

Fusion 360

Einstieg in die CNC - Technik

Vorwort..... 1

<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>5</i>
<i>Gliederung des Skriptums.....</i>	<i>6</i>

1 Grundlagen Konstruktion..... 7

1.1 Die Oberfläche.....	8
1.1.1 Werkzeugkasten	10
1.1.2 Der View Cube	11
1.1.3 Der Navigationsbereich	11
1.1.4 Die Zeitachse.....	13
1.1.5 Kommentare	14
1.1.6 Der Browserbereich	15
1.1.7 Der Bereich Hilfe, Voreinstellungen, Erweiterungen und Links	16
1.1.8 Die Schnellzugriffsleiste	18
1.1.8.1 Screenshots erstellen	18
1.1.8.2 Die On- und Offlinespeicherung.....	19
1.1.9 Die Gruppe Daten	20
1.1.10 Das Kontextmenü.....	21
1.1.11 Die Arbeitsbereiche	22
1.2 Erste Skizze erstellen.....	24
1.2.1 Arbeitsebenen.....	25
1.2.2 Die erste Skizze erstellen	26
1.2.3 Die Werkzeuge zum Skizzieren	27
1.2.3.1 Menü ERSTELLEN	27
1.2.3.2 Menü ÄNDERN	37
1.3 Erstes Bauteil erstellen.....	42
1.3.1 Volumenkörper erstellen	44
1.3.2 Extrusion	45
1.3.3 Drehen	46
1.3.4 Sweeping	47
1.3.5 Erhebung	48
1.3.6 Rippe.....	50
1.3.7 Steg	51
1.3.8 Bohrungen	52
1.3.9 Gewinde.....	54
1.3.10 Körper ändern / modifizieren	57
1.3.11 Die übrigen Hauptmenüwerkzeuge im Überblick	69
1.3.11.1 Werkzeugpalette Zusammenfügen	70
1.3.11.2 Werkzeugpalette Konstruieren	72

1.3.11.3	Werkzeugpalette Prüfen	75
1.3.11.4	Werkzeugpalette Einfügen	86
2	<u>Modelle erstellen</u>	89
2.1	<i>Türme von Hanoi</i>	<i>90</i>
2.2	<i>Tic Tac Toe.....</i>	<i>98</i>
2.3	<i>Plättchen Halter für CNC Fräse.....</i>	<i>105</i>
3	<u>Grundlagen CNC - Technik</u>	113
3.1	<i>DIY CNC Maschinen im Überblick.....</i>	<i>114</i>
3.2	<i>Die Vorteile der CNC-Technik</i>	<i>115</i>
3.3	<i>Die Nachteile der CNC-Technik.....</i>	<i>117</i>
3.4	<i>CNC Programmierung mit G-Code</i>	<i>118</i>
3.5	<i>We ist das CNC Programm aufgebaut?</i>	<i>119</i>
3.6	<i>G-Befehle (Wegfunktionen).....</i>	<i>120</i>
3.7	<i>M-Befehle (Schaltfunktionen).....</i>	<i>121</i>
4	<u>Post Processing mit Estlcam</u>	122
4.1	<i>ESTL呢AM - Die Oberfläche.....</i>	<i>123</i>
4.1.1	<i>Export / Import.....</i>	<i>124</i>
4.1.2	<i>Erzeugen der ersten Fräsbahn</i>	<i>126</i>
4.1.3	<i>Das Bearbeitungsmenü</i>	<i>127</i>
4.1.4	<i>Die Werkzeugliste</i>	<i>129</i>
4.1.5	<i>Eigenschaften der Fräsbahn verändern</i>	<i>130</i>
5	<u>Fertigung von Bauteilen.....</u>	131
5.1	<i>Gravieren eines Textes in einen Schlüsselanhänger</i>	<i>131</i>

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.

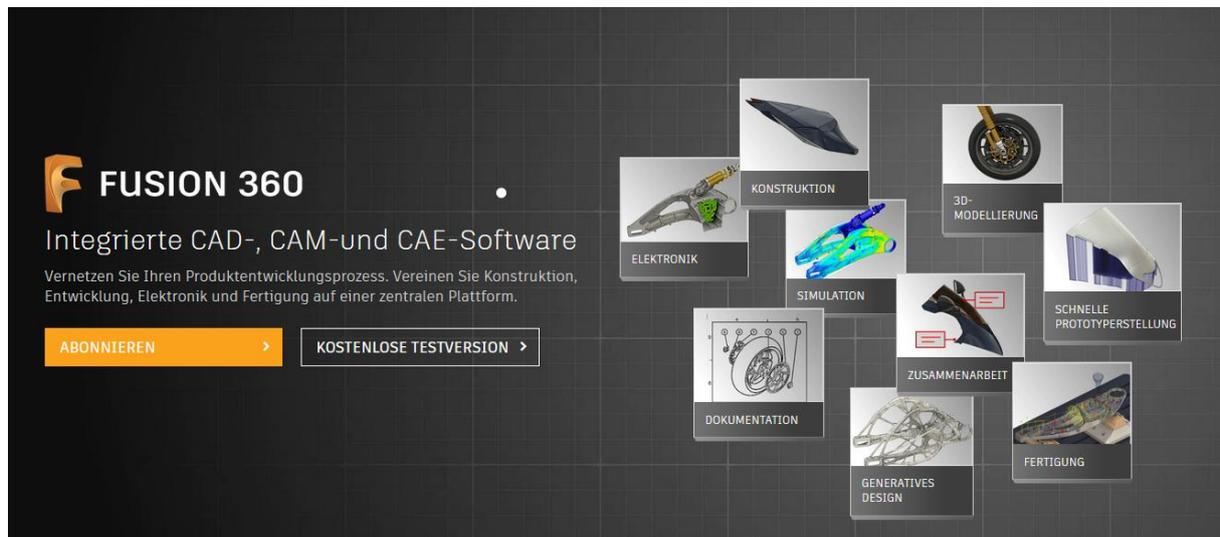


Abbildung 2 Unterschiedliche Abo Modelle

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](#)

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

Empfohlene Spezifikationen für komplexe Modellierung und Verarbeitung	
CPU-Typ	3 GHz oder mehr, mindestens 6 Kerne
Arbeitsspeicher	8 GB RAM oder höher
Grafik	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

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.

Grundlagen der CNC Technik wird im dritten Kapitel abgehandelt.

Der vierte Teil beschäftigt sich mit dem Export von Konstruktionen von Fusion360 und den Import nach ESTLcam

Und im letzten Teilbereich wird näher auf die Fertigung von Modellen und Bauteilen mit einer CNC-Fräse 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.

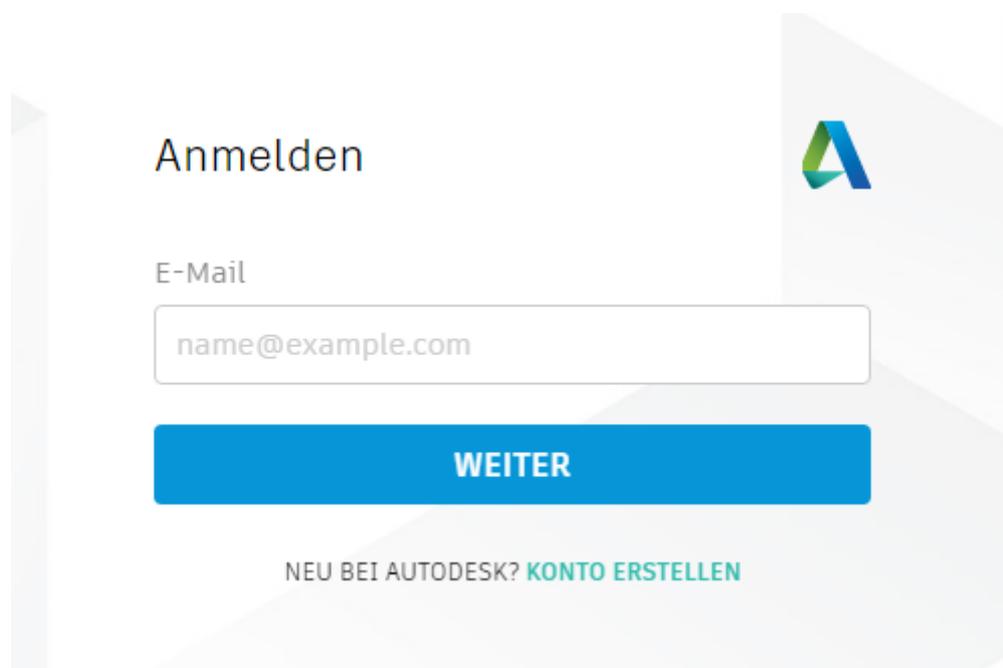


Abbildung 4 Anmeldebildschirm

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

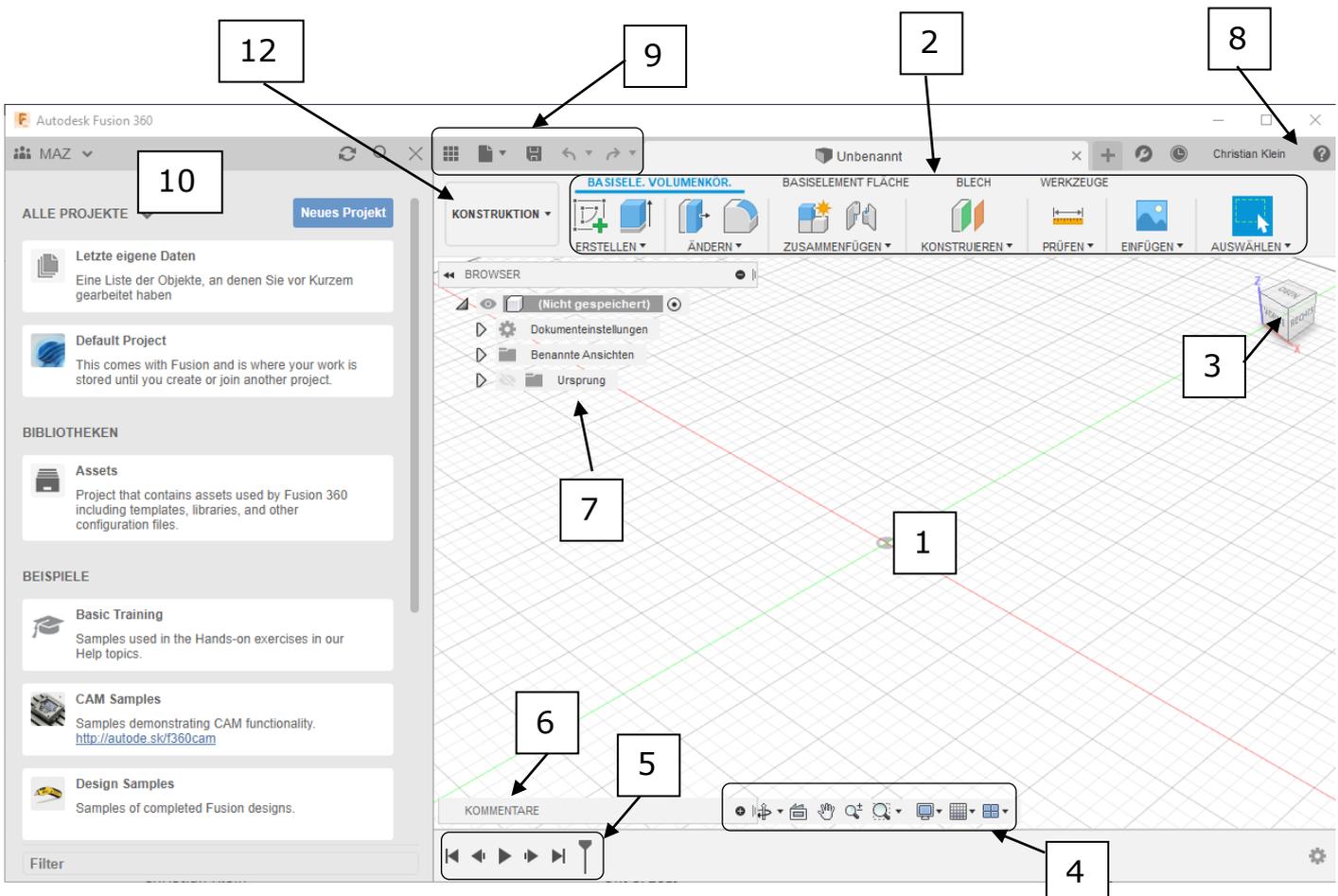


Abbildung 5 Benutzeroberfläche in Fusion 360

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

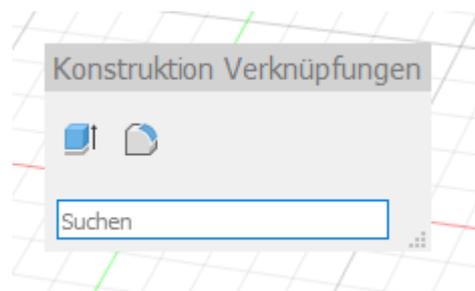


Abbildung 7 Werkzeugsuche

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.

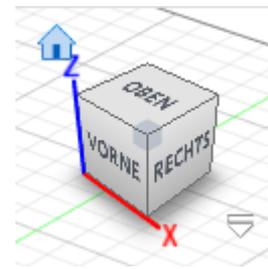


Abbildung 8 View Cube

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.

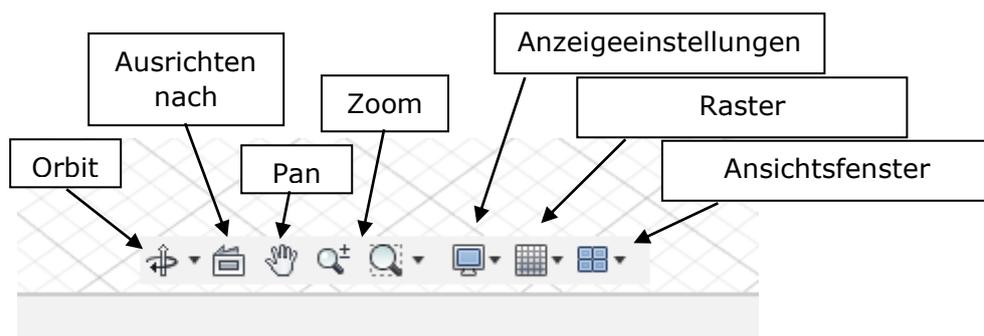


Abbildung 9 Die Navigationsleiste

- **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.

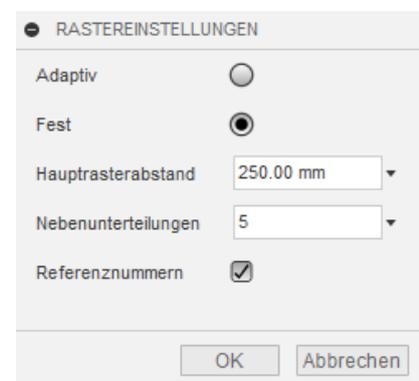


Abbildung 10 Rastereinstellungen
Adaptiv/Fest

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.

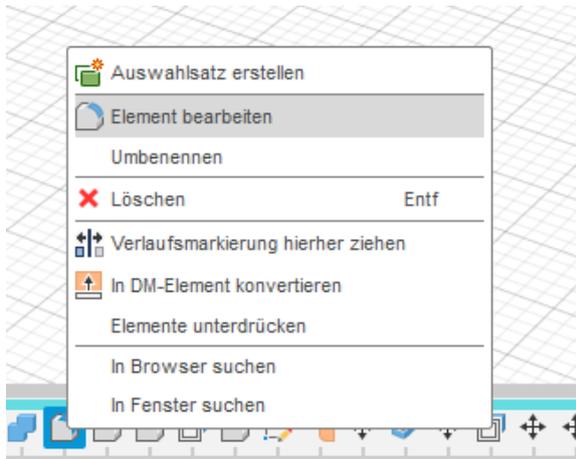


Abbildung 12 bearbeiten / ändern einer Aktion in der Zeitleiste

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.

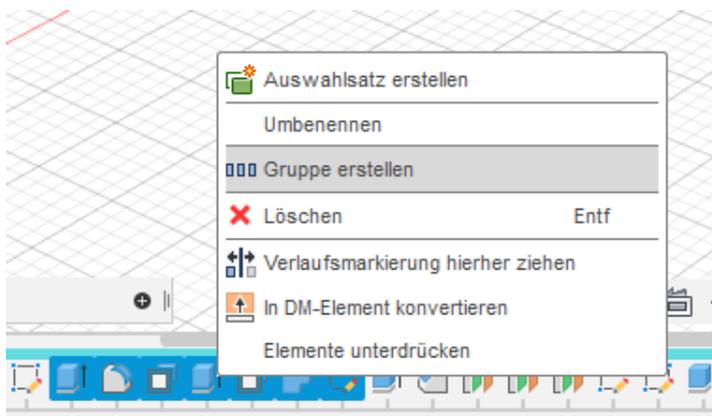


Abbildung 13 Gruppieren der einzelnen Aktionen in der Zeitleiste

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.

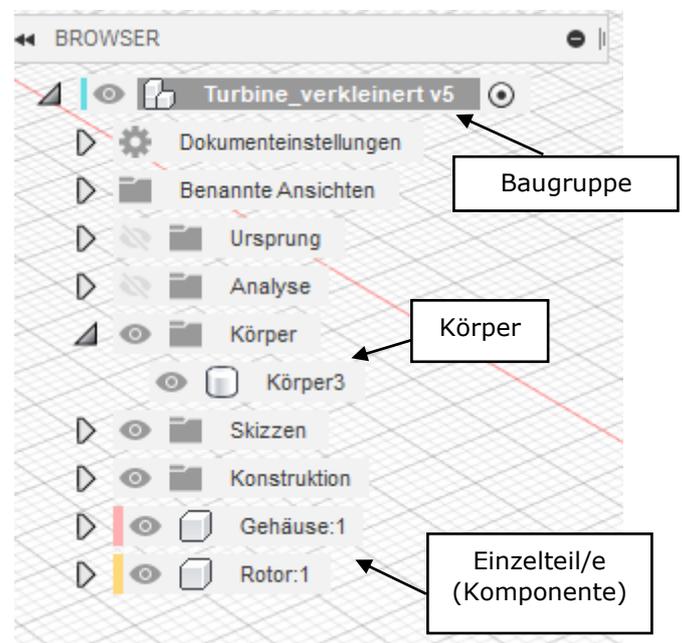


Abbildung 16 Browseransicht

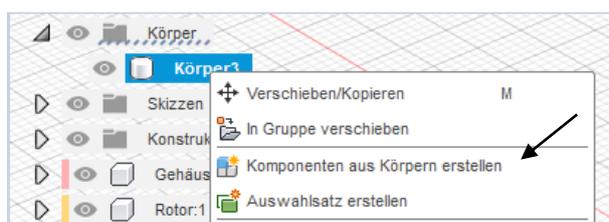


Abbildung 17 Umwandlung von Körper zu Komponente

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.

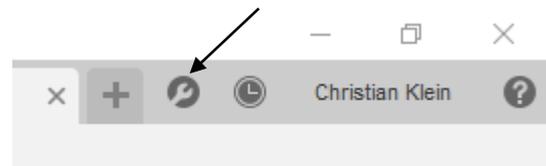


Abbildung 18 Erweiterungen

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.

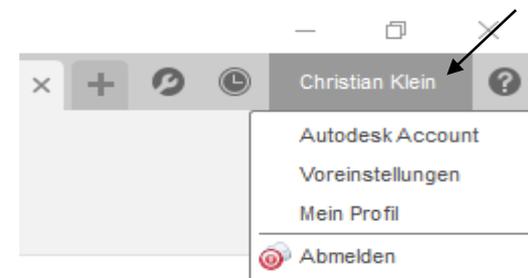


Abbildung 20 Voreinstellungen, Profil und Account

In den Voreinstellungen kann die Benutzeroberfläche angepasst werden.

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

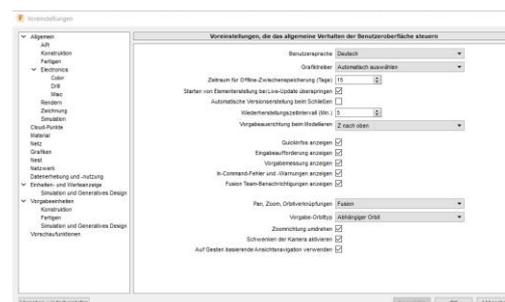


Abbildung 21 Voreinstellungen

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

Schulungen und Dokumentationen linken auf die Webseite von Autodesk.

