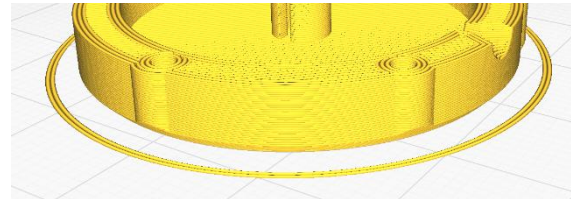


Abbildung 227 Beispiel Skirt in Cura

- **Raft:** (Floß) Ein horizontales Gitter unter dem Objekt, das als Plattform dient, um am Bett zu kleben und darauf aufzubauen. Dies kann nützlich sein, falls Modelle mit kleinen Teilen an der Unterseite des Drucks sind, wie. z.B. Tier Füße.

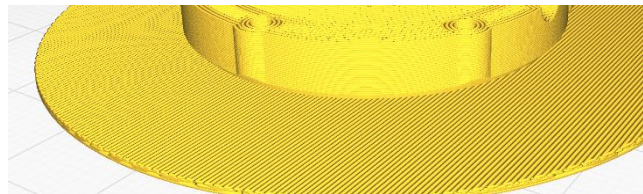


Abbildung 228 Beispiel für Raft

- **Brim:** Wie ein Hutrand sind die Linien um den Boden des Objekts, die die Ecken des Modells am Druckbett unten halten, ohne Spuren auf dem Boden des Objekts zu hinterlassen. Dies ist eine bessere Option, damit das Modell am Druckbett haftet.

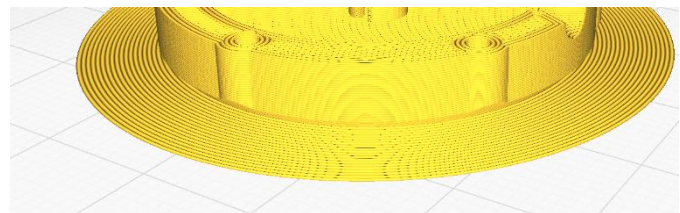


Abbildung 229 Beispiel für Brim

## 8. Nozzle Size (Düsengröße)

Die Düse, englisch Nozzle, ist eines der wichtigsten Bestandteile eines 3D-Druckers. Sie ist vielleicht am besten zu vergleichen mit den Reifen eines Autos. Wenn diese abgefahren oder defekt sind, wird es schwierig weiterzufahren! Zum Vergleich: 3D-Drucker Nozzles (Düsen) können verstopfen oder sind einem großen Abrieb z.B. durch metallische Filamente (=> abrasive Filamente) ausgesetzt.

Düsen gibt es in unterschiedlichen Düsendurchmessern (0.1mm bis 8mm). Die **0.4mm Düse** hat sich als Standard bei den meisten 3D-Druckern durchgesetzt. Für Schichthöhen von 0.1mm bis 0.3mm ist dieser Düsendurchmesser sehr gut geeignet.

### Vorteile verschiedener Düsendurchmesser

- Ein Düsendurchmesser von **0.2mm und 0.3mm** eignet sich eher für Modelle mit feinen Strukturen.
- Für größere 3D-Drucke, die weniger genau und schneller gedruckt werden sollen, empfehlen sich Düsen mit einem Durchmesser von **0.6mm bis 1.0mm**.
- *Hinweis:* Bei Drucken mit einer 0.8mm Düse wird die Druckzeit, im Vergleich zu einer 0.4mm Düse, halbiert. Außerdem ist es wichtig zu beachten, dass je nach Düsendurchmesser die Einstellungen in der Slicer-Software angepasst werden!

### Vorteile verschiedener Düsen-Materialien

Die meisten Standard 3D-Drucker-Düsen sind aus **Messing**. Messing hat sich aufgrund der guten Wärmeleitung zum Filament bewährt. Hat aber den Nachteil, dass z.B. Metallische oder andere abrasive Filamente die Düse beschädigen können. Düsen aus **gehärteter Stahl** oder **Edelstahl** sind speziell für harte Filamente und Langlebigkeit ausgelegt.



Abbildung 230 Unterschiedliche Nozzle Ausdrücke

### 3.2 Eine kleine Übersicht der unterschiedlichen Slicing Programme

<b>Cura</b>	Slicer, 3D-Drucker-Host	Einsteiger
<b>PrusaSlicer</b>	Slicer	Einsteiger
<b>Slic3r</b>	Slicer	Fortgeschrittene
<b>OctoPrint</b>	Slicer, 3D-Drucker-Host	Fortgeschrittene
<b>Meshmixer</b>	STL-Editor, STL-Reparatur	Fortgeschrittene
<b>Netfabb</b>	STL-Reparatur, Slicer	Profis

## Cura



Abbildung 231 Ultimaker Cura

### Merkmale

- **Funktion** Slicer, 3D-Drucker-Host
- **Anwender** Einsteiger
- **Preis** Kostenlos
- **Betriebssystem** Windows, Mac, Linux
- **Download/Infos** [Cura](#)

Cura ist DIE Slicer-Software schlechthin für Ultimaker-Drucker, funktioniert aber auch mit den meisten anderen 3D-Druckern. Cura ist komplett open-source und kann über ein Plug-In-System erweitert werden.

Diese 3D-Druck-Software ist sehr einfach zu verwenden. Man kann damit alle relevanten Druckeinstellungen vornehmen. Die Nutzeroberfläche ist dabei sehr zugänglich. Wenn man im "Empfohlenen"-Modus beginnt ("Recommended" Modus), ist man in nur wenigen Klicks am Ziel. Voreinstellungen, die häufig benötigt werden, können für den Drucker können auch programmiert werden. So muss nicht bei jedem Druck von vorn begonnen werden. Wenn mehrere Optionen benötigt werden, kann zum „Benutzerdefinierten“-Modus gewechselt werden ("Custom" Modus). Hier lassen dich noch viel mehr Einstellungen vornehmen.

Cura eignet sich auch hervorragend als 3D-Druck-Host, jedoch muss der Computer während des gesamten Prozesses am Drucker angeschlossen bleiben.