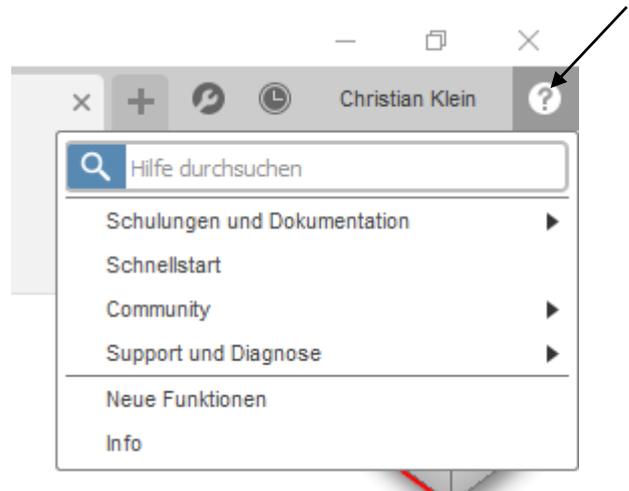


Abbildung 22 Zugriff auf Hilfe und Lernprogramme

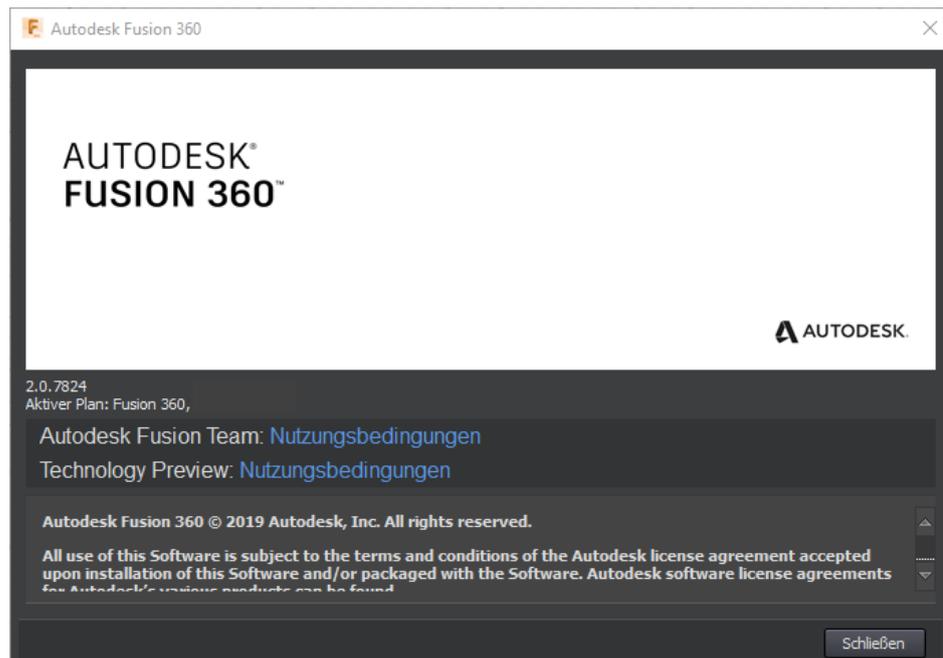


Abbildung 23 Versionsnummer

1.1.8 Die Schnellzugriffsleiste

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

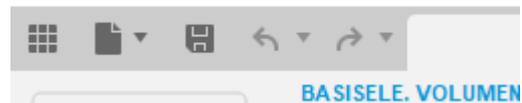


Abbildung 24 Schnellzugriffsleiste

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)

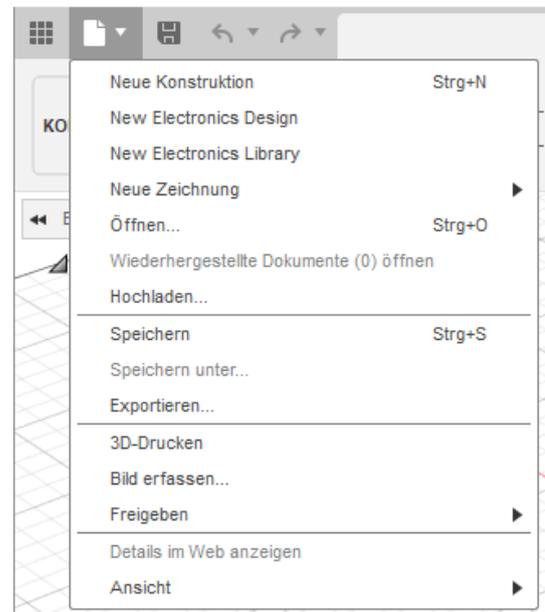


Abbildung 25 Dropdownmenü des Dateisymbles

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.

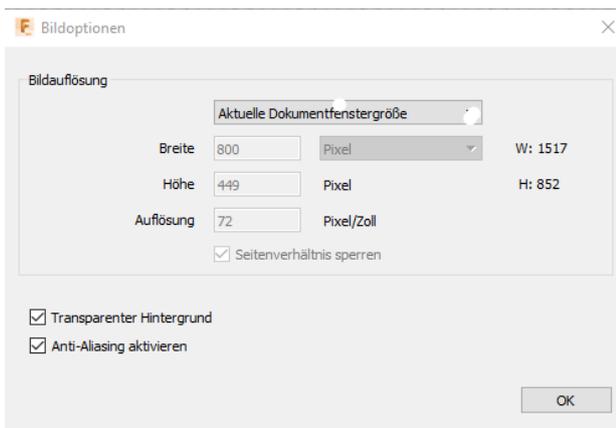


Abbildung 27 Auswahl der Größe

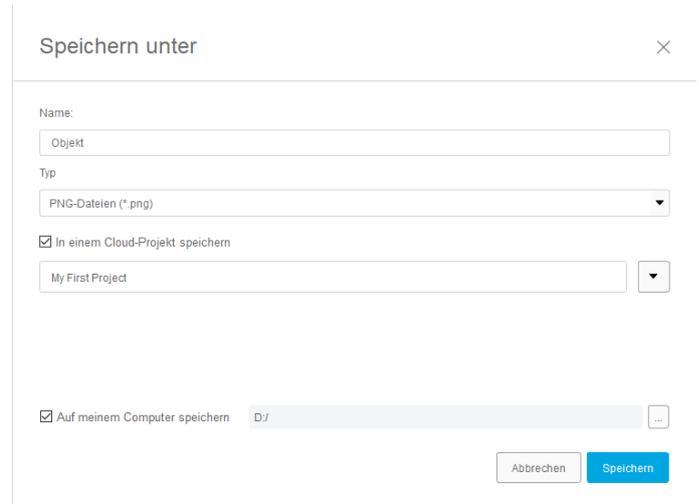


Abbildung 26 Auswahl Format und Cloud oder Lokal Speicherung

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.

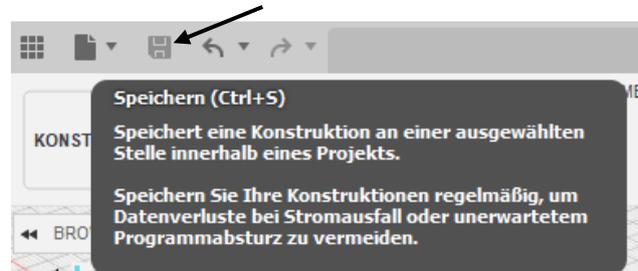


Abbildung 28 Speichern einer Konstruktion

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

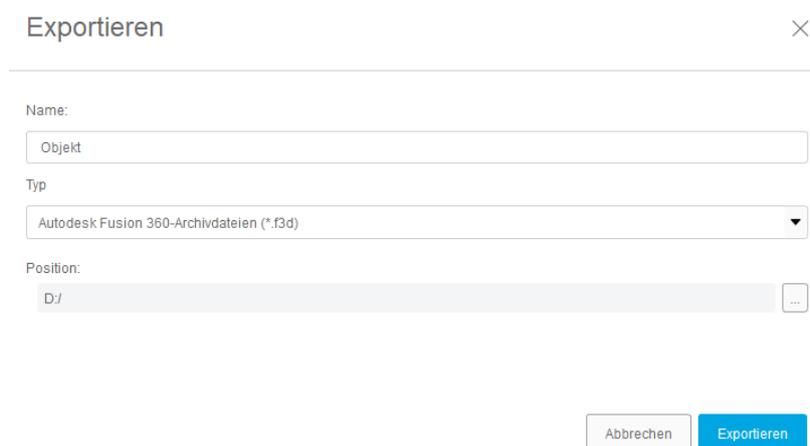


Abbildung 29 Exportieren einer Konstruktion

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.

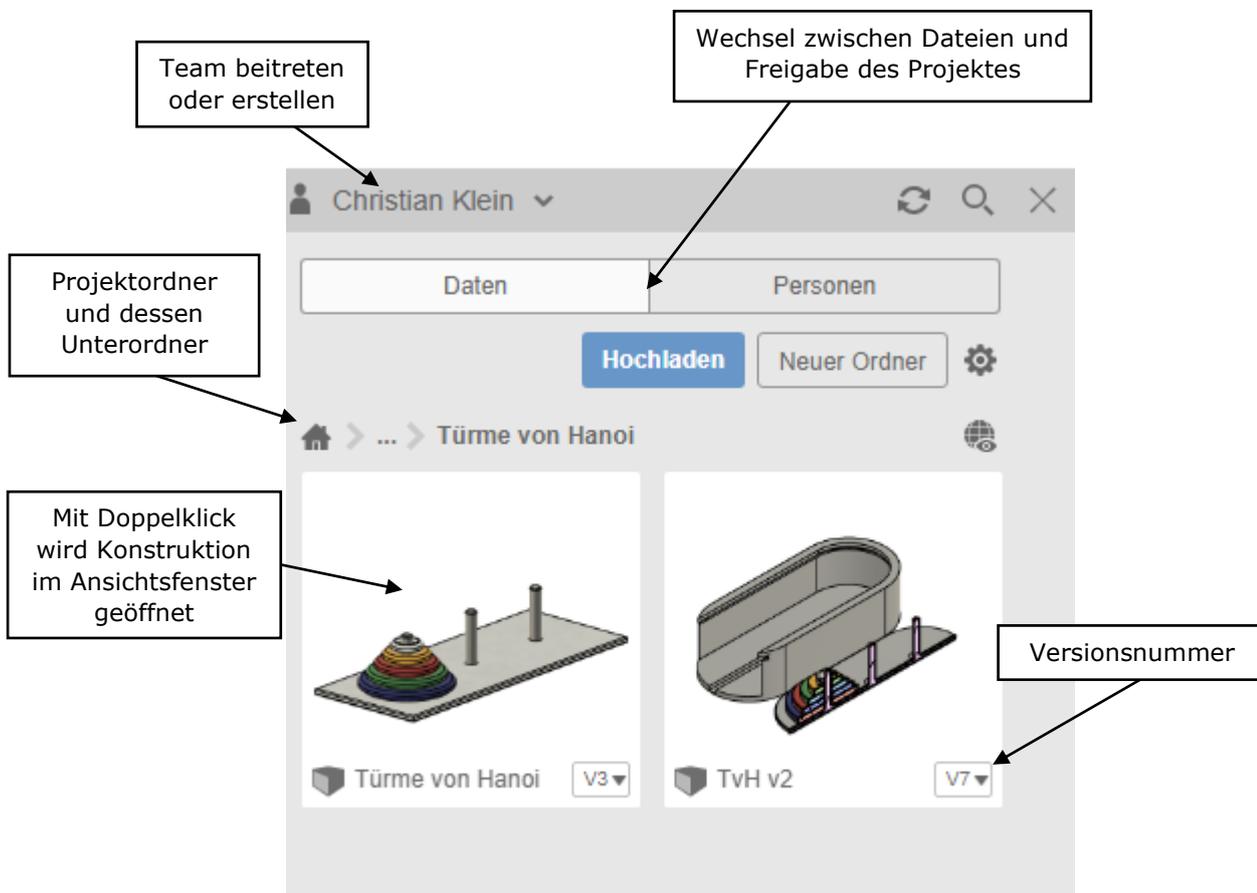


Abbildung 31 Gruppe Daten

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.

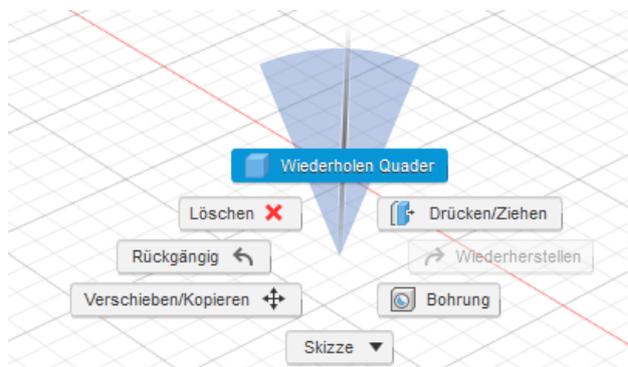


Abbildung 32 Wiederholen Funktion

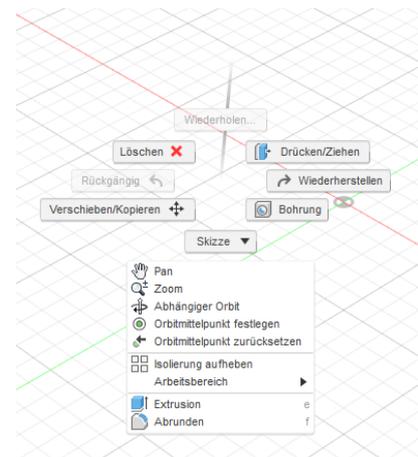
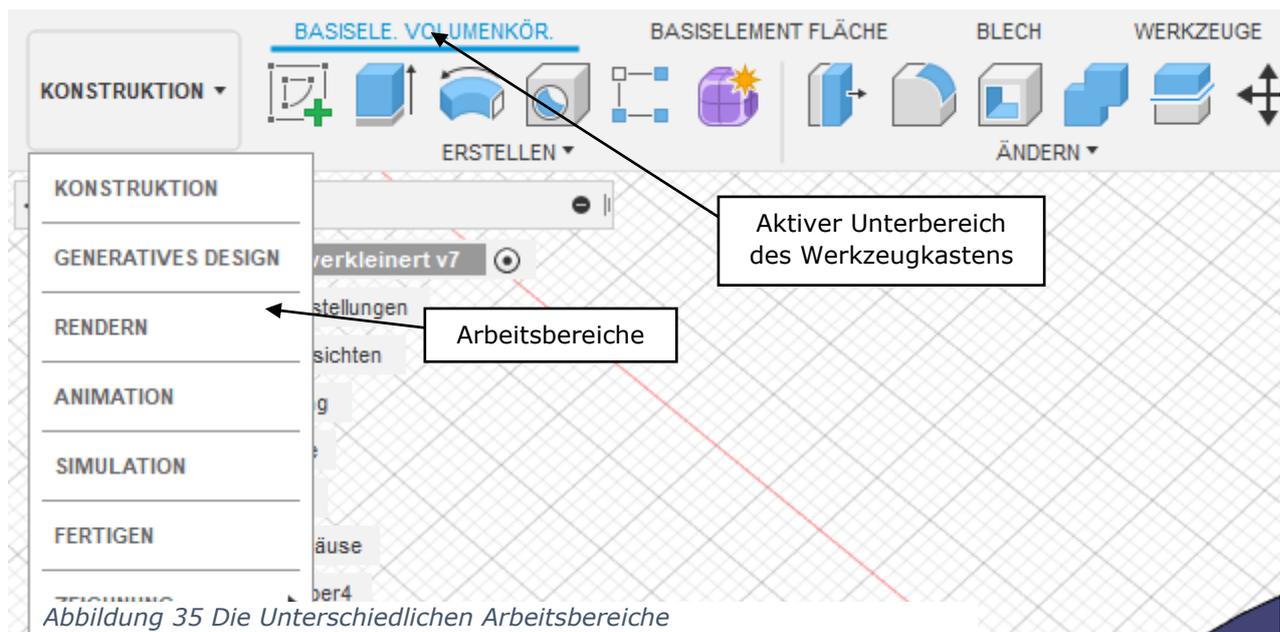


Abbildung 33 Kontextmenü im Arbeitsbereich

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.

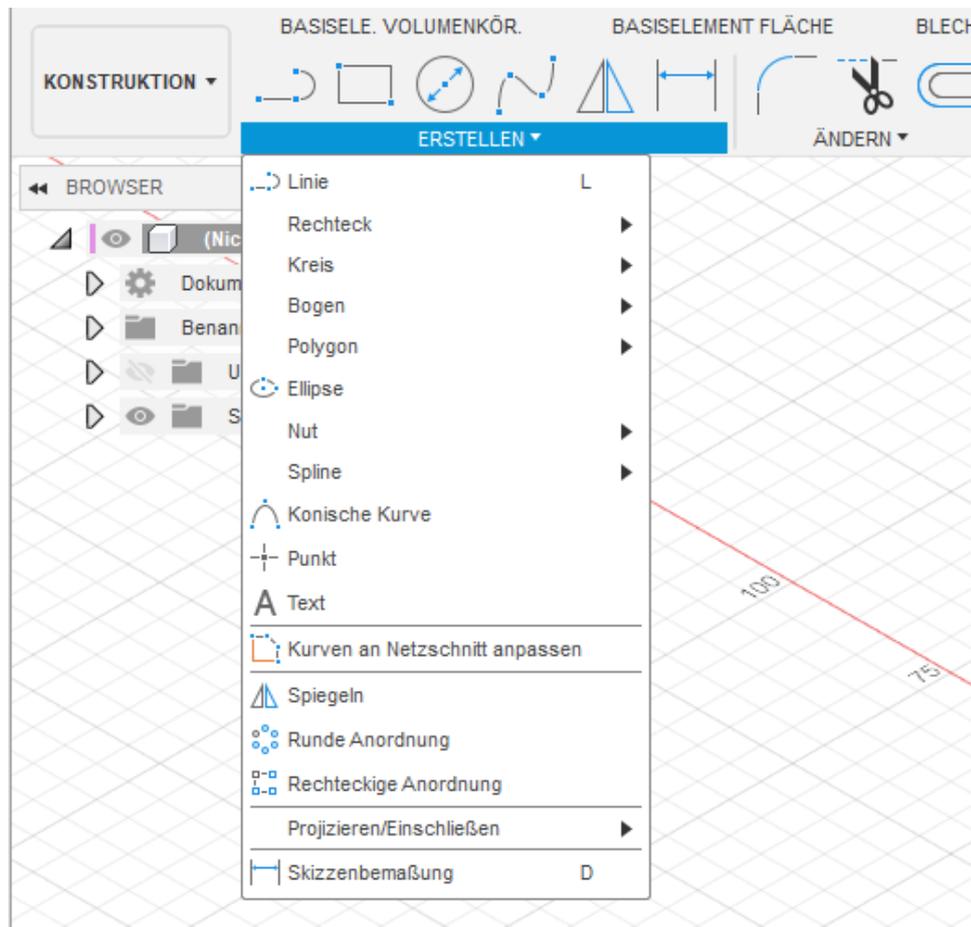


Abbildung 36 Dropdownmenü Erstellen im Skizzenmenü

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.

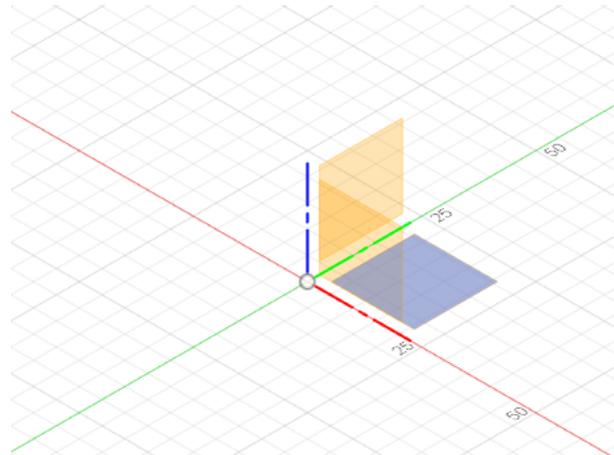


Abbildung 37 Auswahl Skizzenebene mit aktivierter XY Ausrichtung

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

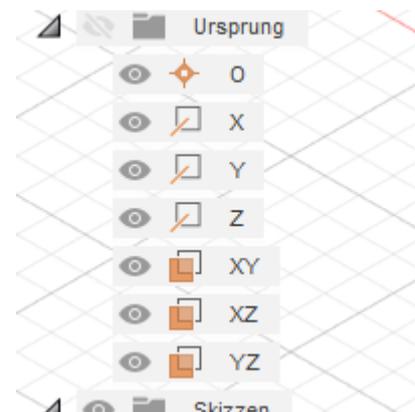


Abbildung 38 Ursprung, Achsen und Ebenen

1.2.2 Die erste Skizze erstellen

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

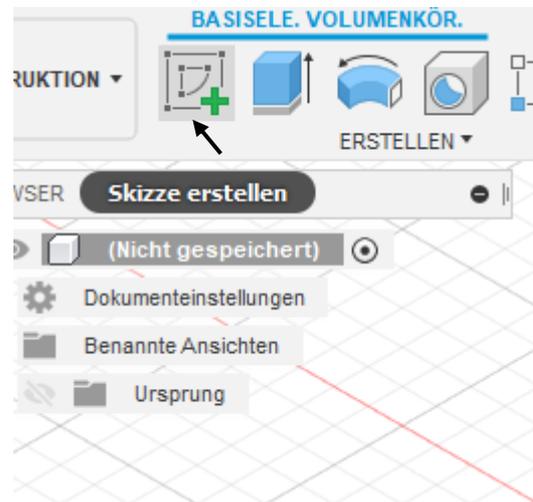


Abbildung 39 Skizze erstellen

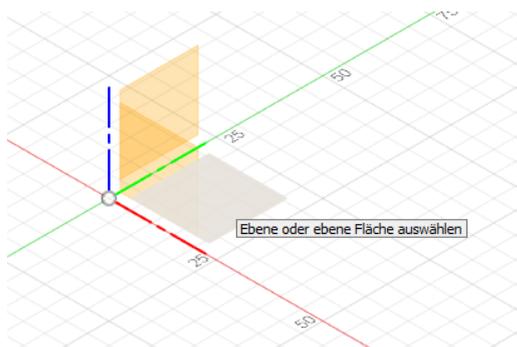


Abbildung 40 Arbeitsebene für Skizze auswählen

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

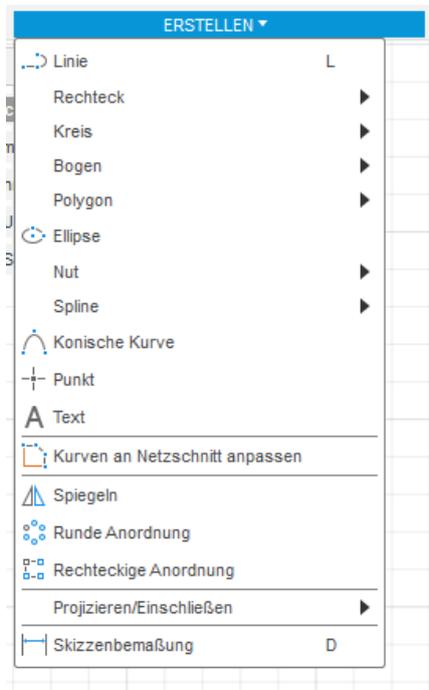
Bei erfolgter Arbeitsebenen Auswahl, erscheint im Werkzeugkasten ein neues Menü Band mit Werkzeugen für die Skizzenerstellung.



Abbildung 41 Menü Band Skizze

1.2.3 Die Werkzeuge zum Skizzieren

1.2.3.1 Menü ERSTELLEN



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*.

Abbildung 42 Erstellen Menü

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

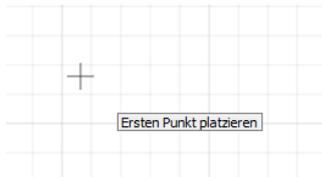


Abbildung 44 Klicken, um ersten Punkt festzulegen

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.

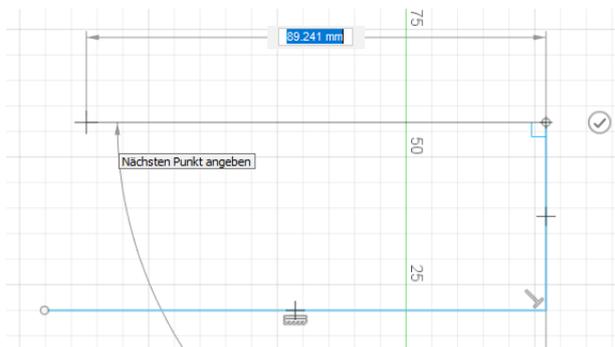


Abbildung 46 Restliche Punkte festlegen

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

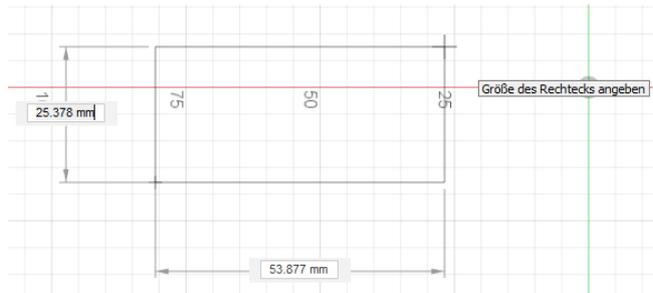


Abbildung 49 Rechteck mit 2 Punkten

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

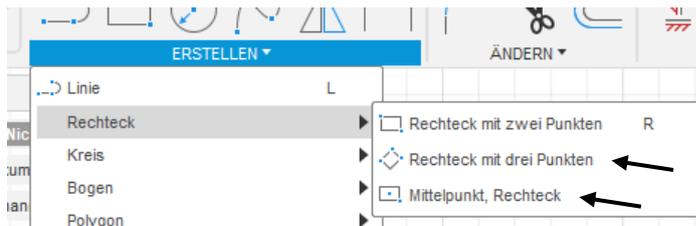


Abbildung 50 Über Dropdownmenü ERSTELLEN offenbaren sich die beiden anderen Erstellungsmethoden

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.

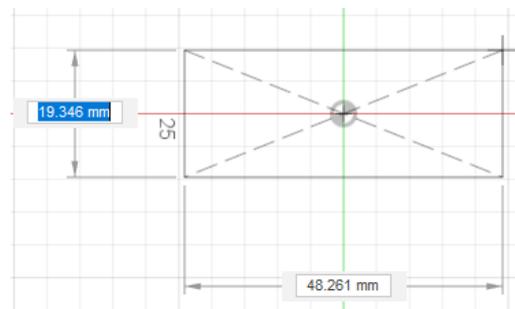


Abbildung 51 Über den Mittelpunkt erstelltes Rechteck

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

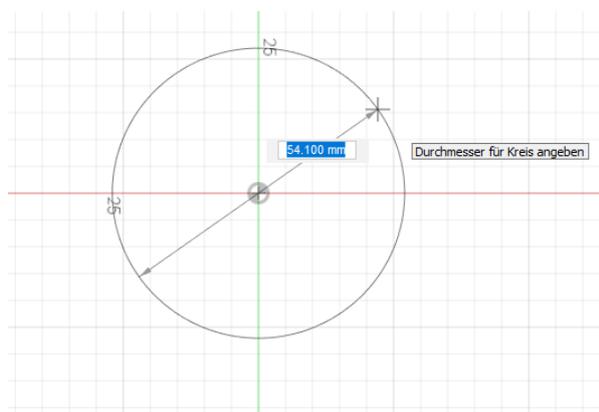


Abbildung 53 Ziehen eines Kreises

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.

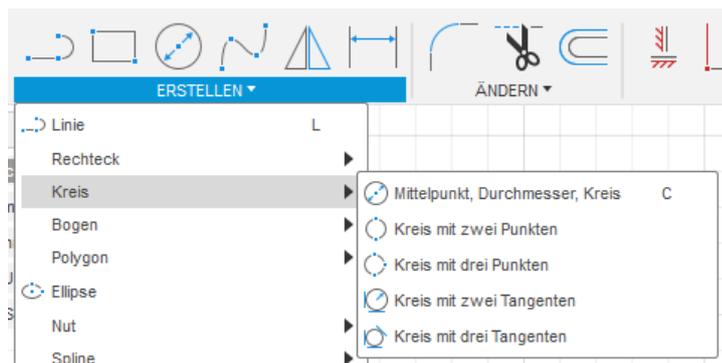


Abbildung 54 Unterschiedliche Möglichkeiten einen Kreis zu erstellen

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

Dadurch ist es möglich, viele Skizzen einfacher zu erstellen.

1.2.3.1.4 Punkt

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

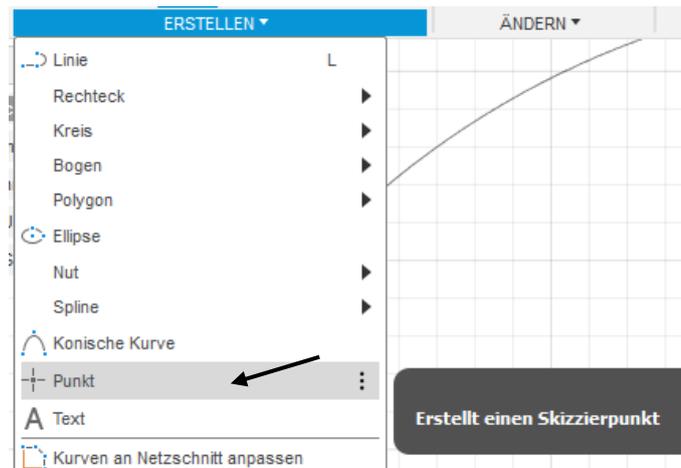


Abbildung 55 Erstellung eines Punktes über das Dropdown Menü

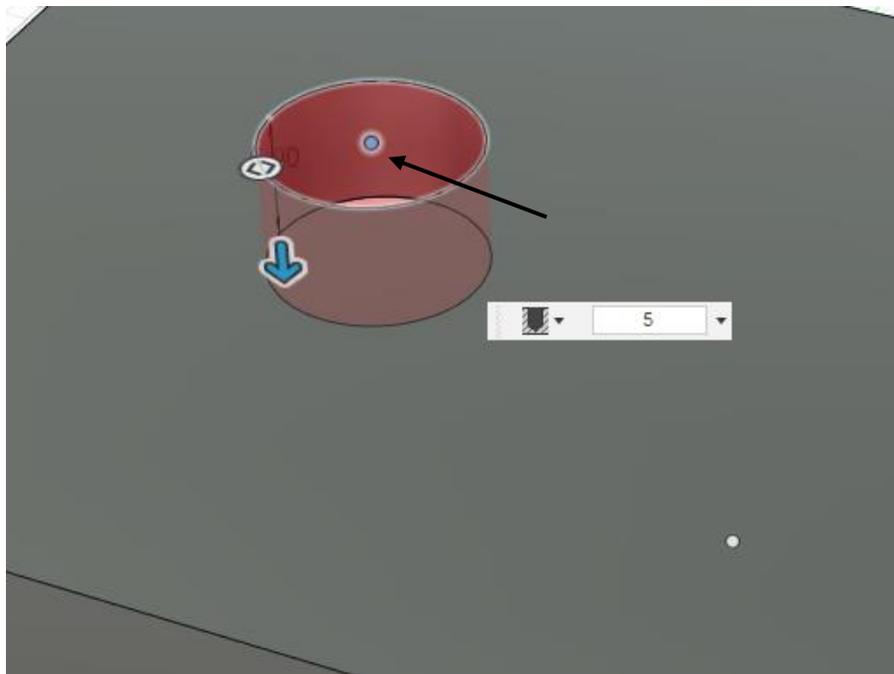


Abbildung 56 Skizzierpunkt für eine Bohrung

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.

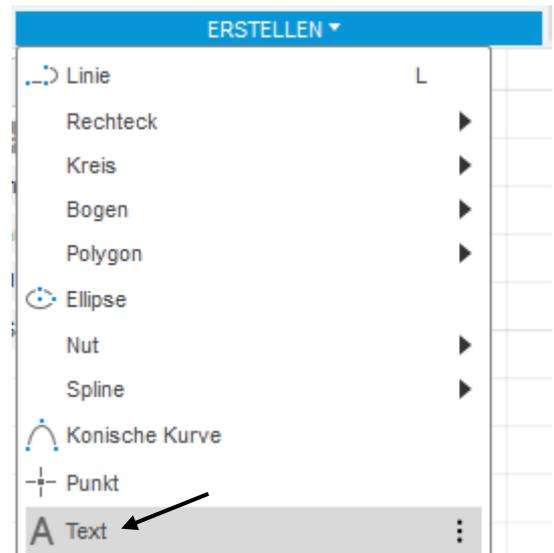


Abbildung 57 Erstellung eines Textes über das Dropdown Menü



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.

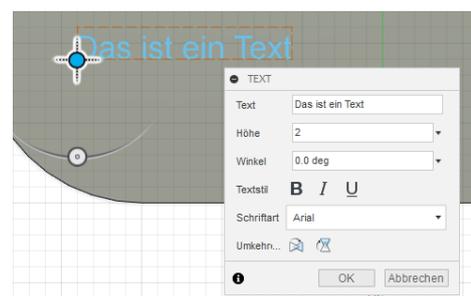


Abbildung 59 Eingabe des Textes

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.

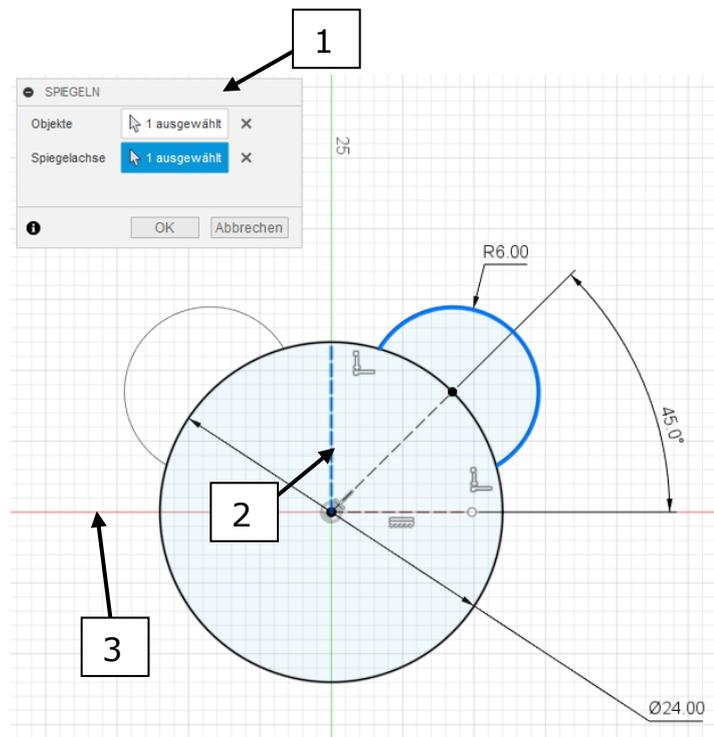


Abbildung 61 Spiegeln eines Kreisbogens

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.

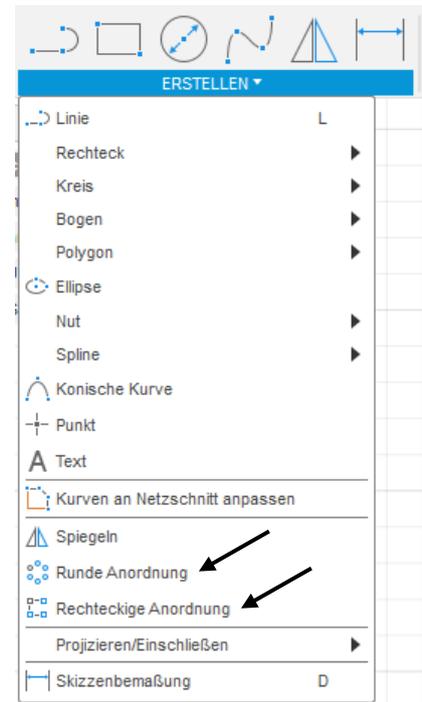


Abbildung 62 Anordnung von Objekten

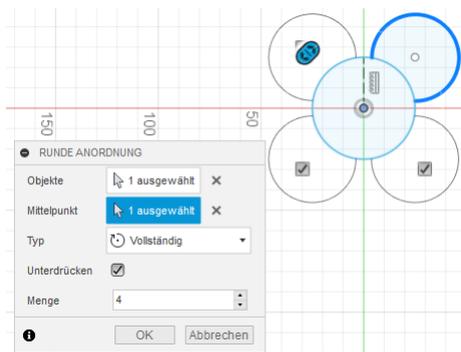


Abbildung 63 Beispiel einer Runden Anordnung

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.

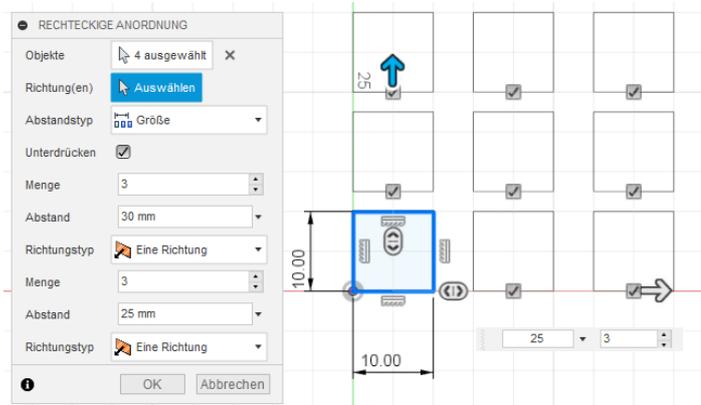


Abbildung 64 Beispiel einer Rechteckigen Anordnung

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**.

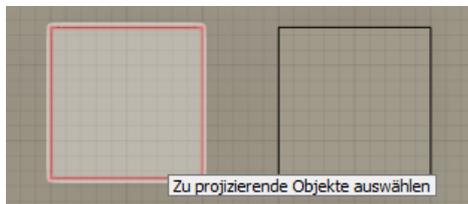


Abbildung 66 Rote Umrandung bei Ausgewählten Kanten

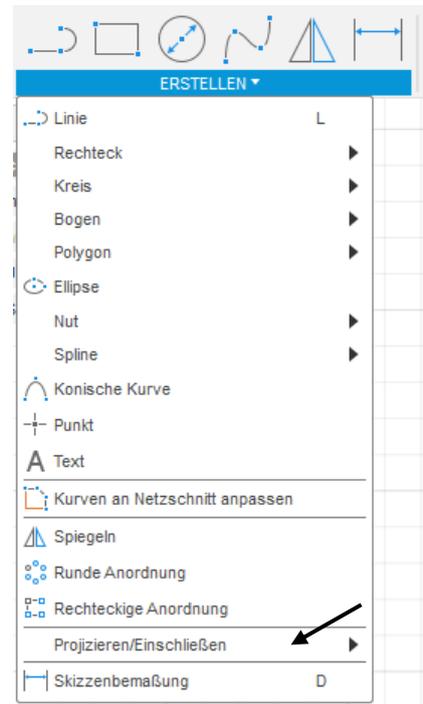


Abbildung 65 Werkzeug Projizieren

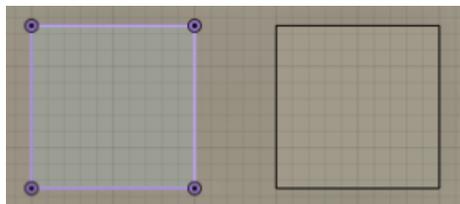


Abbildung 67 Fertige Projektion

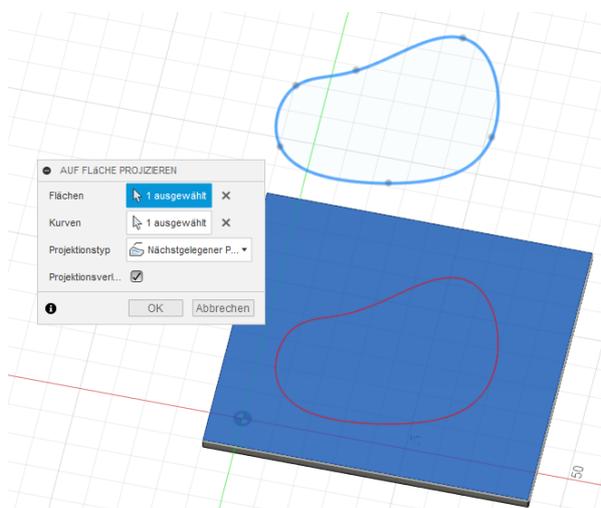
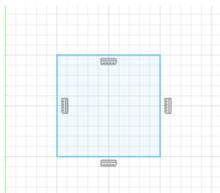


Abbildung 68 Geometrie auf Fläche projizieren

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

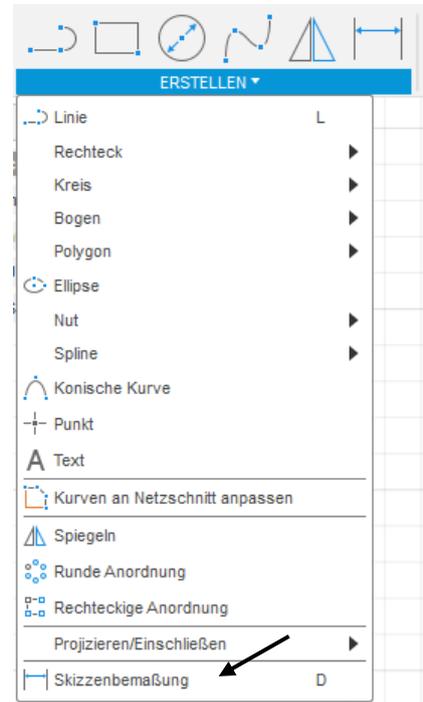
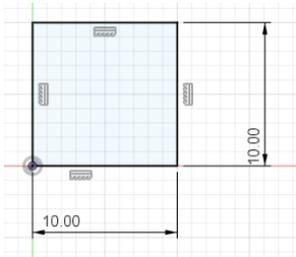


Abbildung 69 Werkzeug Skizzenbemaßung



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.