## PrusaSlicer

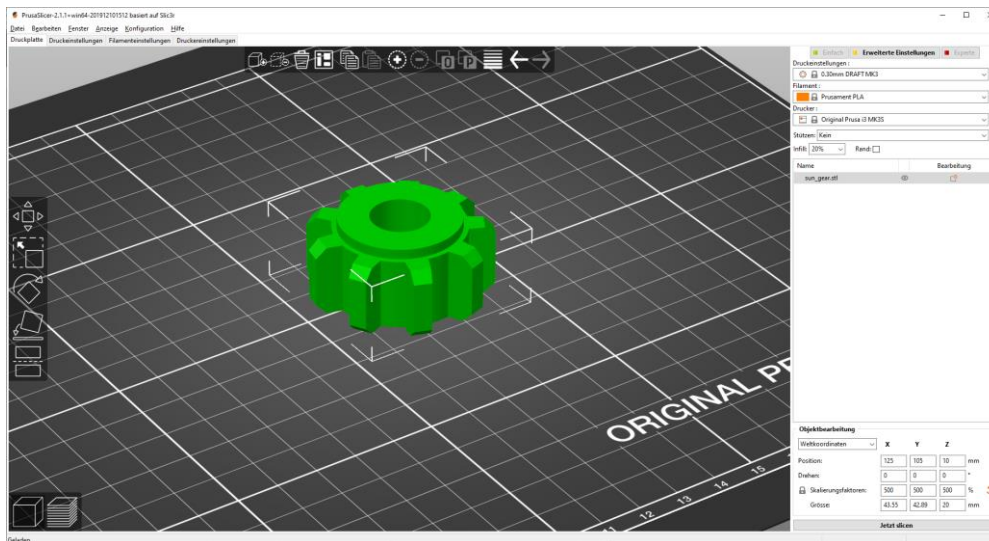


Abbildung 232 Slicing Programm von Prusa Printers

### Merkmale

- **Software** PrusaSlicer
- **Funktion** Slicer
- **Anwender** Einsteiger
- **Preis** Kostenlos
- **Betriebssystem** Windows, Mac, Linux
- **Download/Infos** [Prusa Research](https://www.prusa-research.com/)

Der PrusaSlicer, der aus einer abgezweigten Version von Slic3r hervorgegangen ist, hat aus verschiedenen Gründen eine große Popularität erlangt. Er bietet nicht nur umfangreiche Listen mit abstimmbaren Einstellungen, sondern hat auch einige praktische Funktionen, die im Original nicht zu finden sind.

Mit einer überarbeiteten Schnittstelle, nativer Unterstützung für die Prusa-eigenen Drucker und praktischen Voreinstellungen für eine Reihe gängiger Materialien gibt es eine große Anzahl von Verbesserungen gegenüber der ursprünglichen Software. Zu den wichtigsten Merkmalen gehören anpassbare Supportstrukturen, Multimaterial-Unterstützung und Funktionen für eine variable Schichthöhe.

PrusaSlicer kann zum Slicen von Modellen sowohl für FDM- als auch für Resin-Drucker verwendet werden und verfügt über verschiedene Modi, die es ermöglichen, Einstellungen je nach Kenntnisstand zu bearbeiten, wobei Expert eine riesige Liste von Dingen eröffnet, die angepasst werden können.

## Slic3r

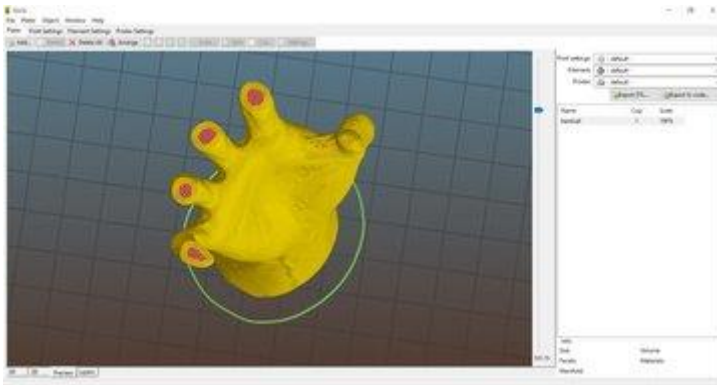


Abbildung 233 Slic3r

### Merkmale

- **Software** Slic3r
- **Funktion** Slicer
- **Anwender** Fortgeschrittene
- **Preis** Kostenlos
- **Betriebssystem** Windows, Mac, Linux
- **Download/Infos** [Slic3r](#)

Slic3r ist eine Open-Source-Slicer-Software und für ihre unschlagbare Ausstattung bekannt, die sonst nirgends zu finden ist.

Während neue Updates für diesen 3D-Slicer rar gesät sind, hat Slic3r es geschafft, sich zu behaupten, und fungiert als Grundlage für andere Open-Source-Slicer. So kommt der Slic3r mit einer speziellen 3D-Bienenwaben-Füllung und erzeugt so sinnvolle 3D-Struktur-Füllungen für das Druckobjekt.

Ein ausführliches Handbuch ist auf der Website von Slic3r verfügbar, mit dem man sich sofort einen Einblick in die vielfältigen Softwarefunktionen verschaffen kann. Ein weiteres Plus ist die integrierte OctoPrint-Schnittstelle. Wenn Modelle auf einem Rechner zum 3D-Drucken mit dem Slicer vorbereitet werden, können sie mit nur einem Klick in eine Octo-Print-Box hochladen werden.

## OctoPrint

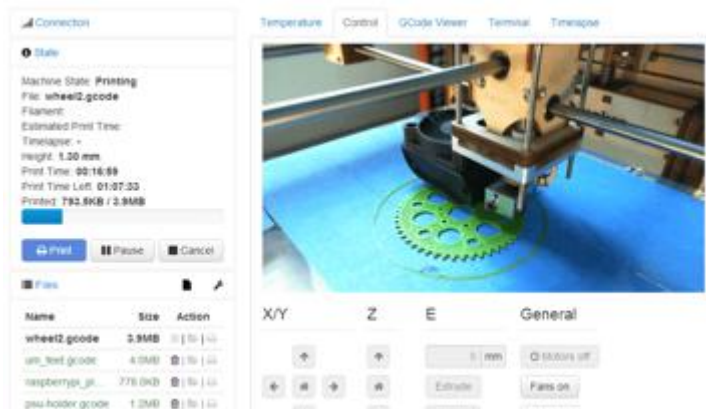


Abbildung 234 Webinterface von OctoPrint

### Merkmale

- **Software** OctoPrint
- **Funktion** Slicer, 3D-Drucker-Host
- **Anwender** Fortgeschrittene
- **Preis** Kostenlos
- **Betriebssystem** Windows, Mac, Linux, Raspberry Pi (als OctoPi-Image)
- **Download/Infos** [OctoPrint](#)

Octoprint ist ein rein web-basierter 3D-Drucker-Host, mit dem Drucke von A bis Z kontrolliert werden können. Wenn der Host mit einem WLAN-fähigen Gerät, wie z.B. einem Raspberry Pi, kombiniert wird, der wiederum mit dem Drucker verbunden ist, können die Ausdrücke auch aus der Ferne über die OctoPrint-Oberfläche kontrolliert werden.

Octoprint verarbeitet den G-Code von wirklich jedem 3D-Slicer, der einen gCodeVisualizer enthält. Es können aber auch die STL-Dateien direkt in OctoPrint gesliced werden.

Und zu guter Letzt: OctoPrint ist open-source und kann eine große Fangemeinde sein eigen nennen. OctoPrint lässt sich zudem mit Plug-Ins noch weiter verbessern.