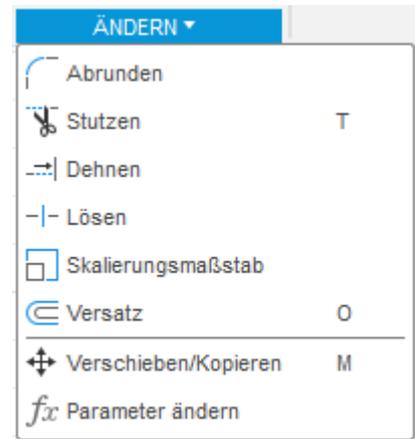


Abbildung 72 Ändern Menü

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.

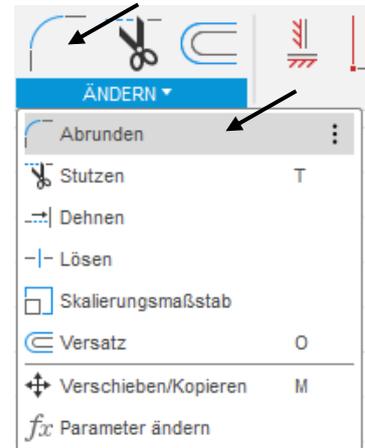


Abbildung 73 Schnellzugriff und Dropdownmenü der Ändern Symbolleiste



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.

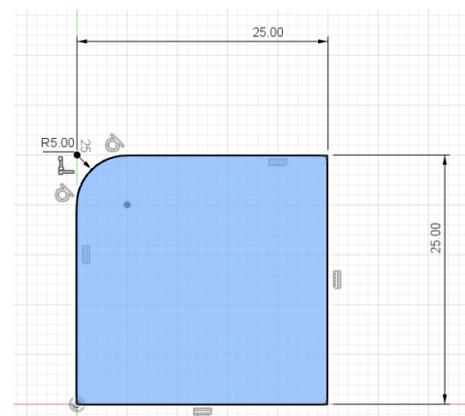


Abbildung 77 Fertige Abrundung

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.

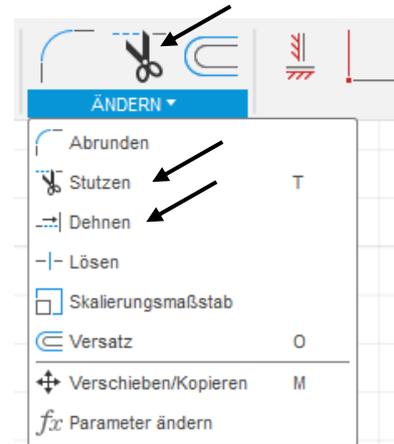


Abbildung 78 Funktion Stutzen und Dehnen



Abbildung 83 Beispiel für Stutzen / Dehnen



Abbildung 79 Das zu dehnende Objekt auswählen

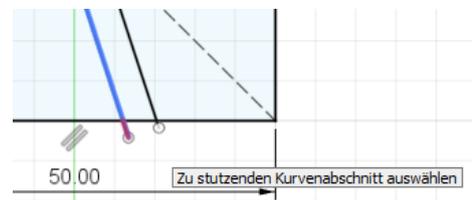


Abbildung 80 Das zu lange Ende der Linie auswählen

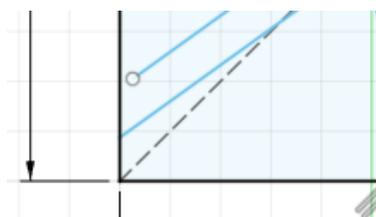


Abbildung 82 Fertig ausgeführte Dehnung einer Linie

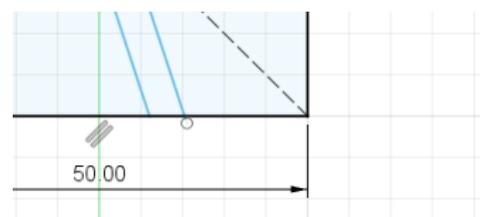
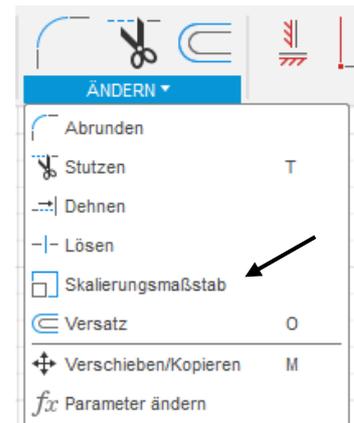


Abbildung 81 Fertig gestutzte Linie

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.

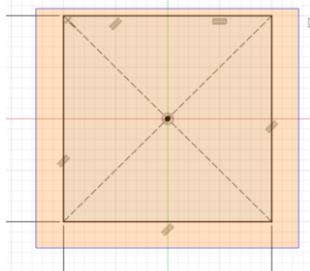


Abbildung 85 Auswahl der Skizzengeometrie

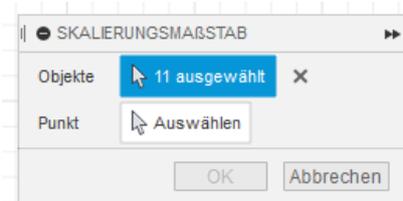


Abbildung 84 Werkzeug Skalieren

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

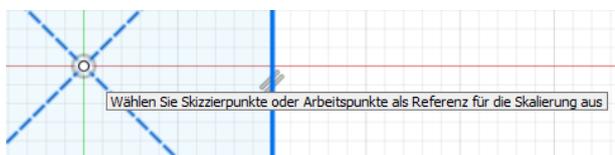


Abbildung 87 Skalierung mit Ursprungspunkt

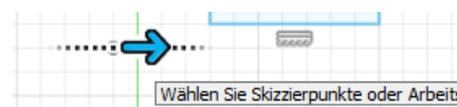


Abbildung 86 Skizzenpunkte können für die Skalierung auch verwendet werden



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.

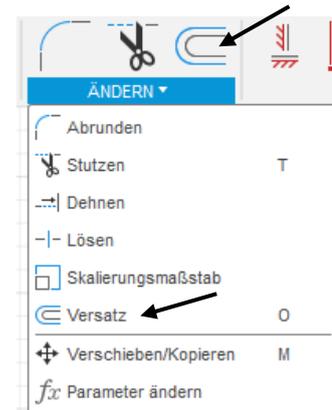


Abbildung 89 Werkzeug Versatz

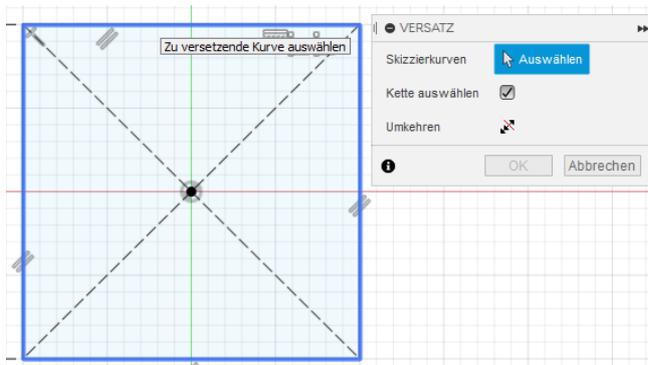


Abbildung 90 Auswahl der zu versetzenden Geometrie

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.

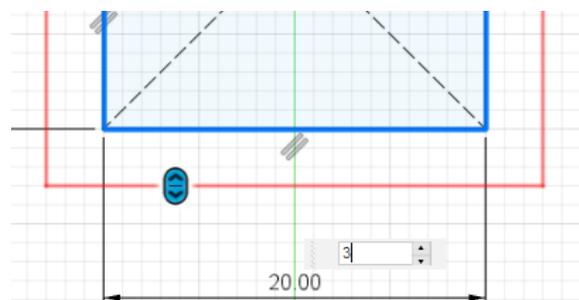


Abbildung 91 Funktion Versetzen

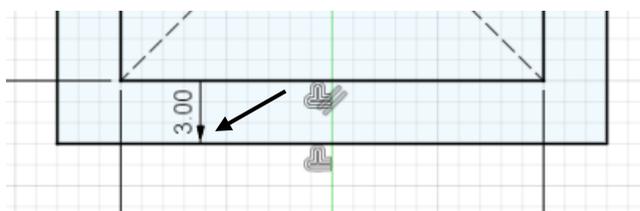


Abbildung 92 bereits versetztes Rechteck

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.

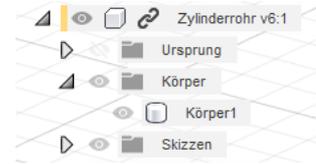


Abbildung 93 Ansicht von Körpern und Komponenten

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.

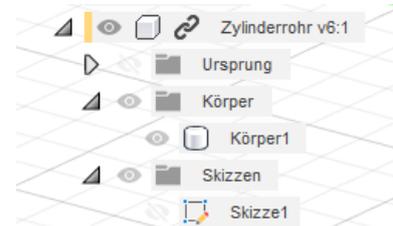


Abbildung 98 eine Komponente



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.

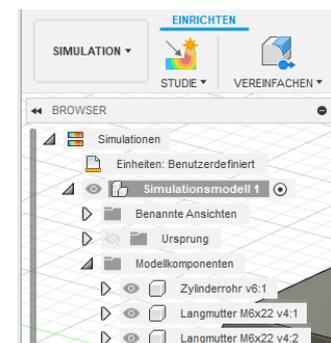


Abbildung 100 Beispielsansicht einer Simulation mit Komponentengruppe

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).

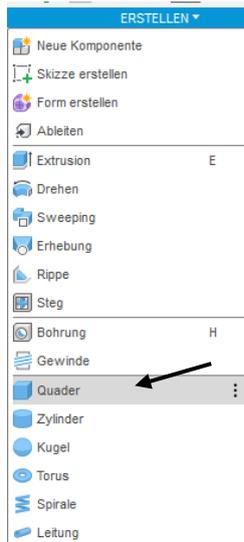


Abbildung 102
1. Auswahl
Grundkörper

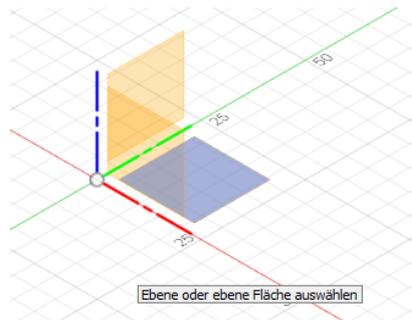


Abbildung 101 2. Ebene
auswählen

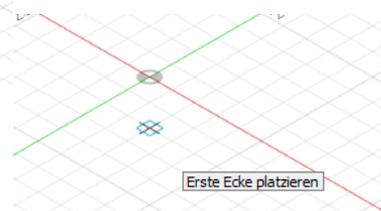


Abbildung 103 3. Erste Ecke
platzieren

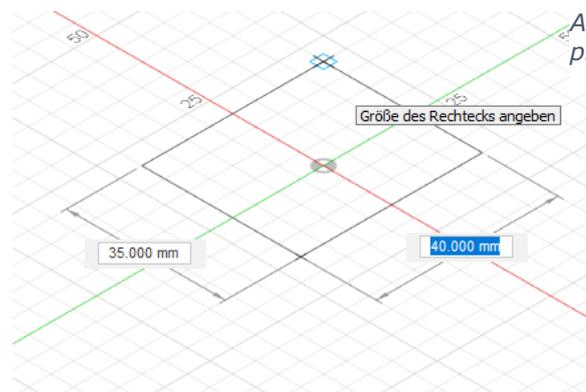


Abbildung 104 4. Größe der Grundfläche des
Quaders angeben

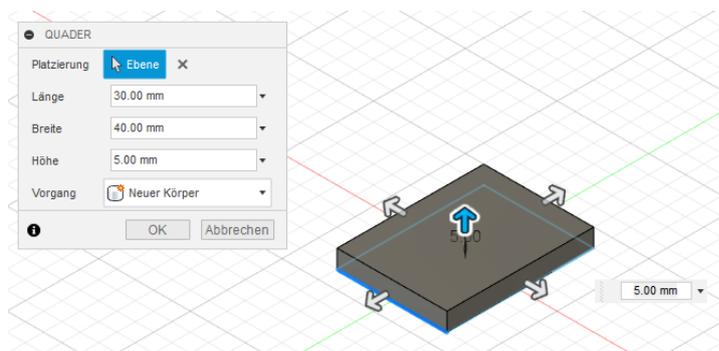


Abbildung 106 5. Die Höhe des Quaders angeben und/oder
Änderungen an der Größe vornehmen

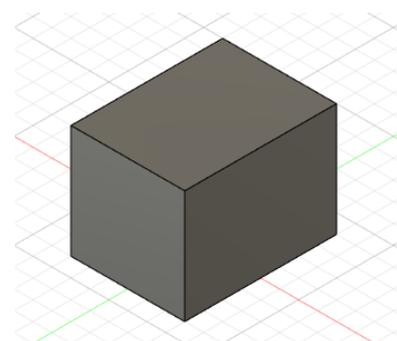


Abbildung 105 6. Fertiger
Quader

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

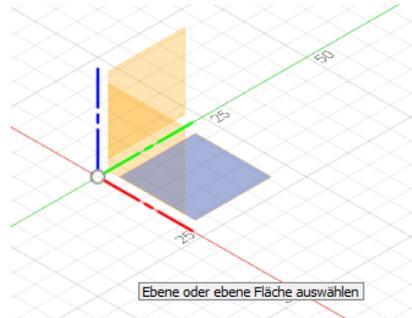


Abbildung 107 2. Ebene auswählen

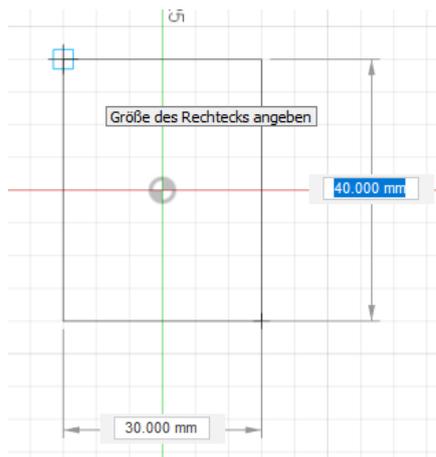


Abbildung 110 4. Maße für Rechteck angeben

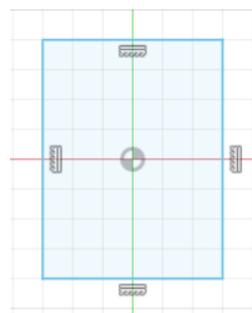


Abbildung 112 5. Fertigstellung des Rechtecks



Abbildung 111 6. Skizze fertig stellen



Abbildung 113 7. Extrusion erstellen

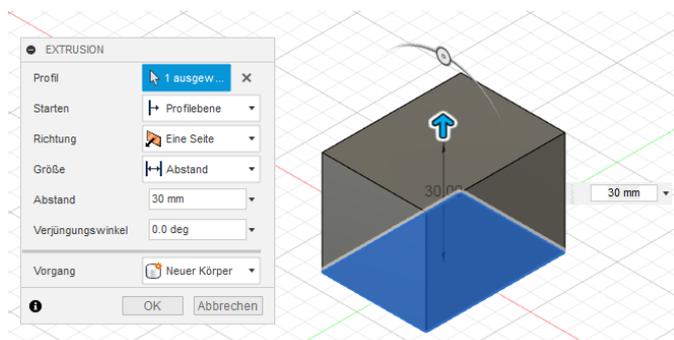


Abbildung 114 8. Höhe der Extrusion/Quaders angeben
Mit einem Klick auf das Kreissymbol lässt sich die Extrusion zusätzlich erweitern oder verjüngen

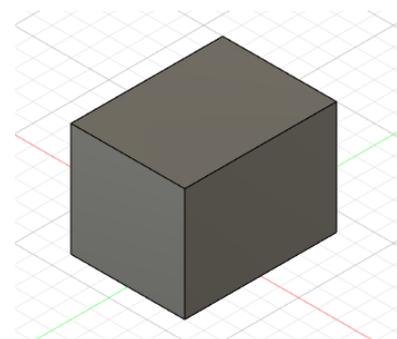


Abbildung 115 9. Fertiger Quader

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).

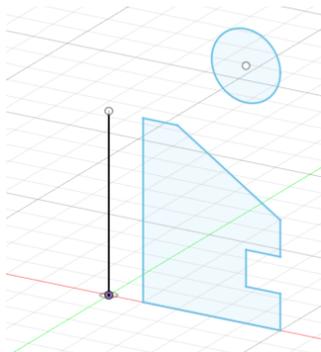


Abbildung 117 1. Skizze und Drehachse werden definiert



Abbildung 116
2. Drehung erstellen

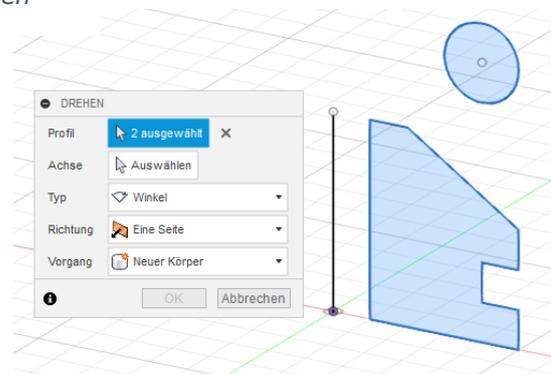


Abbildung 118 3. Profil/e auswählen

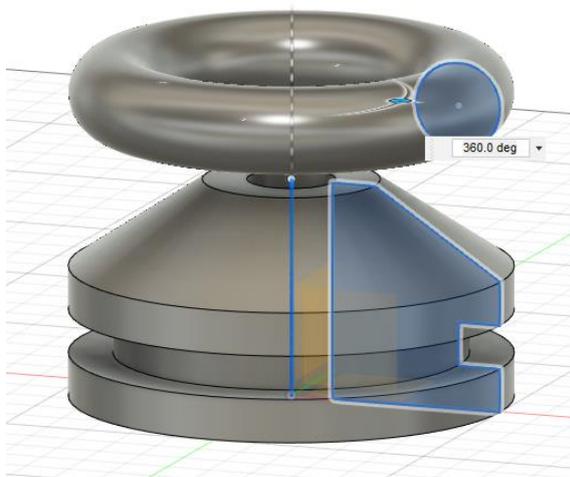


Abbildung 119 4. Nach Auswahl der Achse ist Form bereits ersichtlich

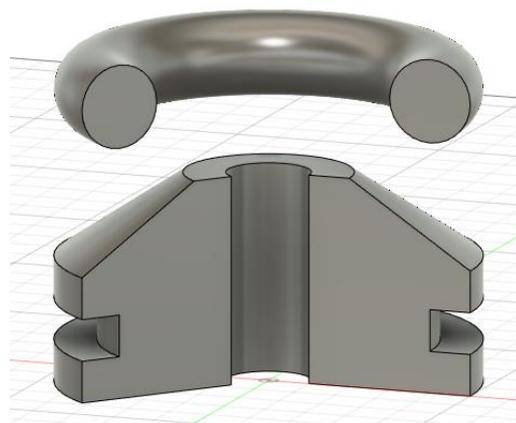


Abbildung 120 5. Zusätzlich ist es möglich auch nur einen Teilbereich zu erstellen. Dazu die korrekten Werte in Winkelgrade angeben

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.

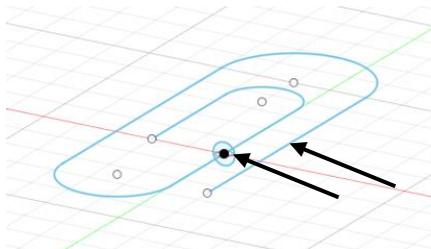


Abbildung 122 1. Zuerst werden zwei Skizzen benötigt

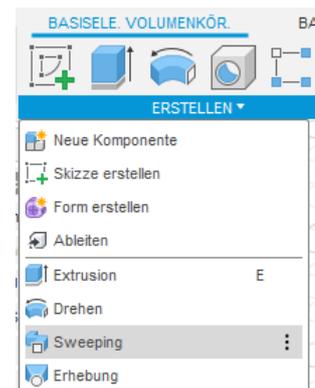


Abbildung 121 2. Sweeping erstellen

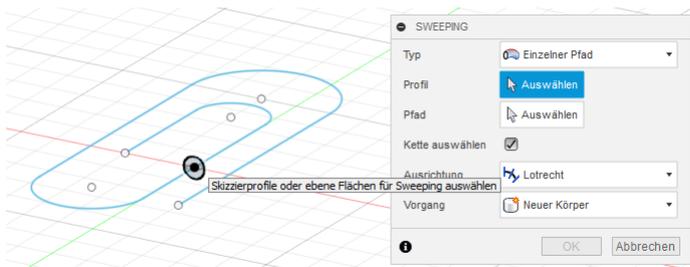


Abbildung 123 3. Sweepingprofil auswählen



Abbildung 124 4. Sweepingpfad auswählen

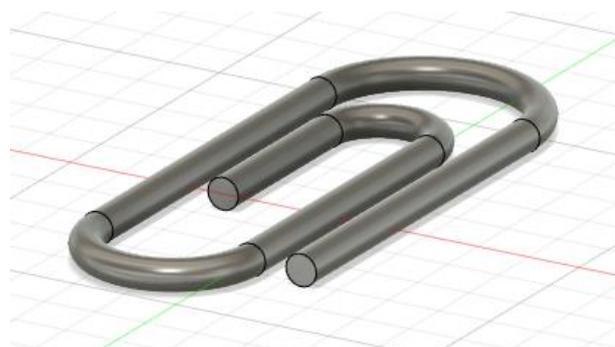


Abbildung 125 5. Fertiges Bauteil

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

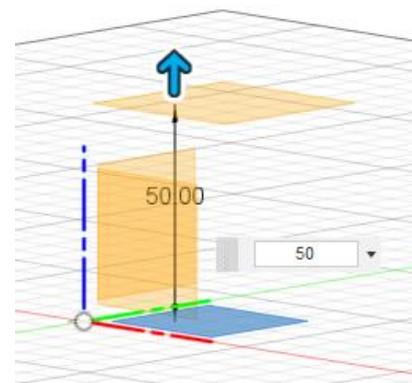


Abbildung 126 2. XY Ursprung wählen, danach den Versatz einstellen

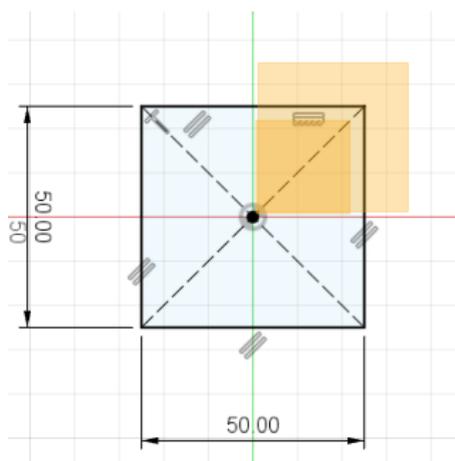


Abbildung 128 3. Nachdem alle benötigten Versatzebenen erstellt wurden, werden auf jeder eine Skizze erstellt

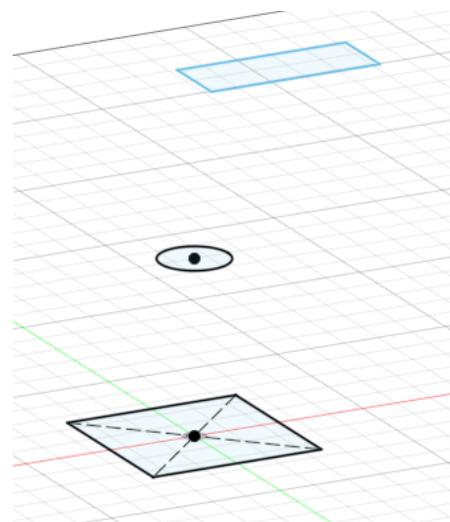


Abbildung 129 4. Drei Skizzen auf unterschiedlichen Ebenen

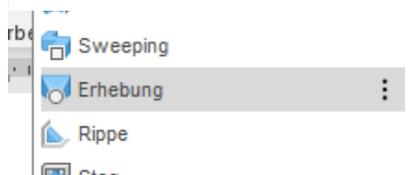


Abbildung 130 5. Werkzeug Erhebung starten

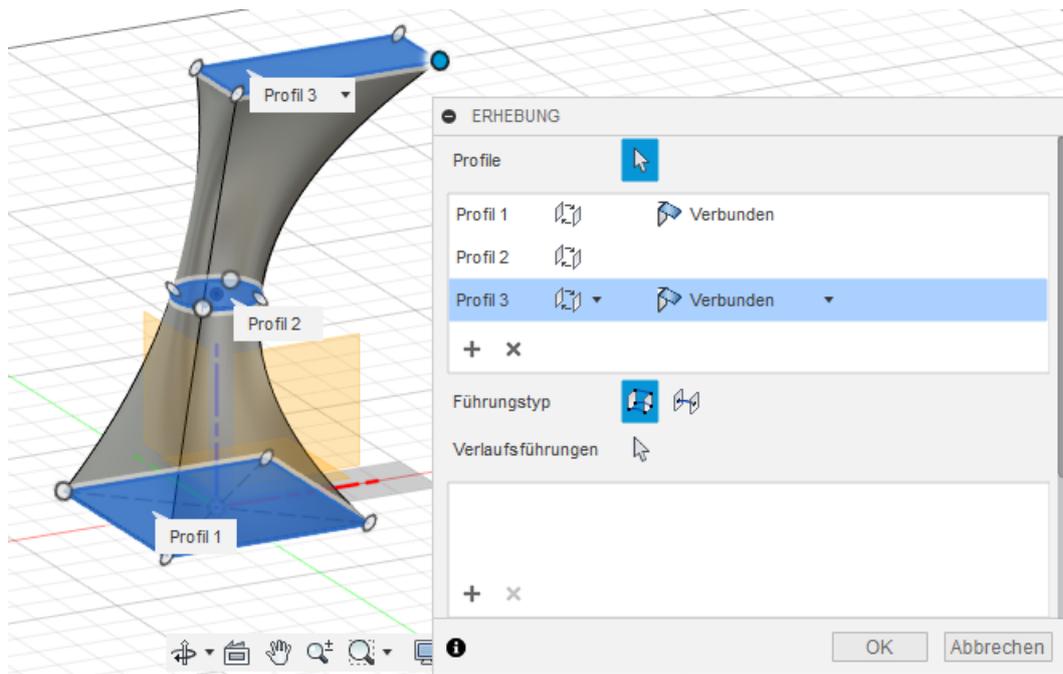


Abbildung 131 6. Profile/Skizzen nach der Reihe anklicken

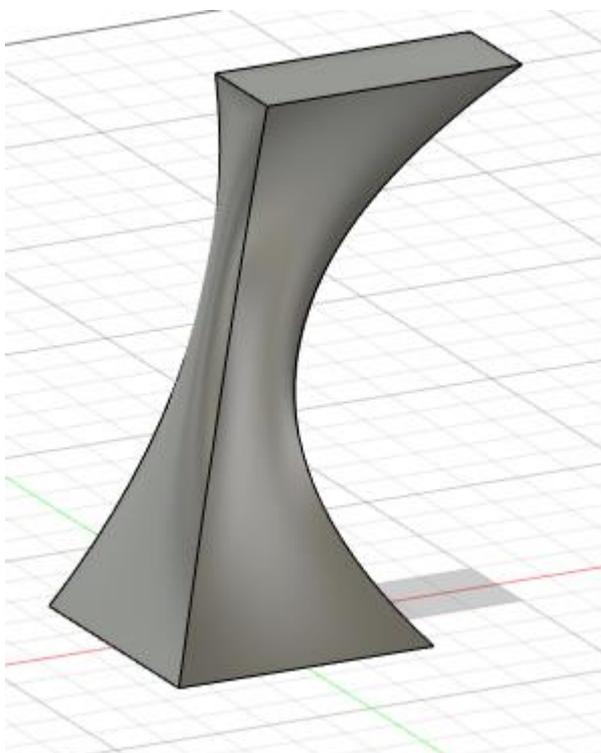


Abbildung 132 7. Fertige Erhebung

1.3.6 Rippe

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

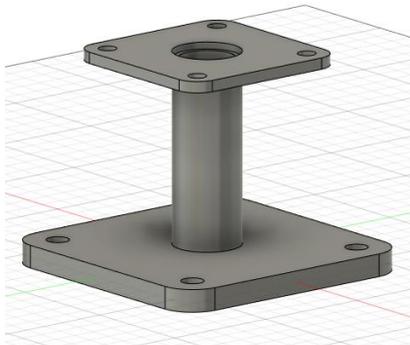


Abbildung 133 1. Werkstück ohne Rippe

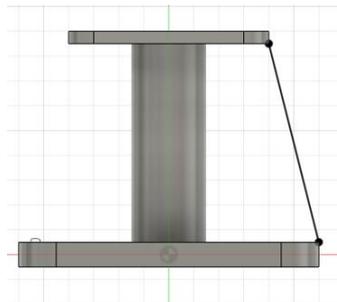


Abbildung 135 2. Erstellen einer Skizzenlinie

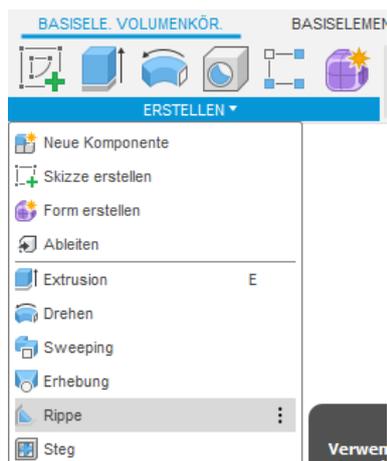


Abbildung 134 3. Rippe erstellen

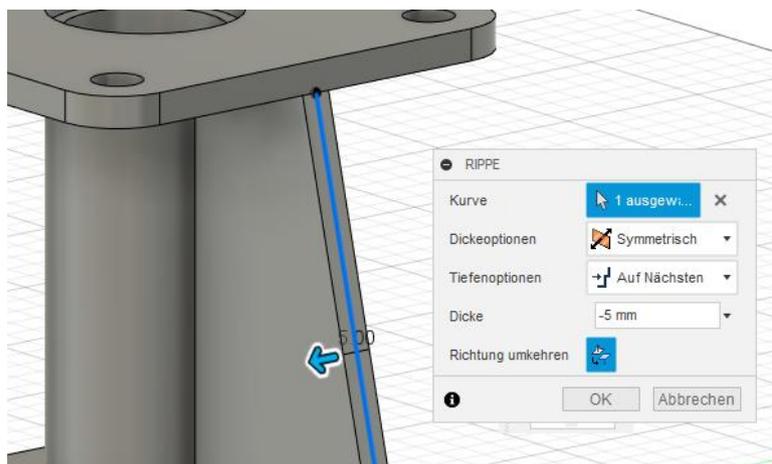


Abbildung 136 4. Anschließend Dicke und Richtung auswählen

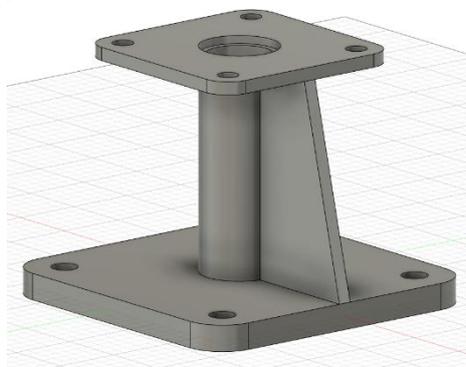


Abbildung 137 5. Fertig erstellte Rippe

1.3.7 Steg

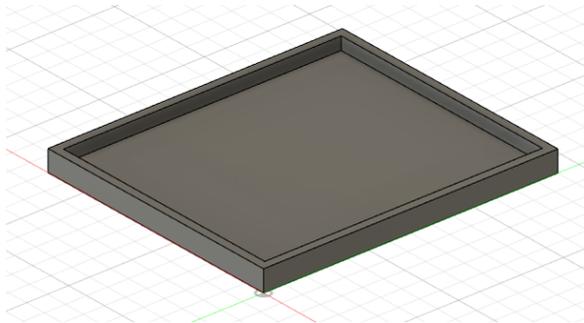


Abbildung 139 1. Bauteil ohne Steg/e

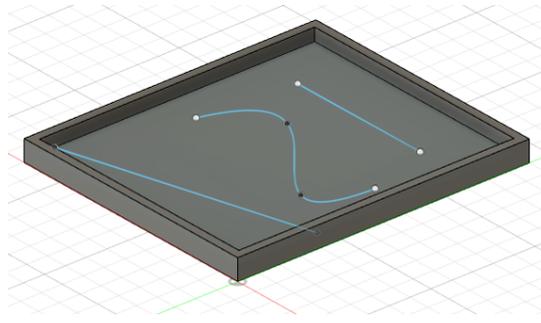


Abbildung 138 2. Erstellung der Stege in einer Skizze auf der Grundfläche des Bauteiles

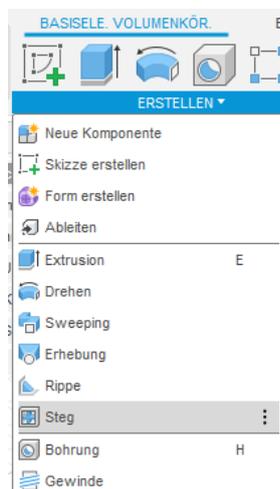


Abbildung 142 3. Werkzeug Steg auswählen

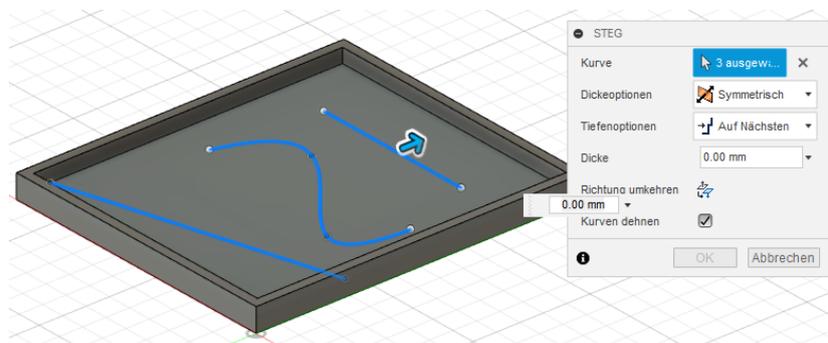


Abbildung 140 4. Es ist möglich Linien, Polylinien uvm. als Steg zu extrudieren

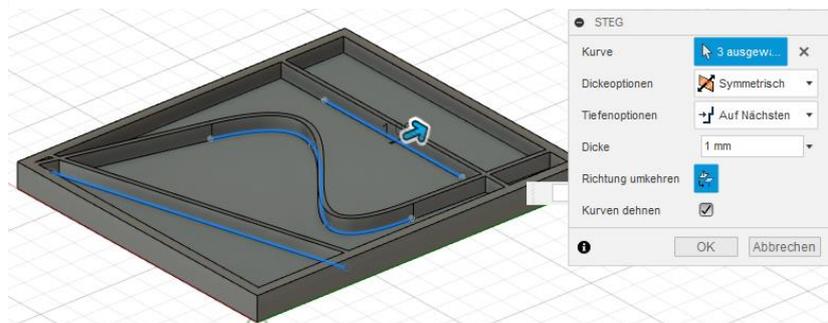


Abbildung 141 5. Auswahl der Stärke des Steges

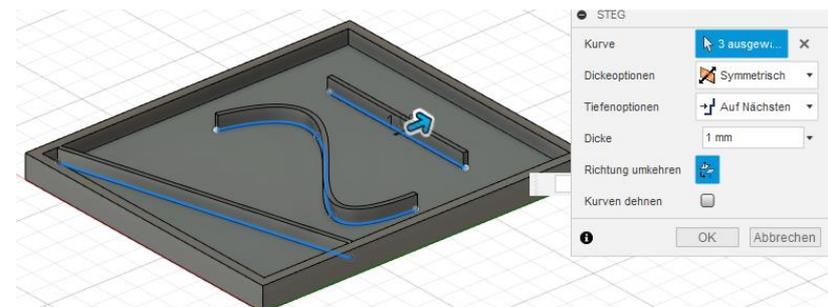


Abbildung 143 6. Mit Kurven dehnen lassen sich die Stege bis zum Rand verlängern oder nur so lange zu erstellen, wie in der Skizze angegeben

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.

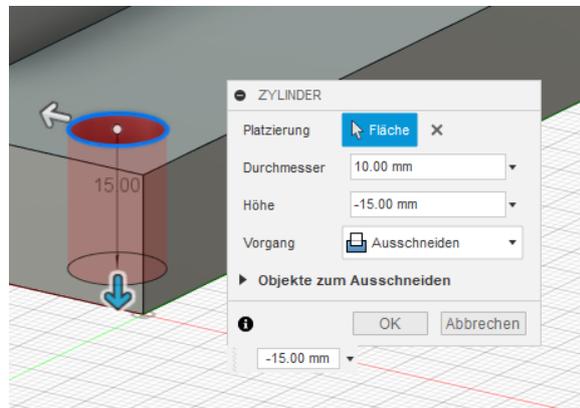


Abbildung 144 Erstellen einer Bohrung mit Werkzeug ZYLINDER

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.

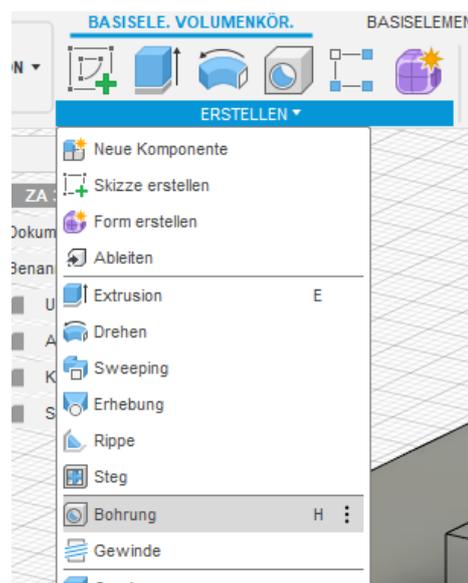


Abbildung 145 Erstellen einer Bohrung

Hier einige Einstellungsmöglichkeiten bei der Erstellung einer Bohrung.