## Meshmixer

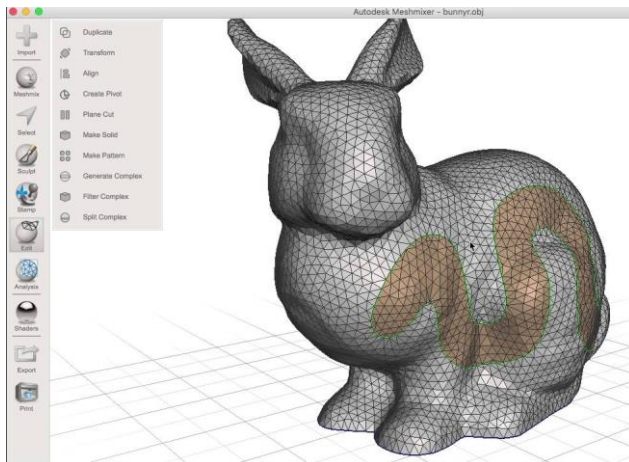


Abbildung 235 Autodesk Meshmixer

### Merkmale

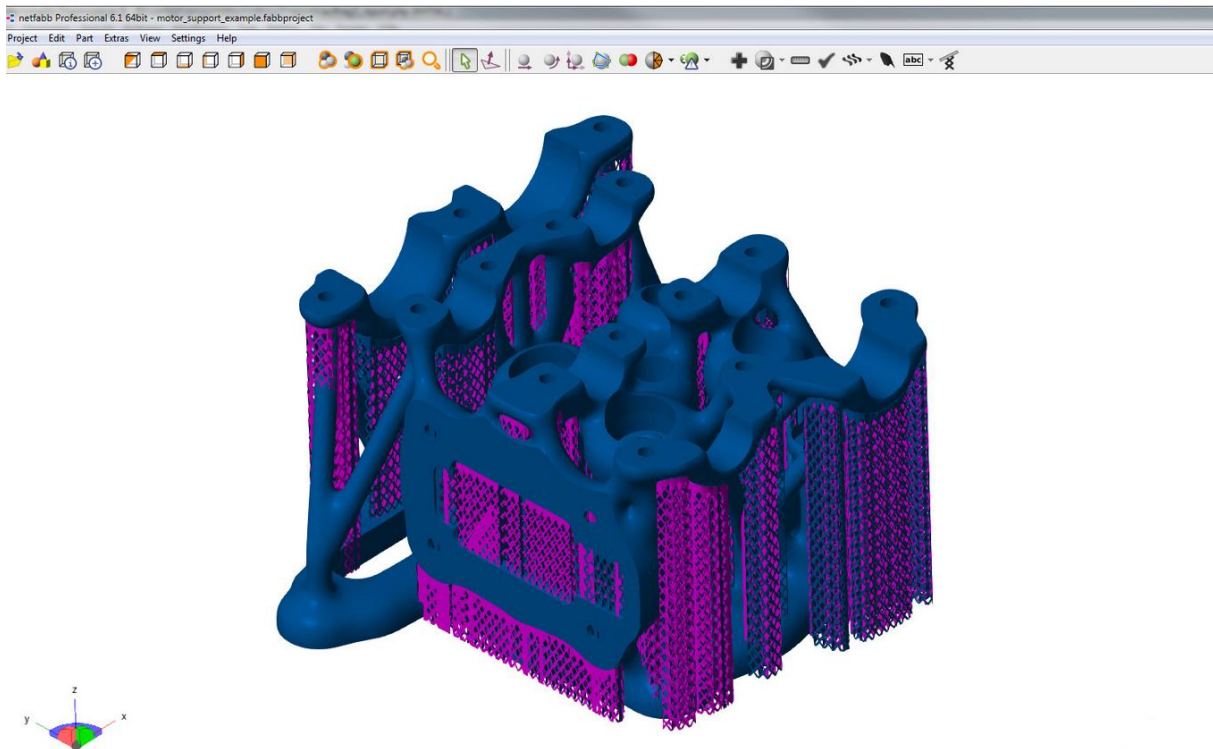
- **Software** Meshmixer
- **Funktion** STL-Editor, STL-Reparatur
- **Anwender** Fortgeschrittene
- **Preis** Kostenlos
- **Betriebssystem** Windows, Mac
- **Download/Infos** [Meshmixer](#)

Meshmixer ist ein 3D-Tool für Fortgeschrittene, mit dem man STL-Dateien überprüfen, bearbeiten und reparieren kann. Es ist besonders brauchbar, da es potentielle Probleme erkennt und diese automatisch repariert. Das Programm zeigt auch Probleme an, die beim Druck auftreten könnten, wie z.B. zu dünne Wände. Diese 3D-Drucker-Software wurde von Autodesk 3D entwickelt.

Meshmixer vermarktet sich selbst als das "Schweizer Messer" für Drahtgittermodelle und bietet einen wahren Schatz an Besonderheiten, inklusive (und das ist lange noch nicht alles) Drag-and-Drop beim Mesh-Mischen, Erstellung von 3D-Skulpturen und Stempelfunktionen, 3D-Muster und -Gitter, Objektaushöhlung, Support von strukturellen Zusammenführungen, Mesh-Glättung u.v.m.

Ob nun ein 3D-Scan repariert, ein Modell für den Druck vorbereitet werden soll oder unterschiedlichste Objekte mit spezifischen Maßen designt werden soll, Meshmixer ist ein Editor- und Repair-Tool der Spitzenklasse und kann für eine Vielzahl von Zwecken eingesetzt werden.

## Netfabb



### Merkmale

- **Software** Netfabb
- **Funktion** STL-Reparatur, Slicer
- **Anwender** Profis
- **Preis** Für Studierende kostenlos
- **Betriebssystem** Windows
- **Download/Infos** [Netfabb](#)

Netfabb ist eine 3D-Drucker-Software zum Slicen mit weitreichenden Funktionen für die Analyse und Reparatur von STL-Dateien, mit denen das Modell repariert werden kann, bevor es im Slicer auf den Druck vorbereitet wird. Zu den beeindruckendsten Funktionen auf der Liste zählen die individuelle Bereitstellung von Support, die Polygonnetz-Reparatur und ein breites Spektrum an generativen Design-Werkzeugen, mit denen Netfabb den Herstellungsprozess für seine User optimieren möchte.