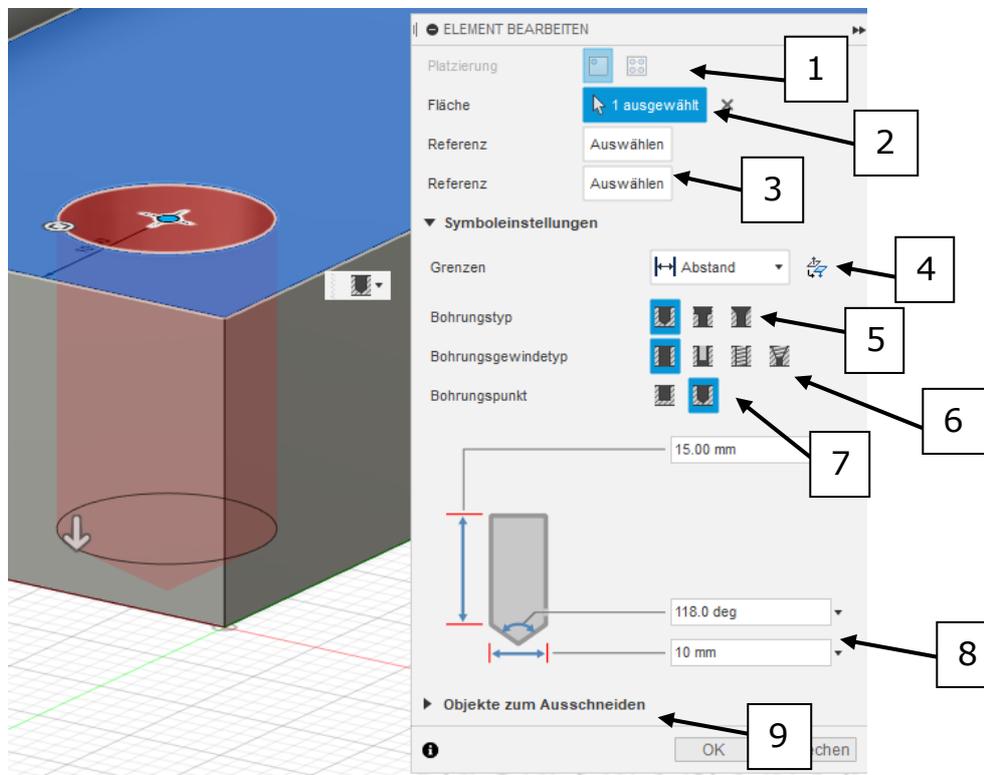


Abbildung 146 Kontextmenü Bohrung erstellen

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

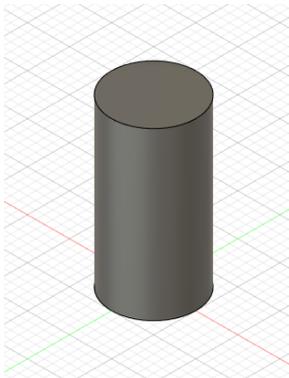


Abbildung 149
1. Zylinder erstellen



Abbildung 148 2. Werkzeug
Gewinde im Werkzeugkasten
ERSTELLEN

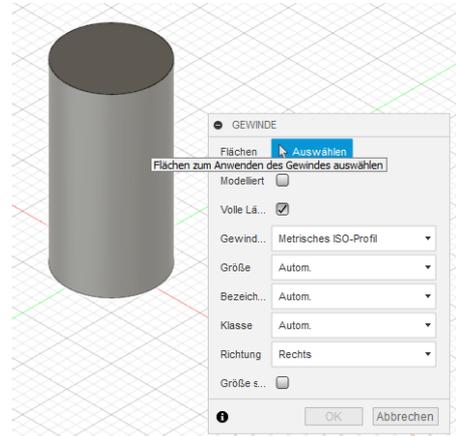


Abbildung 147 3. Auswahl Fläche für
Außengewinde

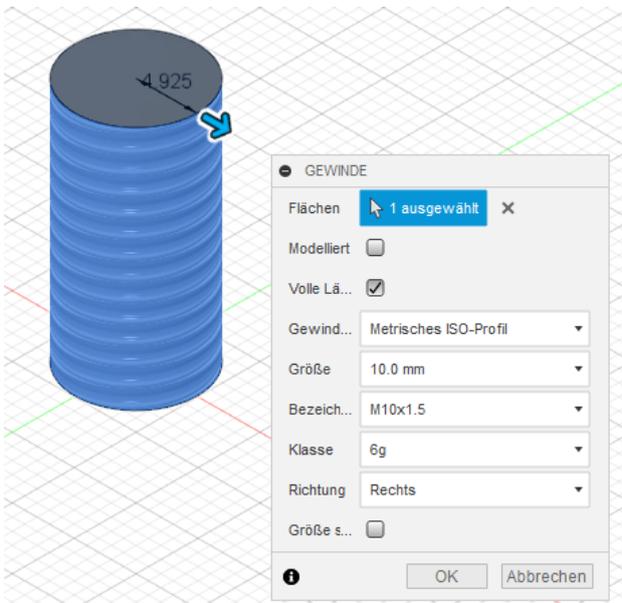


Abbildung 150 4. Optionen bei der Gewindeerstellung

- **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.

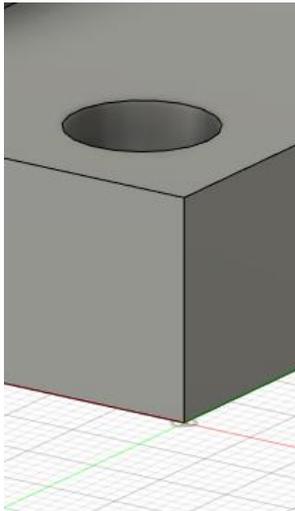


Abbildung 151
Vorhandene Bohrung



Abbildung 152 Werkzeug Gewinde erstellen

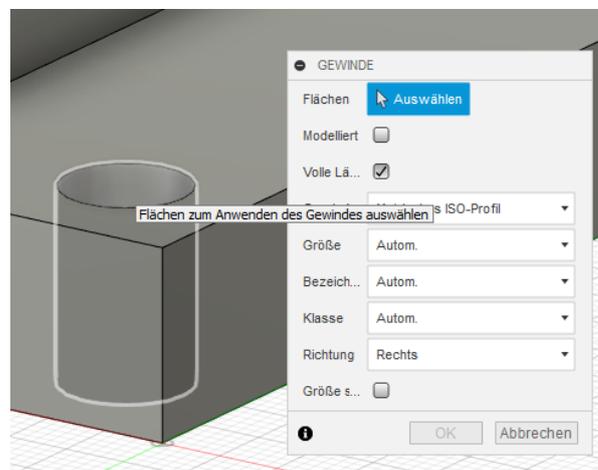


Abbildung 153 Auswahl der Fläche für Gewinde



Abbildung 154 Feineinstellung
für Gewinde

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

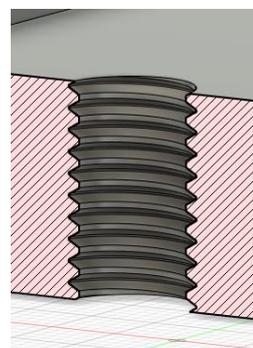


Abbildung 155 Fertiges M10
Gewinde im Querschnitt

1.3.10 Körper ändern / modifizieren

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

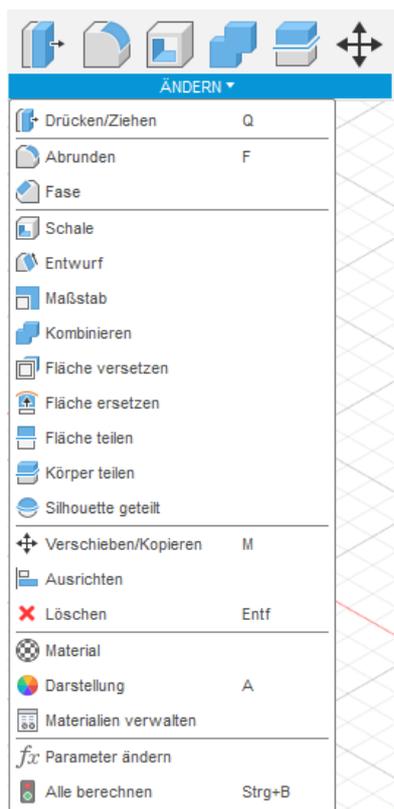


Abbildung 162 Ändern Menü Volumenkörper

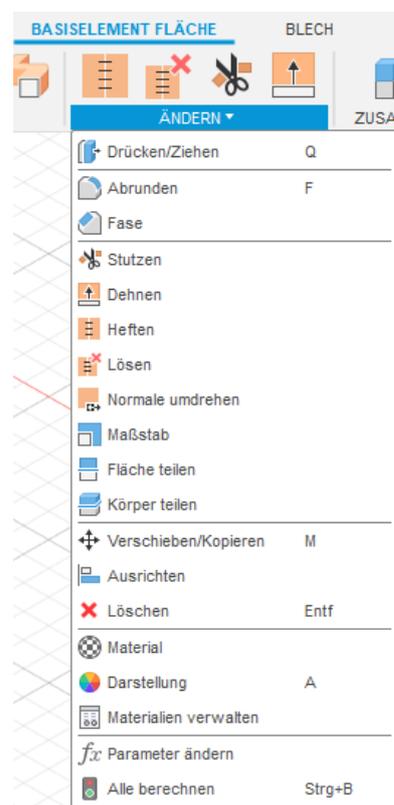


Abbildung 161 Ändern Menü Flächen

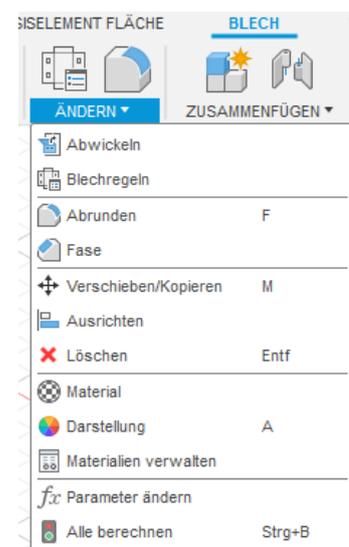


Abbildung 160 Ändern Menü Blech

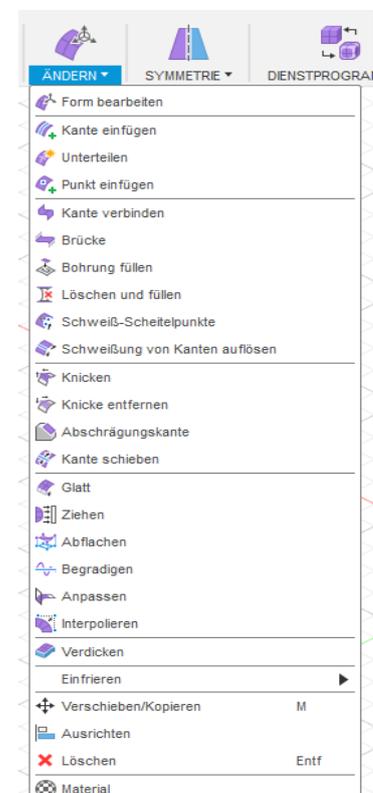


Abbildung 159 Ändern Menü Form

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

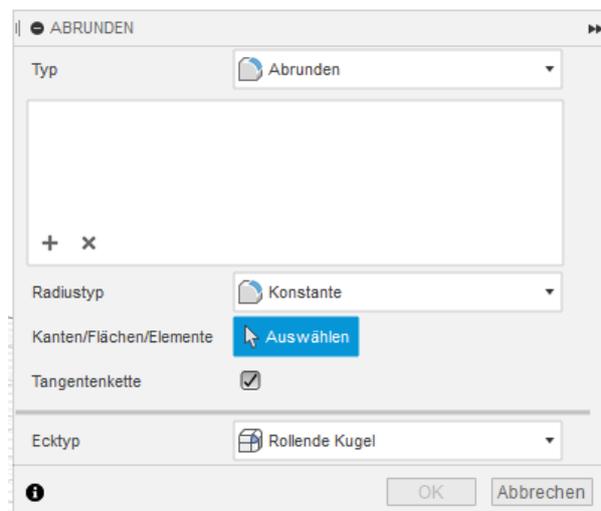


Abbildung 163 Optionenmenü Abrunden wo weitere Einstellungen vorgenommen werden können

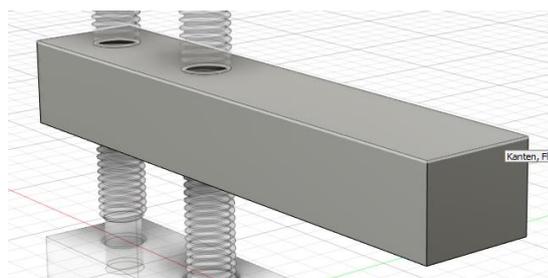


Abbildung 166 Auswahl Fläche

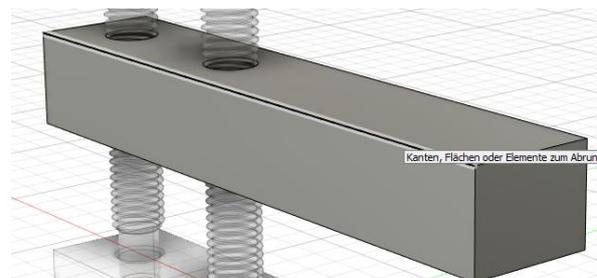


Abbildung 165 Auswahl Kante

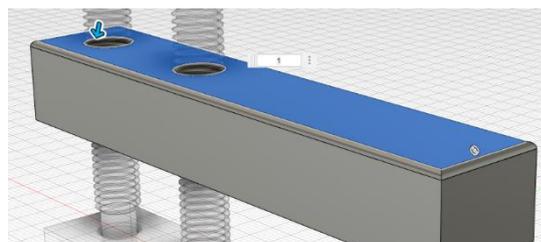


Abbildung 168 Abrunden aller Kanten der Ausgewählten Fläche

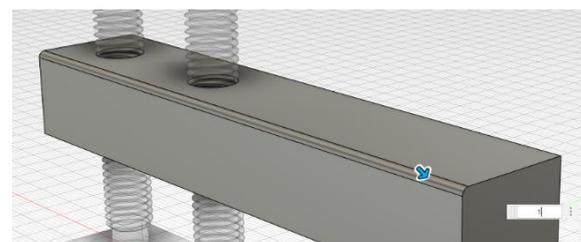


Abbildung 167 Abrunden der ausgewählten Kante



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.

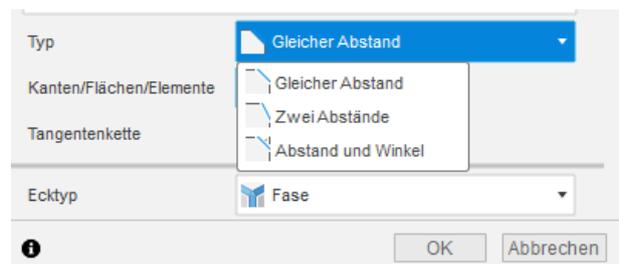


Abbildung 170 Ändern der Fasen Erstellungs
Methode

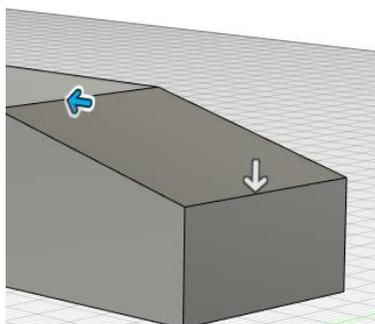


Abbildung 172 Typ Zwei
Abstände

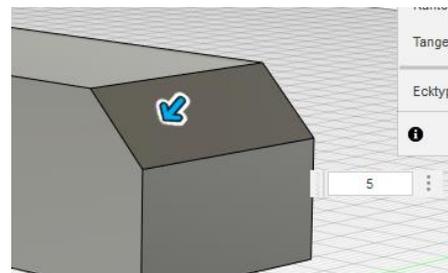


Abbildung 171 Typ: Gleicher
Abstand

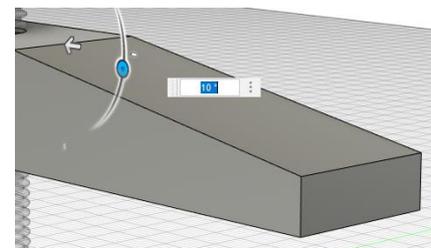


Abbildung 173 Abstand und
Winkel

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.

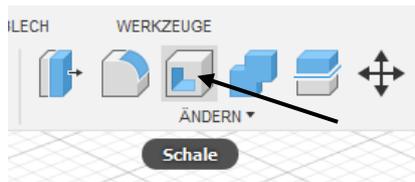


Abbildung 175 Button für Werkzeug *Schale* ist direkt in der Hauptleiste zu finden.

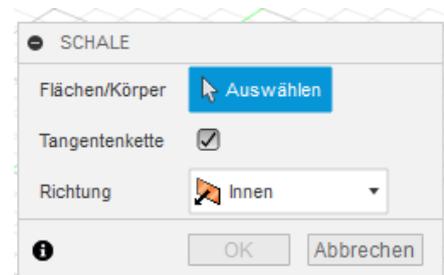


Abbildung 174 Optionen Menü *Schale*

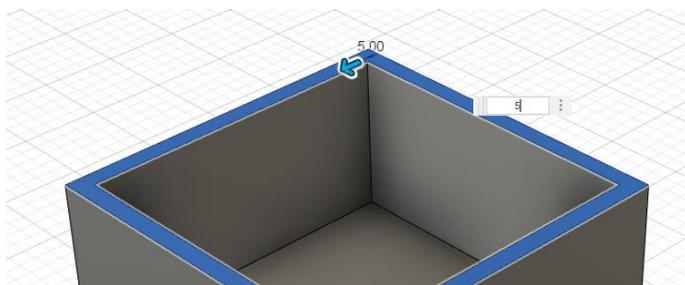


Abbildung 176 Erstellen einer *Schale* anhand einer Fläche

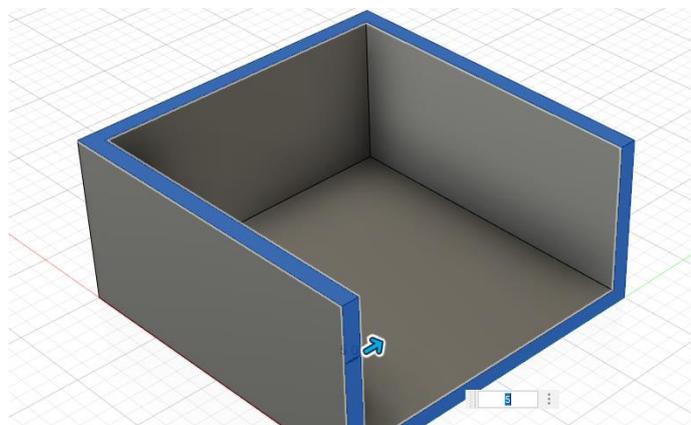


Abbildung 177 Erstellen einer *Schale* mit zwei ausgewählten Flächen

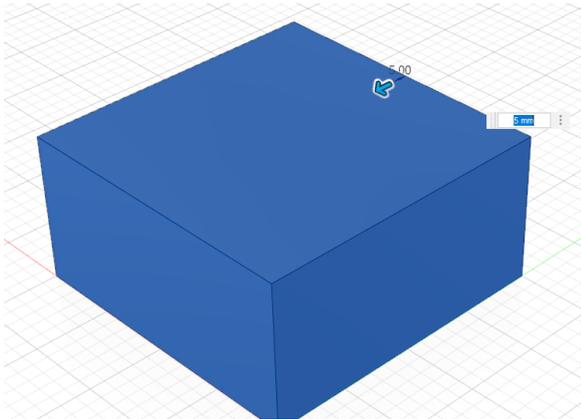


Abbildung 178 Erstellen einer Schale für einen ganzen Körper

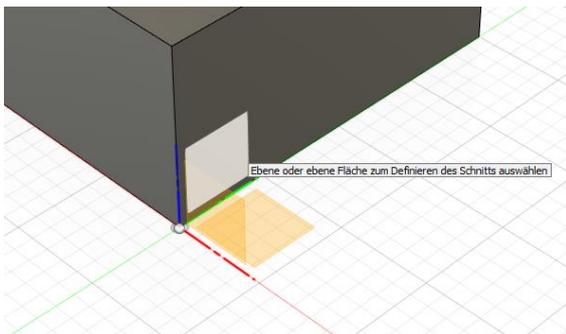


Abbildung 180 Auswahl einer Ebene oder Fläche

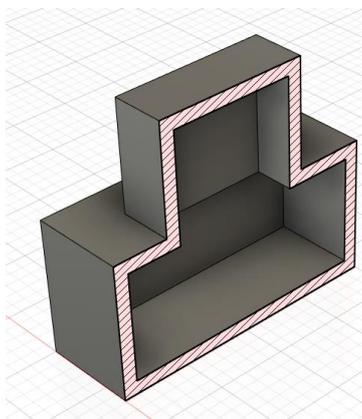


Abbildung 182 Schale ist nicht nur bei Grundformen möglich

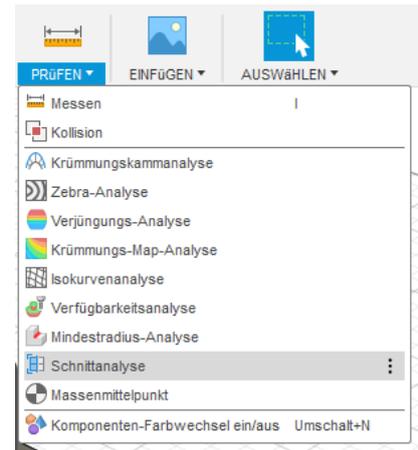


Abbildung 179 Werkzeug Schnittanalyse starten

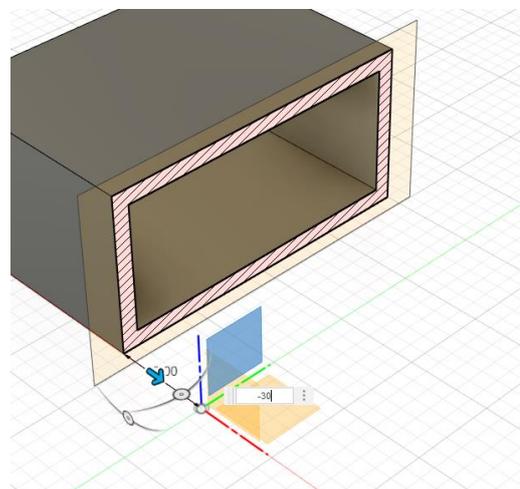


Abbildung 181 Versetzen der Schnittfläche. Damit wird ersichtlich das Werkzeug Schale den kompletten Körper ausgehöhlt und alle Wände stehen gelassen hat.