### 3.3 Slicen anhand des PrusaSlicers

#### 3.3.1 Oberfläche

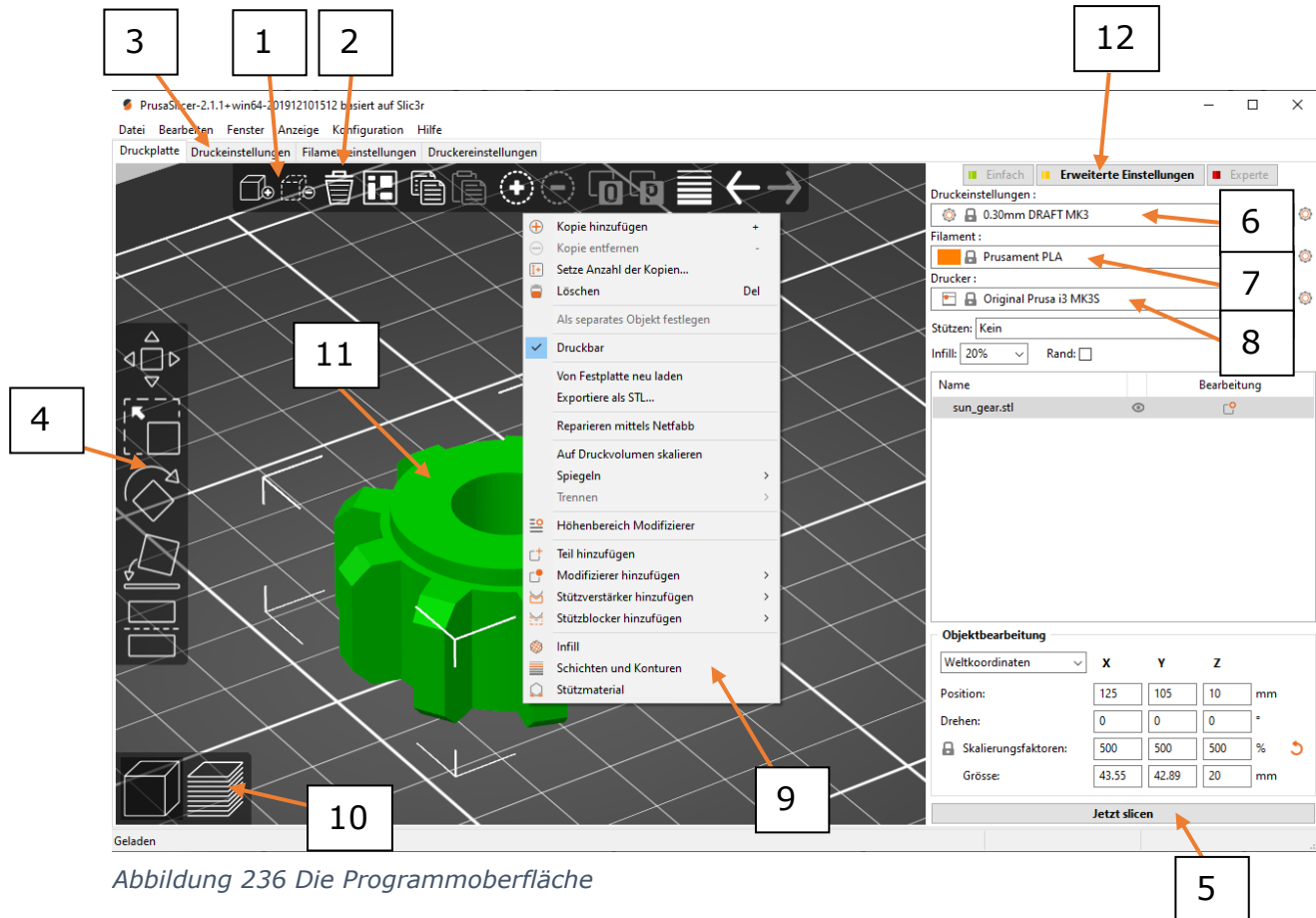
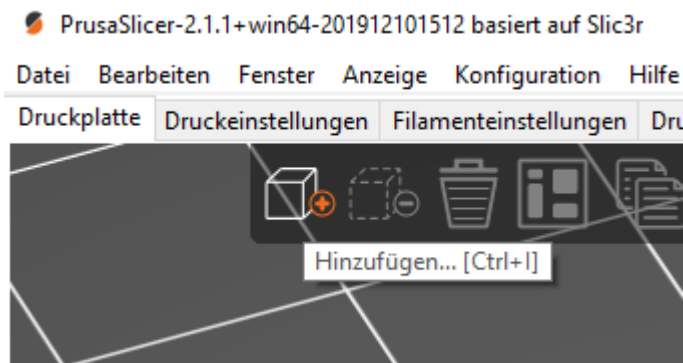


Abbildung 236 Die Programmoberfläche

1. Die **Hinzufügen** Taste lädt Modelle in den PrusaSlicer
2. **Löschen** und **Alle löschen** Tasten entfernen das Modell /die Modelle aus PrusaSlicer
3. Öffnet detaillierte Einstellungen von Druck, Filament und Drucker
4. **Verschieben, Skalieren, Drehen, auf Fläche legen** und **Schneide** Werkzeuge
5. Slicen und G-Code-Generieren Taste
6. Qualität / Geschwindigkeitseinstellung eines Drucks
7. Materialauswahl
8. Druckerauswahl
9. **Rechtsklick** auf Modell öffnet ein Kontextmenü
10. Wechsel zwischen 3D-Editor und Schichtenvorschau
11. Modellvorschau
12. Wechsel zwischen Einfachem / Erweitertem / Expertenmodus

### 3.3.2 Welche Werkzeuge werden fürs Slicen benötigt

#### Hinzufügen von Bauteilen



Nach Klick auf Hinzufügen öffnet sich ein Fenster wo das zu slicende Objekt ausgewählt werden kann.

Abbildung 237 Hinzufügen eines Objektes

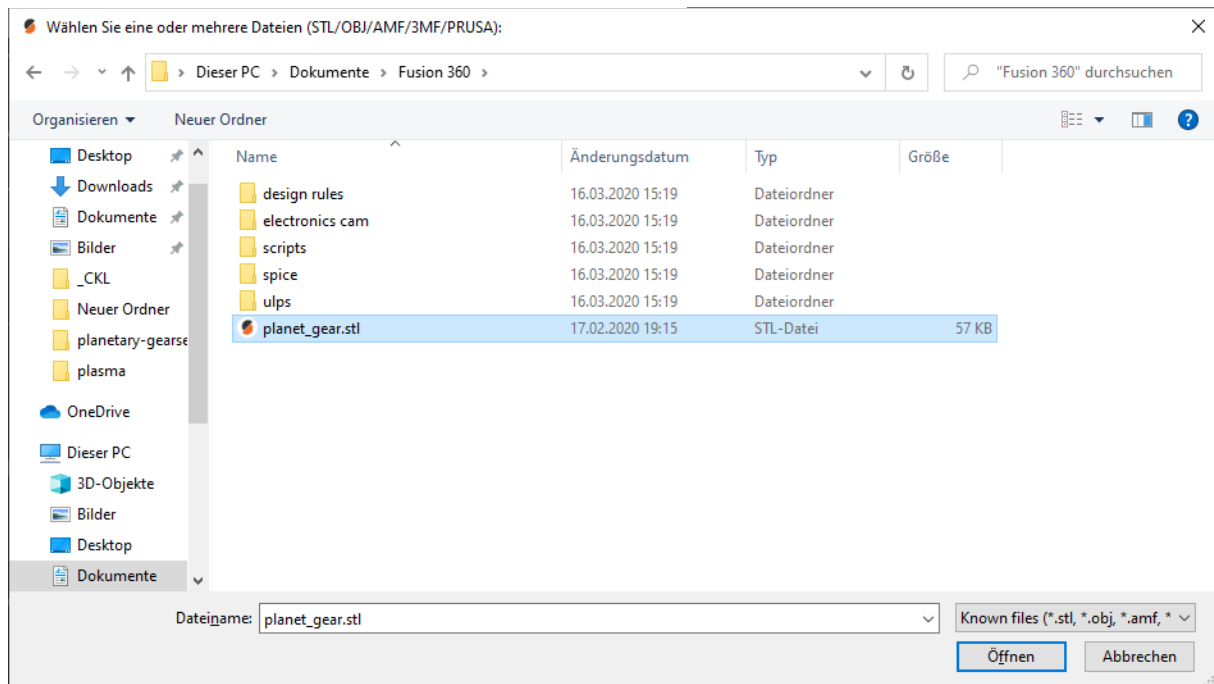
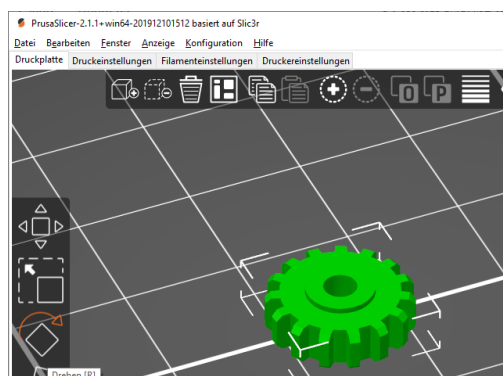


Abbildung 238 Auswahl des Objektes



Nun ist das Bauteil im Programm ersichtlich und kann nun weiterbearbeitet werden.

Abbildung 239 Eingelegtes Objekt

## Objektbearbeitung

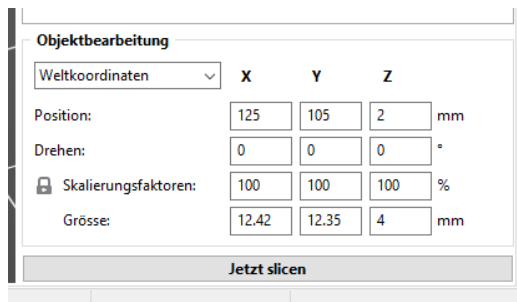


Abbildung 240 Objektbearbeitung von einem oder mehreren Bauteilen

Sobald ein oder mehrere Objekte ausgewählt wurden, erscheint im rechten Fensterbereich das Fenster Objektmanipulation.

Mit Hilfe der Texteingaben können folgende Modifikationen schnell vorgenommen werden:

- Position
- Drehung
- Skalierungsfaktor
- Größe

Die Skalierung kann schnell auf 100% zurückgesetzt werden, indem man die **orange Reset-Pfeiltaste** benutzt.

## Linkes Werkzeugfenster



*Bewegen*

Damit kann das Bauteil in alle drei Achsen bewegt werden.

*Skalieren*

Zum vergrößern des Bauteiles wird dieses Werkzeug benötigt.

*Drehen*

Mit diesem Werkzeug ist es möglich das Bauteil zu drehen.

*Auf Fläche legen*

Die ausgewählte Fläche wird mit diesem Werkzeug an der Grundfläche ausgerichtet.

*Schneiden*

Falls es nötig ist, das Bauteil in mehrere aufzuteilen ist es mit diesem Werkzeug möglich. Der Schnitt in der Z Achse kann auch mit Eingabe der Höhe in mm eingegeben werden.

Abbildung 241  
Linkes Menü



Abbildung 242  
Schneiden Werkzeug

## Druckeinstellungen

Bis jetzt wurde nur das Objekt eingefügt und /oder Modifikationen daran vorgenommen. Jetzt werden die Einstellungen für den Druck vorgenommen.

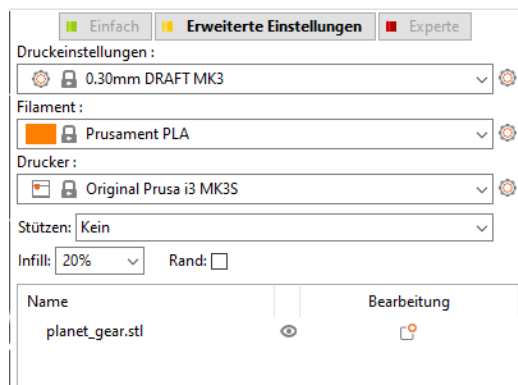


Abbildung 243 Druckeinstellungen

**Druckeinstellungen** auswählbar von 0,05 bis 0,3 mm können hier eingestellt werden. Für Prototyping sind 0,3mm voreingestellt. Änderungen können jederzeit mit dem Zahnradsymbol vorgenommen werden.

Prusa hat einige voreingestellte **Filament** Typen hinterlegt. Es können auch eigene hinzugefügt werden. Die meisten Hersteller geben auf ihren Webseiten an wie das Filament gedruckt werden soll.

Im Dropdownmenü können weitere Firmen interne **Drucker** hinzugefügt werden. Es wird auch die Möglichkeit geboten, eigene Profile von anderen Herstellern hinzuzufügen.

3D-Drucker arbeiten, indem sie Schichten über Schichten aus Kunststoff legen, um ein 3D-Objekt zu erzeugen. Jede neue Schicht muss von der darunterliegenden Schicht unterstützt werden. Wenn ein Teil des Modells in der Luft beginnt und nicht von etwas darunter unterstützt wird, muss eine zusätzliche **Stützstruktur** hinzugefügt werden, um einen erfolgreichen Druck zu gewährleisten.

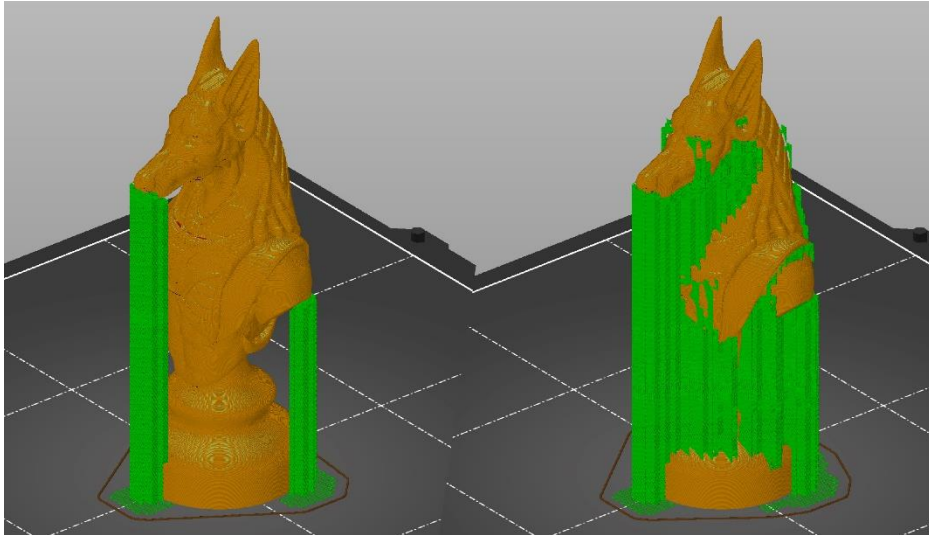
### Stützen überall

Stützen können bei Bedarf sowohl aus dem Druckbett als auch aus jeder Modelloberfläche wachsen.

Dadurch wird sichergestellt, dass jeder Überhang und Teile, die in der Luft beginnen, unterstützt werden. Es können jedoch kleine Unvollkommenheiten an der Oberfläche auftreten, von der aus, die Stützen anfangen zu wachsen.

### *Stützen nur vom Druckbett*

Erstellt nur Stützen, die ihre Basis am Druckbett haben.