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

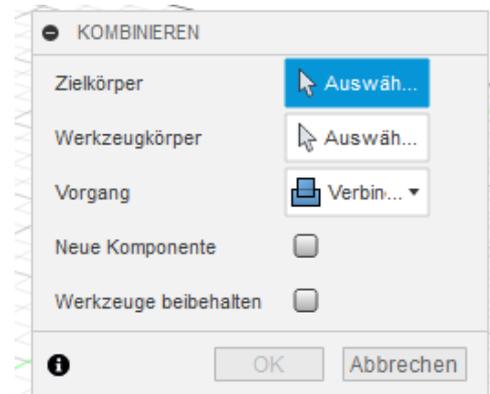


Abbildung 183 Optionenmenü für *Kombinieren*

Zuerst wird der Zielkörper ausgewählt.
Im Beispiel Körper gelb

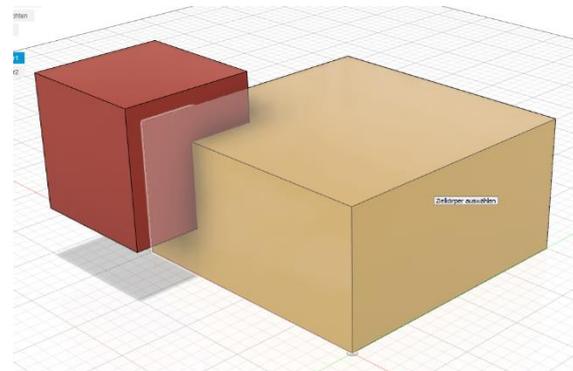


Abbildung 185 Auswahl des Zielkörpers

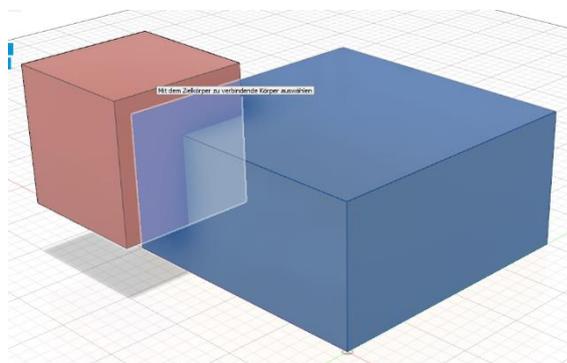


Abbildung 186 Auswahl Werkzeugkörper

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

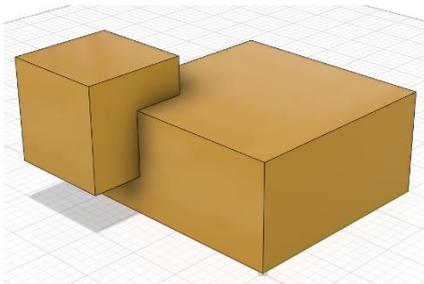


Abbildung 188 Aus zwei Körpern wurde einer

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

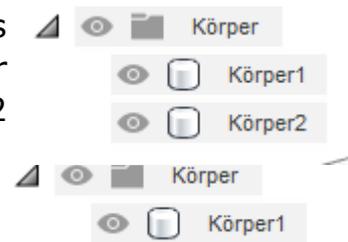


Abbildung 187 Im Browser wurden die Körper ebenfalls miteinander verbunden. Übrig bleibt der Zielkörper.

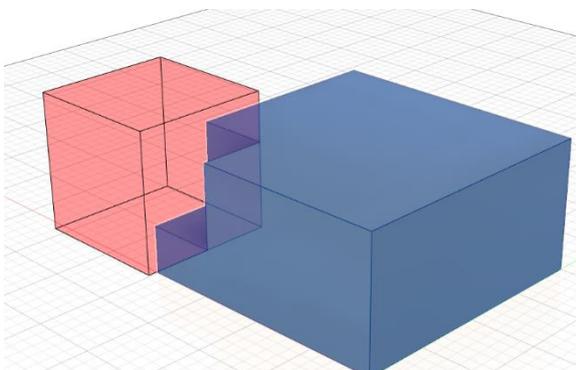


Abbildung 189 Kombinieren mit Vorgang "Ausschneiden"

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

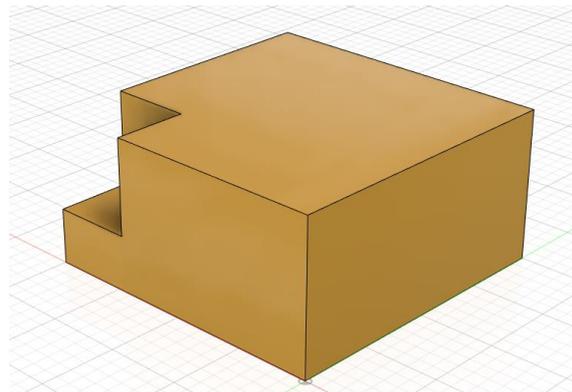


Abbildung 190 Fertige Form nach der Anwendung des Werkzeuges kombinieren

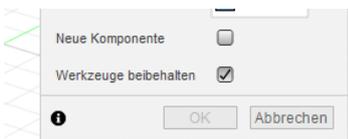


Abbildung 191 Mit gesetztem Haken bei „Werkzeuge beibehalten“ wird Körper 1 ausgeschnitten und Körper 2 bleibt trotzdem als Objekt erhalten

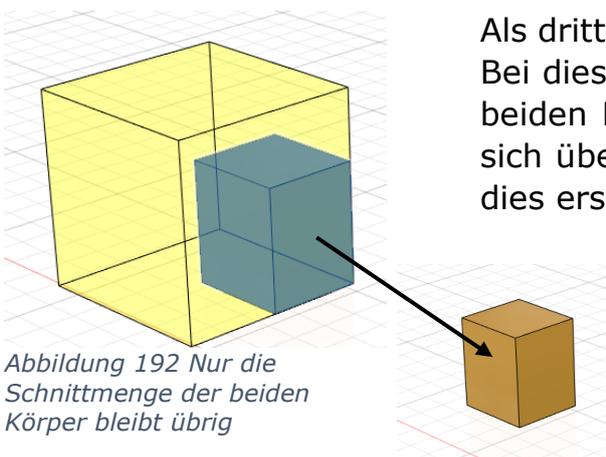


Abbildung 192 Nur die Schnittmenge der beiden Körper bleibt übrig

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

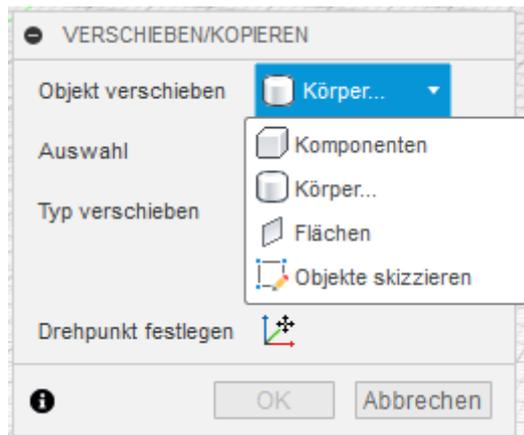


Abbildung 194 Optionenmenü

Als erstes sollte die richtige Auswahl des Objektes getroffen werden.

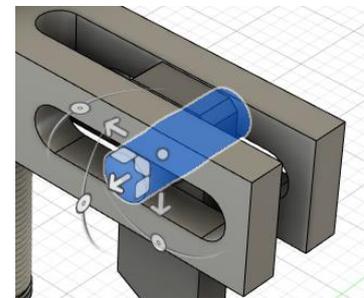


Abbildung 195 Ausgewähltes Objekt (Körper oder Komponente)

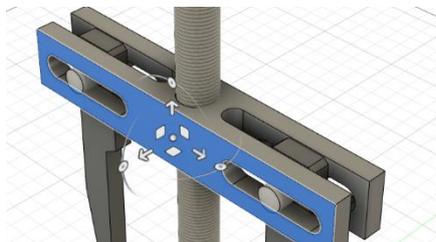


Abbildung 196 Objekt: Fläche aktiviert

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.

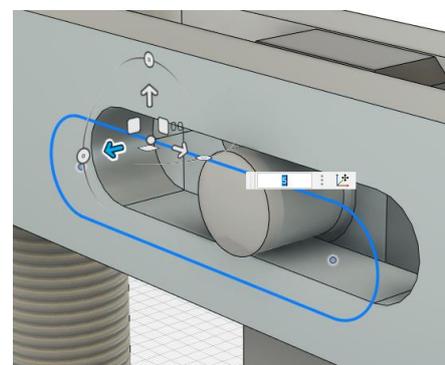


Abbildung 197 Verschiebung einer Skizzengeometrie

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

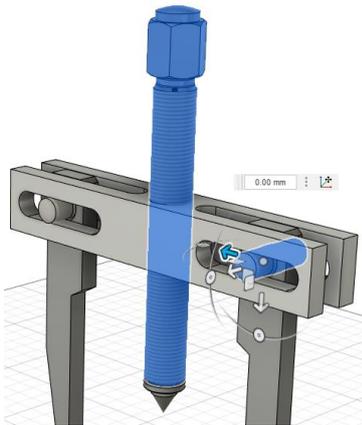


Abbildung 198 Mehrere Objekte sind markiert

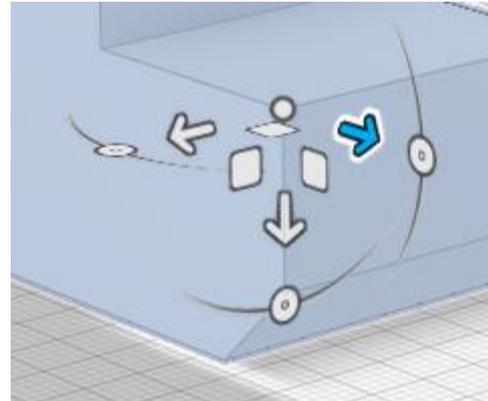


Abbildung 199 Hiermit können Objekte verschoben werden

Nachdem das Objekt gewählt wurde, erscheinen am Drehpunkt mehrere Symbole für die Verschiebung.



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

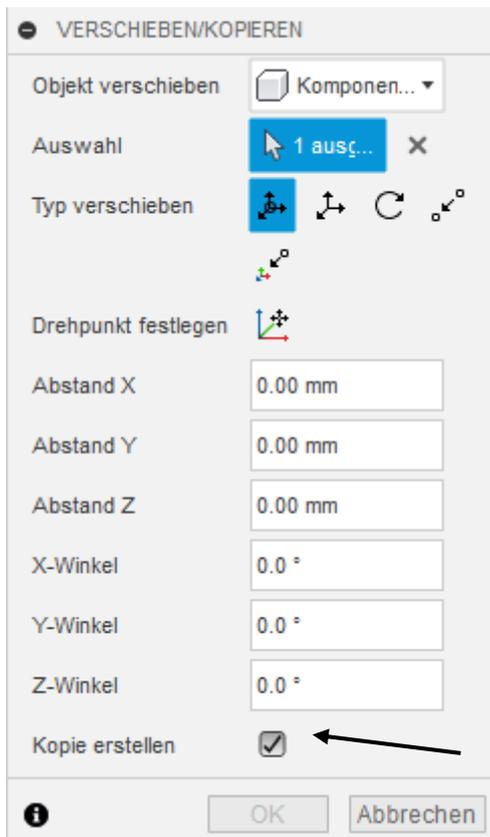


Abbildung 203 Aktiviertes Kästchen damit Objekt nicht verschoben, sondern kopiert wird

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

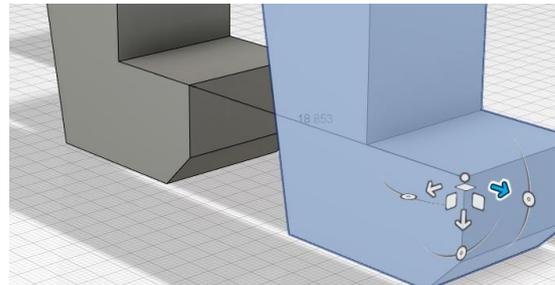


Abbildung 204 Kopieren eines Bauteiles entlang der X-Achse

Körper teilen



Abbildung 205 Werkzeug Körper teilen in der Hauptwerkzeugleiste

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

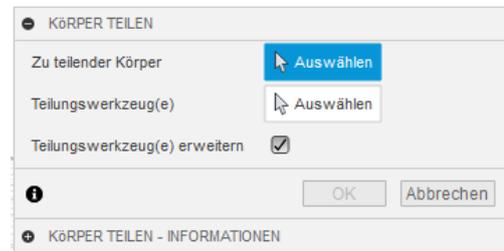


Abbildung 206 Optionenmenü

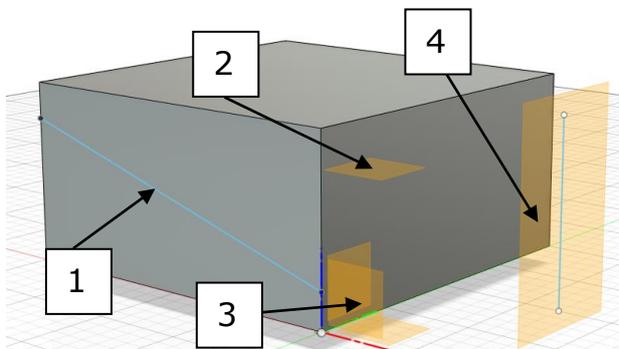


Abbildung 207 Auswahl des Teilungswerkzeuges

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.

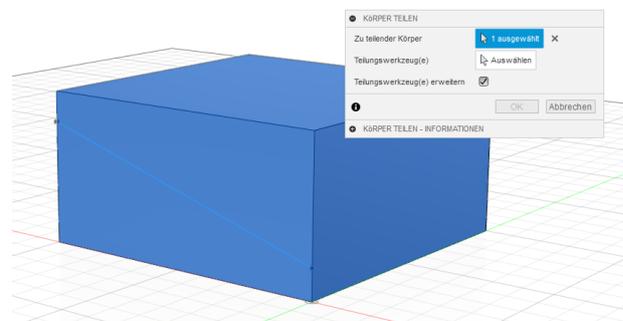


Abbildung 208 Auswahl des zu teilenden Körper

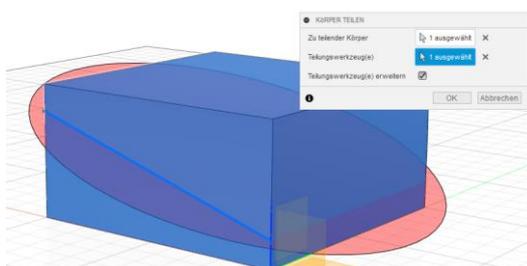


Abbildung 209 Ausgewähltes Teilungswerkzeug

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.

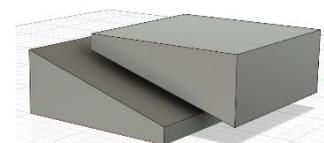


Abbildung 210 geteilter Körper

Ausrichten



Durch das Werkzeug Ausrichten lassen sich Objekte miteinander ausrichten.

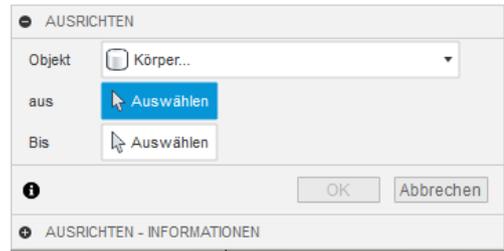


Abbildung 211 Optionenmenü Ausrichten

Abbildung 213 Ausrichten befindet sich im Untermenü Ändern

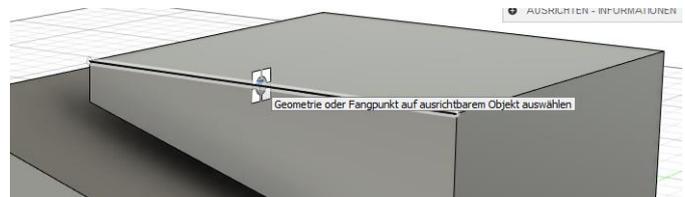


Abbildung 212 Einrastpunkt an einer Kante

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

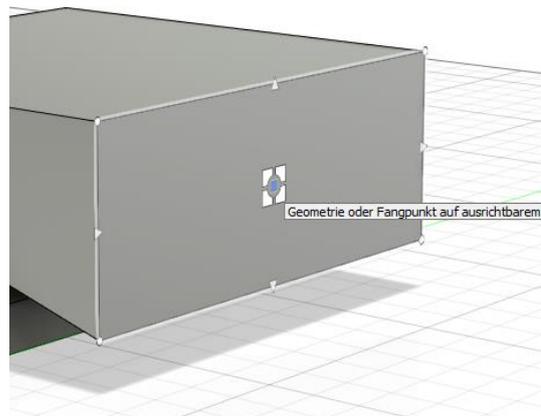


Abbildung 214 Einrastpunkt bei einer Fläche (Mitte)

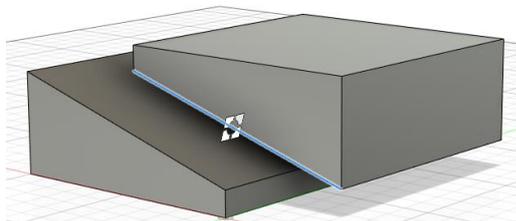


Abbildung 215 Auswahl des zu Ausrichtenden Körpers an der Kante

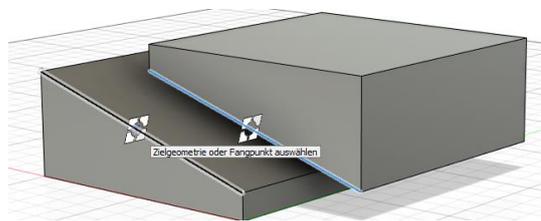


Abbildung 216 Anschließend wohin die zuerst ausgewählte Kante ausgerichtet werden soll

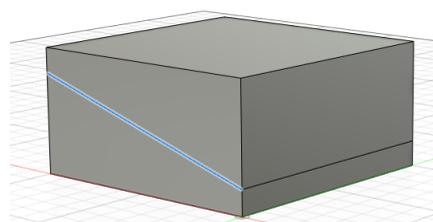


Abbildung 217 Fertig ausgerichtete Körper

1.3.11 Die übrigen Hauptmenüwerkzeuge im Überblick

In den vorherigen Kapiteln wurde ausführlich über die „Erstellen“ und die „Ändern“ Werkzeuge eingegangen. Auf den nächsten Seiten wird deshalb in verkürzter Form auf die Restlichen Werkzeuge in der Hauptwerkzeugleiste eingegangen.