### *Nur für Stützverstärker*

Die automatische Supportgenerierung ist nur für Bereiche aktiviert, die mit einem Stützverstärker markiert sind. Diese Option ist im Wesentlichen eine Abkürzung, die **Druckeinstellungen - Stützmaterial - Stützmaterial erzeugen** einschaltet, aber **Druckeinstellungen - Stützmaterial - Automatisch erzeugte Stützen** ausschaltet.

### *Fülldichte*

Die meisten Modelle können mit 10-15% **Infill** gedruckt werden. Wenn sich die Oberseite des Modells allmählich schließt, kann es hohl gedruckt werden (0% Infill), obwohl dies im Allgemeinen nicht empfohlen wird. Wenn das Modell schwerer sein soll, mehr Druckfestigkeit oder höhere Steifigkeit benötigt wird, kann die Füllung erhöht werden. Es werden selten mehr als 30% Infill benötigt.

## Rand

Bevor Sie in Betracht ziehen, zusätzliche Adhäsionsmaterialien auf das Bett aufzutragen, ziehen Sie in Betracht, die **Rand Option** im PrusaSlicer zu verwenden, die die Oberfläche der ersten Schicht vergrößert. Sie können die Größe des Randes manuell in **PrusaSlicer** einstellen, indem Sie in **Druckeinstellungen - Schürze und Rand - Rand** gehen. Im Allgemeinen wird empfohlen, mindestens einen Rand von 3 mm zu verwenden, um die Haftung zu erhöhen.

Sie sollten erwägen, die Option "Rand" zu verwenden, beim **Drucken**:

- Hoher Objekte mit einer kleinen Basis
- Mehrerer kleiner Objekte auf einmal

## Slicen

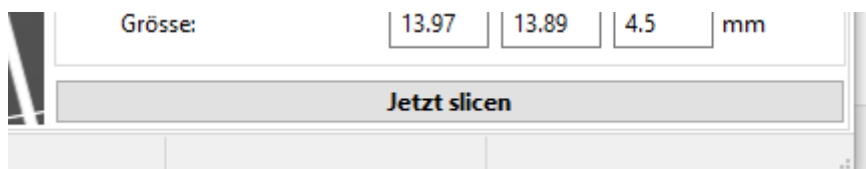


Abbildung 244 Slicen Button als abschließender Schritt

Nachdem alle Einstellungen vorgenommen wurden, kann das Bauteil nun im letzten Schritt „geslicet“ werden. Die Modellvorschau schaltet nun automatisch vom Editiermodus in den Vorschaumodus und kann nun exportiert werden.

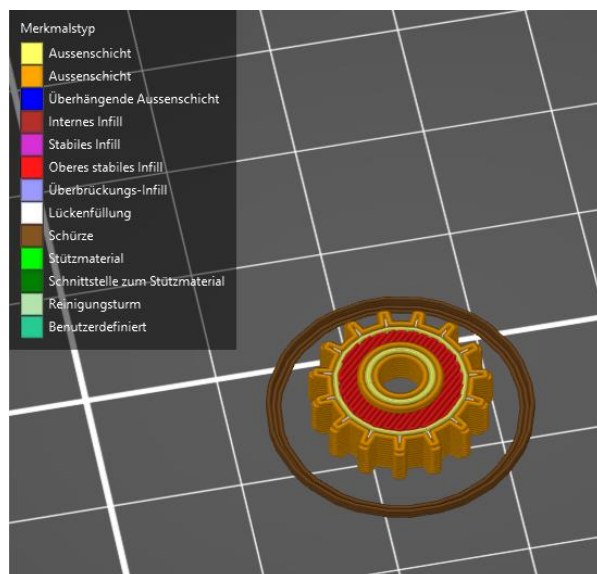


Abbildung 245 Vorschaumodus in PrusaSlicer



Abbildung 246 Export Button



## 4 Ausdruck der Modelle

## 4.1 3D Drucker Modelle im Vergleich

### Ultimaker S5

#### Merkmale

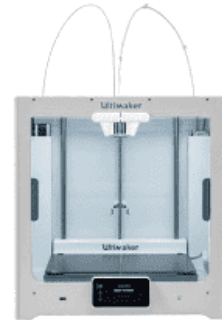
- Druckverfahren: FDM
- Druckbereich: 33 x 24 x 30 Zentimeter
- Preis: 6.500,00 Euro (stand Mai 2021)
- Druckbett beheizt: ja
- Druckbett Kalibrierung: ja

#### Vorteile

Erstklassige Druckqualität  
2 Druckdüsen  
Sehr großer Druckbereich  
Große Auswahl an Druckmaterialien

#### Nachteile

Hoher Anschaffungspreis  
Teures Druckmaterial  
Lange Aufwärmzeit



### Prusa Research Original Prusa i3 MK3S

#### Merkmale

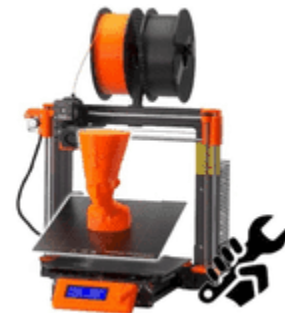
- Druckverfahren: FDM
- Druckbereich: 25 x 25 x 25 Zentimeter
- Preis: 999,00 Euro (stand Mai 2021)
- Druckbett beheizt: ja
- Druckbett Kalibrierung: ja

#### Vorteile

Hervorragende Druckqualität  
Niedrige Betriebskosten  
Sehr leise  
Gutes Preis-Leistungsverhältnis

#### Nachteile

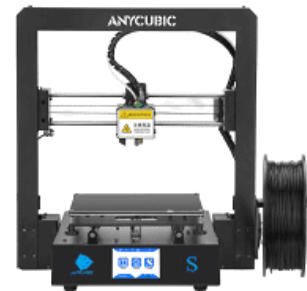
Kein LAN oder WLAN



## Anycubic I3 Mega

### Merkmale

- Druckverfahren: FDM
- Druckbereich: 21 x 21 x 20,5 Zentimeter
- Preis: 209,00 Euro (stand Mai 2021)
- Druckbett beheizt: ja
- Druckbett Kalibrierung: nein



### Vorteile

Gute Druckqualität  
Niedrige Betriebskosten  
Hervorragendes Preis-Leistungsverhältnis

### Nachteile

Weder LAN noch WLAN  
Hohe Leistungsaufnahme  
Keine automatische Tischkalibrierung

## Creality Ender 3

### Merkmale

- Druckverfahren: FDM
- Druckbereich: 22 x 22 x 25 Zentimeter
- Preis: 150,00 Euro (stand Mai 2021)
- Druckbett beheizt: ja
- Druckbett Kalibrierung: nein



### Vorteile

Gute Druckqualität  
Niedrige Betriebskosten  
Hervorragendes Preis-Leistungsverhältnis

### Nachteile

Weder LAN noch WLAN  
Manchmal Kleber für Haftung notwendig  
Nur manuelle Tischkalibrierung

## 4.2 Die gängigsten Materialien

### 4.2.1 PLA

PLA (Polymilchsäure) ist bei Amateuren und Profis gleichermaßen beliebt. Es handelt sich um eine spezielle Art von Thermoplasten aus organischen Materialien, nämlich Maisstärke und Zuckerrohr. Die Hauptvorteile von PLA sind, dass es „sicherer“ und einfacher zu verwenden ist und keine giftigen Dämpfe enthält, über die man sich Sorgen machen müsste.

Im Vergleich zu ABS produziert PLA 3D-Teile, die viele Personen als ästhetischer empfinden (dank seines einzigartigen Glanzes und glatten Aussehens).



*Abbildung 247 Große Farbvielfalt bei PLA Filamenten*

Das klingt zwar wie das perfekte Material, aber es gibt natürlich auch hier einige Nachteile. Zum einen ist der Schmelzpunkt von PLA viel niedriger als der von ABS was PLA etwas „schwächer“ macht. Dies ist wichtig, wenn man bewegliche Teile drucken möchte oder diese hohen Temperaturen aussetzt. Beides kann dazu führen, dass die 3D-Objekte brechen, sich verziehen oder sogar schmelzen. Wenn keine der oben genannten Aussagen auf die geplanten 3D-Projekte zutrifft, sollte PLA das Filament unserer Wahl sein. Man erhält hervorragende Druckdetails und es ist weniger anfällig für Druckfehler während des Erstellungsprozesses.

## Anwendungen

PLA ist vielseitig einsetzbar. Auf professioneller Ebene umfassen PLA-Anwendungsgebiete zum Beispiel einige Bereiche der Medizin. Wir können PLA bei verschiedenen chirurgischen Implantaten sehen, einschließlich implantierter Stifte, Stäbe, Schrauben und Netze. Diese Anwendungsgebiete funktionieren dank der abbaubaren Eigenschaften des Materials. Alle oben genannten 3D-gedruckten Teile zerfallen im menschlichen Körper. Sie können je nach Teil und Zweck zwischen sechs Monaten und zwei Jahren dauern. PLA-Filament eignet sich hervorragend für die Herstellung einer ganzen Reihe von Verbrauchsgütern. Weitere Vorteile von PLA sind, dass es schneller als ABS druckt und kein beheiztes Druckerbett erforderlich ist. Die Endprodukte weisen eine gute Festigkeit auf, sind langlebig und weisen eine gewisse Schlagfestigkeit auf. Neben dem 3D-Druck gehören zu den Produkten, die PLA verwenden, beispielsweise Lebensmittelverpackungen, Einweggeschirr und Windeln.

## Die Vorteile

- Keine schädlichen Dämpfe
- Einfacher zu handhaben im Vergleich zu ABS (tolles Material für Anfänger)
- Im Vergleich zu ABS neigt PLA weniger zum Verziehen („warping“)
- Erhältlich in Spezialeffekten, wie Leuchtfarben oder farbwechselnd

## Die Nachteile

- Anfällig für Verstopfung der Druckerdüse
- Es kann Feuchtigkeit anziehen, wodurch es möglicherweise spröde und schwieriger zu drucken ist
- Insgesamt weniger robust als ABS

## 4.2.2 ABS

ABS ist aus guten Gründen beliebt. Es ist zäh und ist schlagfeste bzw. schlagresistent. Es ist diese Stärke und moderate Flexibilität, die es zu einer hervorragenden Wahl für das Drucken in 3D macht. Es ist auch leicht aus den Düsen des Druckers zu extrudieren, wodurch es ein einfach zu bearbeitendes Material ist.

Im Allgemeinen ist ABS schwieriger zu verarbeiten als PLA, ist ihm aber von den Materialeigenschaften her überlegen. Produkte aus ABS zeichnen sich durch hohe Haltbarkeit und hohe Temperaturbeständigkeit aus, aber es benötigt eine höhere Verarbeitungstemperatur und ein beheiztes Druckbett.



Abbildung 248 ABS ist in der Spielzeugindustrie

## Anwendungen

ABS eignet sich hervorragend zum Drucken von Kfz-Kunststoffteilen, beweglichen Teilen, Musikinstrumenten, Küchengeräten, elektronischen Gehäusen und verschiedenen Spielzeugen wie LEGO (das Original Lego ist tatsächlich aus ABS). Abgesehen vom 3D-Druck gibt es auch andere Anwendungen. Beispielsweise verwenden traditionelle Hersteller ABS, um Plastikfolie, Wasserflaschen und Tassen herzustellen, um nur einige Verwendungen zu nennen. Trotz seiner Beliebtheit für den 3D-Druck ist ABS nicht das beste Filament für die meisten Heimanwender. Dies liegt daran, dass es einen hohen Schmelzpunkt hat, der auf eine beheizte Oberfläche oder ein Bett gedruckt werden muss. Ein beheiztes Druckerbett ist etwas, mit dem (noch!) nicht alle günstigen Drucker ausgestattet sind. Das Drucken mit ABS erzeugt auch Dämpfe, die für manche Menschen sehr unangenehm sein können. Eine gute Belüftung ist hier deshalb unabdingbar. Diese Eigenschaften machen ABS zu einem Material, das eher von Profis als von Amateuranwendern bevorzugt wird.



Abbildung 249 LEGO

## Die Vorteile

- Ein langlebiges, starkes 3D-Filament
- höhere Haltbarkeit und Witterungsbeständigkeit als PLA
- Beliebtestes Material unter professionellen 3D-Druckern und motivierten Amateuren

## Die Nachteile

- ABS basiert auf Erdöl und ist daher ein nicht biologisch abbaubares Material
- Benötigt eine hohe Temperatur, um seinen Schmelzpunkt zu erreichen
- Erzeugt unangenehme Dämpfe, besonders in schlecht belüfteten Räumen
- schwerere Verarbeitbarkeit

### 4.2.3 PET / PETG

Heute ist Polyethylenterephthalat (PET) ein beliebtes 3D Druck Material. Eine andere übliche Verwendung für PET ist die Verwendung in alltäglichen „Plastikflaschen“. Dieser Kunststoff ist sowohl stabil als auch harmlos, stößt keine unangenehmen oder schädlichen Gerüche aus und ist zu 100% recycelbar. Im rohen Zustand hat das Filament keine Farbe. Sobald das Material Kälte oder Hitze ausgesetzt ist, geht es schnell in einen undurchsichtigen Zustand über.

„Rohes“ PET wird selten im 3D-Druck verwendet. PETG ist ein beliebtes 3D Drucker Filament. Das „G“ steht für „glykolmodifiziert“. Durch diese Modifikation ist das Filament klarer, weniger spröde und einfacher zu verwenden. PETG ist ein guter Mittelweg zwischen ABS und PLA. Flexibler und haltbarer als PLA und einfacher zu drucken als ABS.



Abbildung 250 PE / PET Flaschen



## Anwendungen

PET ist auf einer Liste der von der FDA (Food and Drug Administration, deutsch: Behörde für Lebens- und Arzneimittel) zugelassenen Polymere. Dies macht es vollständig „lebensmittelsicher“, d.h. es ist sicher für Produkte, wie z.B. Tassen oder Teller. Zu den üblichen Anwendungen für PET-Filament gehören Lebensmittelbehälter und verschiedene Küchenutensilien.



Abbildung 251 PETG in unterschiedlichen Farben

## Die Vorteile

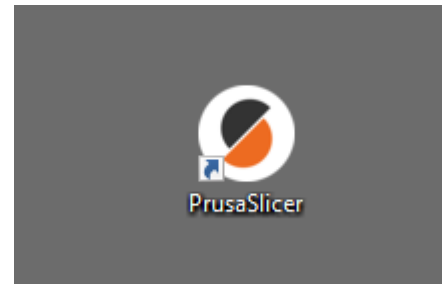
- Stark, flexibel und biokompatibel
- Verzieht sich nicht
- Schrumpft nicht
- Nimmt keine Feuchtigkeit aus der Luft auf
- Zersetzt sich nicht in Wasser
- Lebensmittelecht

## Die Nachteile

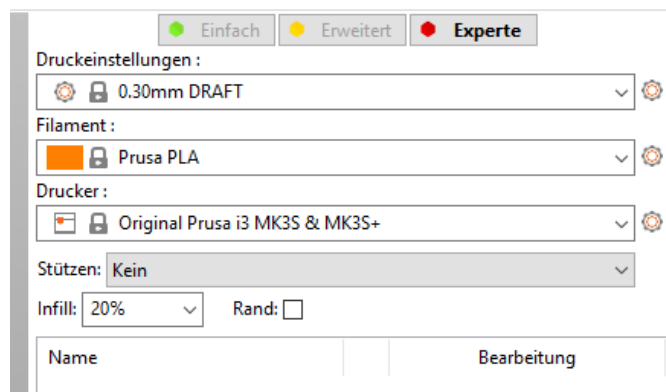
- Kein leichtes Material für Anfänger
- Die Düsen- und Druckerbetttemperaturen müssen für optimale Ergebnisse angepasst werden

## 4.3 3D Druck mit einem Prusa I3

### 1. Slicing **Software** starten

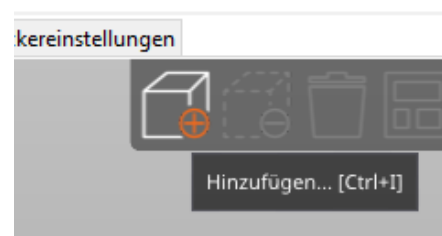


2. **Prüfen** ob der richtige Drucker, die Schichthöhe und das korrekte Filament ausgewählt sind.

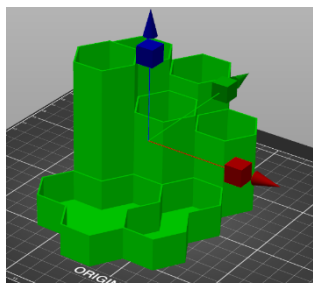


### 3. **Bauteil öffnen:**

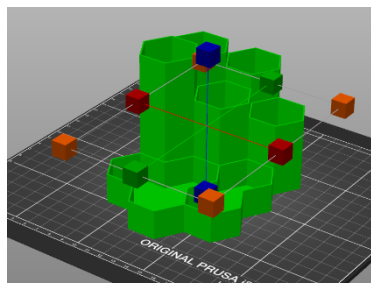
Entweder über Drag & Drop oder über folgenden Button



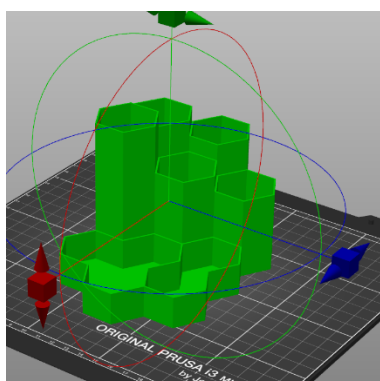
4. **Überprüfung des Bauteiles** und falls nötig ausrichten und anpassen mit den Buttons auf der linken Seite des Programmfensters.



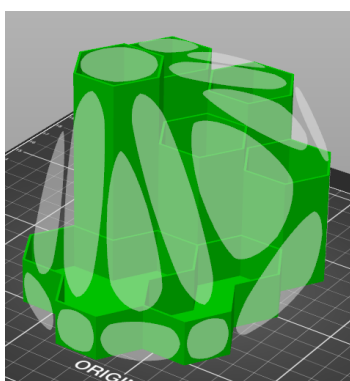
Bauteil bewegen



Größen ändern



Bauteil drehen



Fläche als Grundfläche auswählen



5. **Bauteil slicen**

Flächen: 340 (1 Konturhüllen)	Material: 1
Hülle ok: Ja	
<b>Jetzt slicen</b>	

6. **SD Karte mit PC verbinden**



7. **Export G-Code:**  
(erzeugte Druckdaten auf  
SD Karte speichern)

Slice-Info	
Filamentbedarf (Meter)	25.00
Filamentbedarf (mm <sup>3</sup> )	60142.68
Filamentbedarf (g) (einschließlich Spule)	74.58 (304.58)
Kosten	2.07
Erwartete Druckzeit:	
- Normaler Modus	3h35m
- Stealth Modus	3h35m

} **Export G-Code**

8. 3D Drucker einschalten (Hauptschalter befindet sich auf der hinteren Seite des Gerätes)



9. SD Karte in 3D Drucker einstecken



---

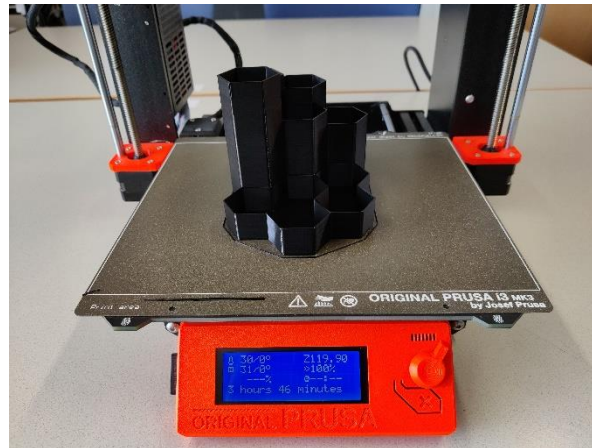
*Wichtig: Vor dem Start sollte kontrolliert werden, ob die Federstahlplatte am Heizbett vorhanden ist, und das sich auf dieser keine Bauteile oder Materialreste befinden*

---

10. Druck starten  
Durch einstecken der SD Karte zeigt der Drucker automatisch den Inhalt der Speicherkarte an. Über das Bedienrad rechts der LCD Anzeige, wird das Bauteil ausgewählt und mit einem Druck aufs Bedienrad wird der Druck gestartet



11. Nach dem Druck ist zu beachten das die Heizplatte ggf. noch heiß ist. Nach ausreichender Abkühlzeit die Federstahlplatte vom Heizbett abheben und das Bauteil durch leichtes wölben von der Plattform ablösen.



12. Zum Schluss Material Reste vom Druckbett entfernen und die Platte wieder auf das Heizbett auflegen (Auf korrekten Sitz der aus Wölbung von Druckplatte und Heizbett achten!!)