Abbildung 218 Werkzeughauptleiste mit den übrigen Werkzeugen

1.3.11.1 Werkzeugpalette Zusammenfügen



Abbildung 219 Werkzeuge Zusammenfügen

Hier befinden sich Werkzeuge wie z.B. die Erstellung von neuen Komponenten.

Zusätzlich werden hier einzelne Komponenten oder aber auch Komponentengruppen miteinander verbunden, damit beispielsweise eine starre Verbindung zwischen zwei oder mehreren Objekten hergestellt werden können.

Dies bedeutet das sobald eine Komponente bewegt oder verschoben wird, die andere (es können auch mehrere sein) ebenfalls mitbewegt oder verschoben wird.

Gelenk

In Fusion 360 gibt es sieben verschiedene Gelenktypen.

Gelenke können mit den Befehlen Gelenk und Verbinden wie modelliert verwendet werden. Jeder Gelenktyp verwendet unterschiedliche Freiheitsgrade zur Definition der Bewegung.

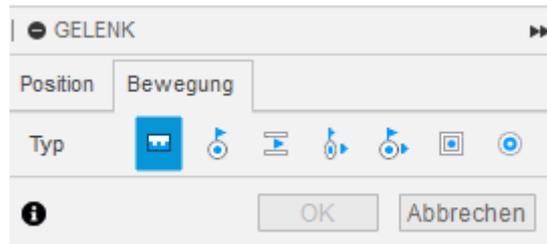


Abbildung 220 Optionenmenü bei erstellen eines neuen Gelenkes

Eingabe	Beschreibung	Zulässige Bewegung
<i>Starr</i>	Verankert Komponenten zusammen. Alle Freiheitsgrade werden entfernt.	Keine
<i>Umdrehung</i>	Die Komponente dreht sich um den Gelenkursprung.	1 Drehung
<i>Schieberegler</i>	Die Komponente wird entlang einer einzelnen Achse verschoben.	1 Translation
<i>Zylindrisch</i>	Die Komponente dreht sich um eine einzelne Achse und wird entlang dieser verschoben.	1 Translation 1 Drehung
<i>Pin-Schlitz</i>	Die Komponente dreht sich um eine Achse und wird entlang einer anderen Achse verschoben.	1 Translation 1 Drehung
<i>Eben</i>	Die Komponente wird entlang zweier Achsen verschoben und dreht sich um eine einzelne Achse.	2 Translation 1 Drehung
<i>Kugel</i>	Die Komponente dreht sich mithilfe eines Gimbal-Systems um alle drei Achsen (drei verschachtelte Drehungen).	3 Drehung

1.3.11.2 Werkzeugpalette Konstruieren

Mit den Werkzeugen in der Gruppe *Konstruieren* können Ebenen, Achsen und Punkte als Konstruktionsgeometrie in Fusion 360 erstellt werden.

Ebenen

Ebenen helfen beim Erstellen von Skizzen und Körpern, in denen noch keine ebenen Flächen vorhanden sind. Ebenen können als Referenz verwendet werden, wenn die Geometrie außerhalb der globalen Achse erstellt wird. Ebenen können auch als Eingabe für andere Werkzeuge verwendet werden, wie z.B. das Schnittwerkzeug zum Trennen eines Volumenkörpers.

- **Versatzebene** : Erstellt eine Ebene in einem bestimmten Abstand zu einer vorhandenen Fläche oder Ebene.
- **Ebene an Winkel** : Erstellt eine Ebene in einem Winkel relativ zu einer Kante oder Achse.
- **Tangentialebene** : Erstellt eine Ebene, die tangential zu einer zylindrischen Fläche liegt.
- **Mittelfläche** : Erstellt eine Ebene mit gleichmäßigen Abständen zu zwei vorhandenen Flächen, Ebenen oder zu einer Fläche und einer Ebene.
- **Ebene durch zwei Kanten** : Erstellt eine Ebene, die durch zwei Kanten oder Achsen verläuft, die sich in derselben mathematischen Ebene befinden. Dieses Werkzeug ist hilfreich, wenn Sie einen verbundenen Körper zwischen vorhandenen Körpern erstellen.
- **Ebene durch drei Punkte** : Erstellt eine Ebene durch drei Punkte oder Scheitelpunkte.
- **Ebene tangential zu Fläche an Punkt** : Erstellt eine Ebene tangential zu einer zylindrischen Fläche an einem Punkt auf der Fläche. Mit einem Punkt an der Position lässt sich diese Position ganz einfach auswählen.
- **Ebene entlang Pfad** : Erstellt eine Ebene lotrecht zu einem Pfad oder einer Kante der Skizze.

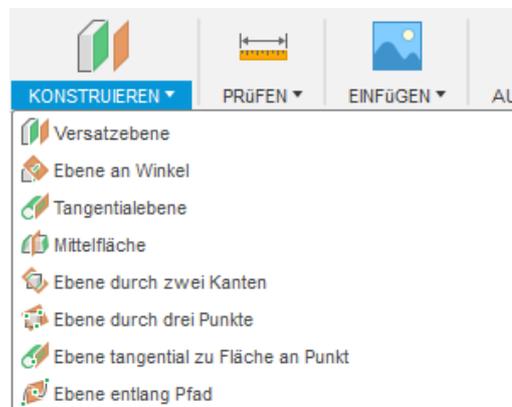


Abbildung 221 Ebenen
Konstruktionswerkzeuge

Achsen

Mit Achsen können Skizzen und 3D-Geometrie in Bezug auf eine Kante erstellt werden, die noch nicht vorhanden sind oder nicht zur Auswahl auf vorhandener Geometrie zur Verfügung stehen.

- **Achse durch Zylinder/Kegel/Torus** : Erstellt eine Achse durch den Mittelpunkt einer Zylinder-, Kegel- oder Torus Form. Es kann nur jeweils eine Achse erstellt werden.
- **Achse lotrecht an Punkt** : Erstellt eine Achse durch eine Ebene oder Fläche an einem ausgewählten Punkt. Die Arbeitsebene ist kein gültiger Eintrag für die Fläche, nicht ebene Flächen können aber ausgewählt werden.
- **Achse durch zwei Ebenen** : Erstellt eine Achse an der Schnittstelle zweier Ebenen. Sie können globale Ebenen oder Konstruktionsebenen als Auswahl verwenden.
- **Achse durch zwei Punkte** : Erstellt eine Achse durch zwei Punkte oder Scheitelpunkte.
- **Achse durch Kante** : Erstellt eine Achse durch Auswahl einer geraden Kante.
- **Achse lotrecht zur Fläche an Punkt** : Erstellt an einem ausgewählten Punkt eine Achse, die lotrecht zu einer Fläche oder Ebene verläuft.

-  Punkt an Scheitelpunkt
-  Punkt durch zwei Kanten
-  Punkt durch drei Ebenen
-  Punkt in der Mitte des Kreises/der Kugel/des Torus
-  Punkt an Kante und Ebene
-  Punkt entlang Pfad

Abbildung 222 Achsen
Konstruktionswerkzeuge

Punkte

Punkte helfen beim Erstellen von Skizzen und 3D-Geometrie in Bezug auf einen bestimmten Referenzpunkt, der noch nicht vorhanden ist oder nicht zur Auswahl auf einer vorhandenen Geometrie zur Verfügung steht.

- **Punkt an Scheitelpunkt** : Erstellt einen Punkt an einem bestimmten Scheitelpunkt.
- **Punkt durch zwei Kanten** : Erstellt einen Punkt, an dem sich zwei Kanten oder die Verlängerung von zwei Kanten schneiden.
- **Punkt durch drei Ebenen** : Erstellt einen Punkt, an dem sich drei Ebenen oder die Verlängerung von drei Ebenen schneiden.
- **Punkt in der Mitte des Kreises/der Kugel/des Torus** : Erstellt einen Punkt am Mittelpunkt einer kreisförmigen Fläche, einer Kugel oder eines Torus.
- **Punkt an Kante und Ebene** : Erstellt einen Punkt, an dem sich eine Ebene und eine Kante oder die Verlängerung der beiden schneiden. Kanten und Flächen müssen sich nicht auf dem gleichen Körper liegen, um Punkte mit diesem Werkzeug zu erstellen.



Abbildung 223 Punkte
Konstruktionswerkzeuge

1.3.11.3 Werkzeugpalette Prüfen

Mit den Werkzeugen in der Gruppe *Prüfen* können Elemente in der Konstruktion gemessen und analysiert werden.

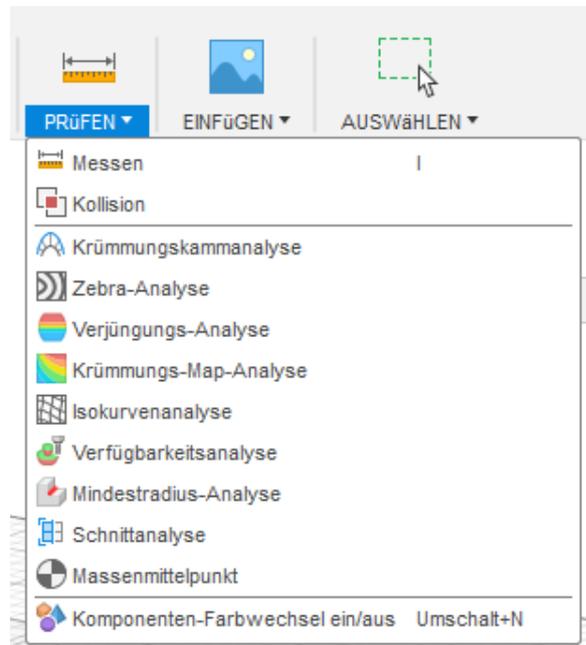


Abbildung 224 Werkzeugpalette Prüfen

Messen

Mit dem Befehl *Messen* werden Abstands-, Winkel-, Flächen- oder Positionsdaten des ausgewählten Objekts angegeben.

Die angezeigte Messung ist der Mindestabstand zwischen den beiden ausgewählten Elementen.

Mit einem Klick auf den Wert im Dialogfeld *Messen*, kann der Wert in die Zwischenablage kopiert werden.

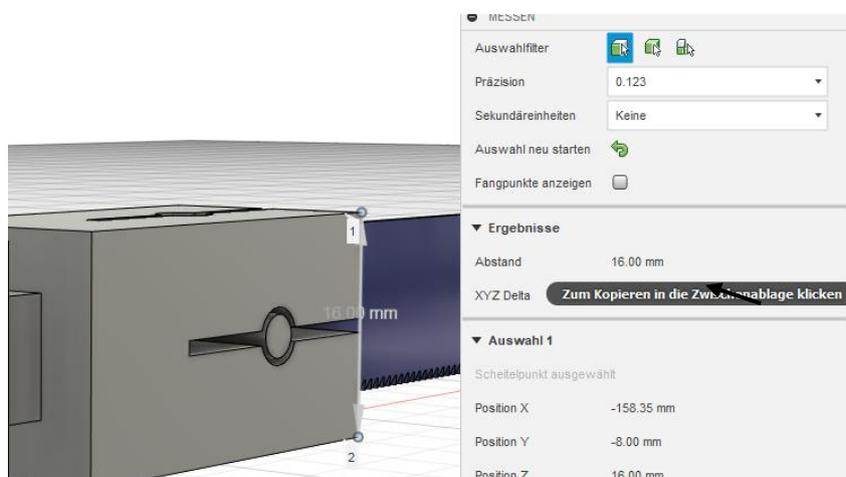


Abbildung 225 Messen eines Wertes

Kollision

Mit dem Befehl *Kollision* werden Kollisionen zwischen ausgewählten Volumenkörpern oder Komponenten gemeldet.

Sie können neue Komponenten aus den Kollisionen erstellen.

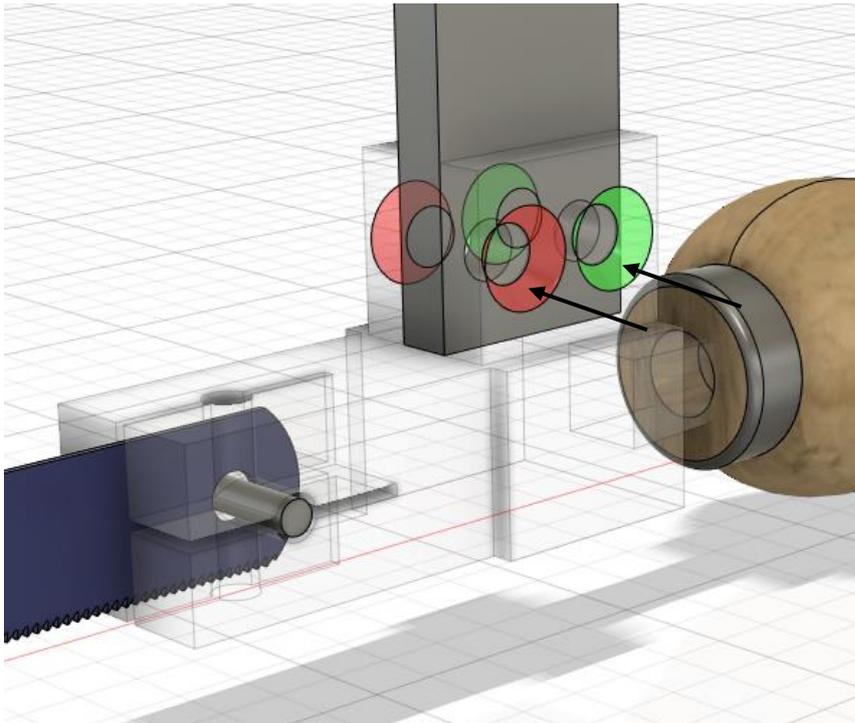


Abbildung 226 Erkennen von Kollisionen bei mehreren Körpern

Krümmungskammanalyse

Mit dem Befehl *Krümmungskammanalyse* wird ein Kamm mit Beispielpunkten entlang einer Kante eines Körpers angezeigt, damit die Krümmung einer Fläche in Fusion 360 analysiert werden kann.

Der Krümmungskamm zeigt einen Plot der Krümmung jeder ausgewählten Kante an.

Mit dem Befehl *Krümmungskammanalyse* kann die Krümmung an einer einzelnen Kante oder die Krümmungskontinuität an den Übergängen zwischen den Kanten analysiert werden.

Analyseergebnisse werden im *Browser* im Ordner *Analyse* gespeichert.

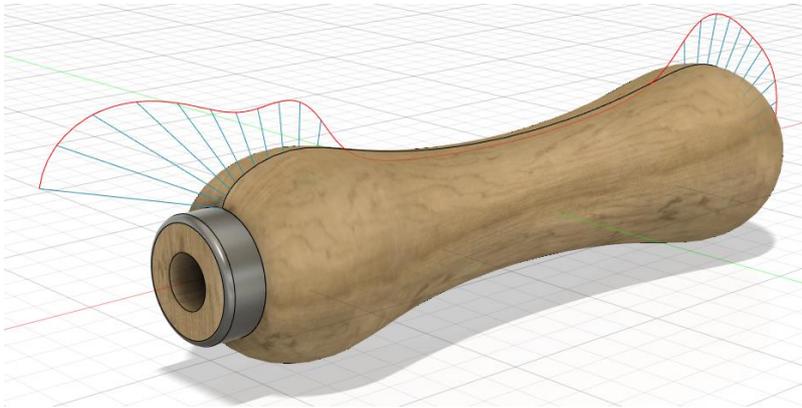


Abbildung 227 Krümmungsanalyse bei einem Sägebogen Griff

Zebra-Analyse

Mit dem Befehl *Zebra-Analyse* werden abwechselnd schwarze und weiße Streifen auf einem Körper angezeigt, um die Analyse der Krümmung einer Fläche in Fusion 360 zu erleichtern.

Mit *Zebra-Analyse* werden parallele Linien auf den ausgewählten Körper projiziert, um die Krümmungskontinuität zu visualisieren.

Das Ergebnis zeigt, wie das Licht von der Oberfläche reflektiert wird. Mithilfe dieser Reflexionen können Bereiche identifiziert werden, die angepasst werden müssen, um die ästhetische Qualität der Oberfläche zu verbessern. Je glatter der Übergang der Zebrastreifen zwischen Oberflächen, desto besser ist die Kontinuität und desto glatter wird die Oberfläche aussehen, wenn sie gefertigt wird.

Analyseergebnisse werden im *Browser* im Ordner *Analyse* gespeichert.

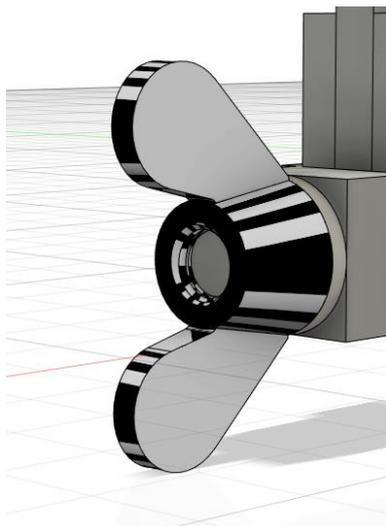


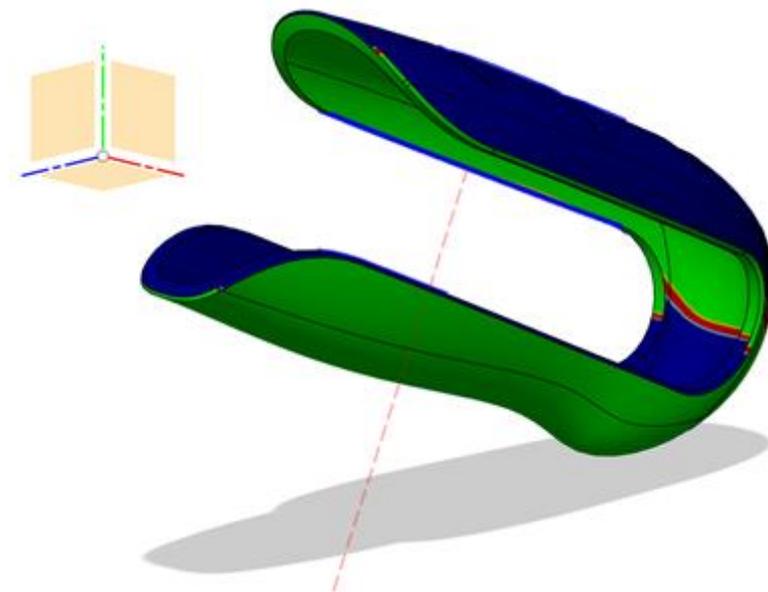
Abbildung 228 Zebraanalyse
einer Flügelmutter

Verjüngungs-Analyse

Mit dem Befehl *Verjüngungs-Analyse* wird eine Farbabstufung auf den Flächen der ausgewählten Körper angezeigt, um die Umsetzbarkeit der Konstruktion besser bewerten zu können.

Wählen Sie die Körper für die Auswertung und die Achse zum Definieren der Richtung aus. Passen Sie dann die Optionen an, um die abgestufte Anzeige zu verfeinern.

Sie können die Verjüngungs-Analyse verwenden, um Positionen für eine Trennlinie auszuwerten oder Bereiche mit einer Verjüngung von null oder Hinter Schnitten zu finden.



Krümmungs-Map-Analyse

Mit dem Befehl *Krümmungs-Map-Analyse* wird eine Farbabstufung auf einem Körper angezeigt, die dabei hilft, Bereiche mit starker und geringer Flächenkrümmung in Fusion 360 zu analysieren.

Es gibt drei Arten von Krümmungs-Maps:

- *Gaußsche*
 - *Rot, Orange, Gelb*: Der Bereich hat eine positive Krümmung.
 - *Grün*: Der Bereich ist eine flache Fläche in eine oder beide Richtungen.
 - *Blau, Indigo, Violett*: Der Bereich hat eine negative Krümmung.
- *Minimale Hauptspannung*
 - *Grün*: Bereich entspricht dem Grenzwert von *Maximalwert*.
 - *Rot*: Bereich überschreitet den Grenzwert von *Maximalwert*.
- *Maximale Hauptspannung*
 - *Grün*: Bereich entspricht dem Grenzwert von *Minimalwert*.
 - *Rot*: Bereich überschreitet den Grenzwert von *Minimalwert*.

Analyseergebnisse werden im *Browser* im Ordner *Analyse* gespeichert.

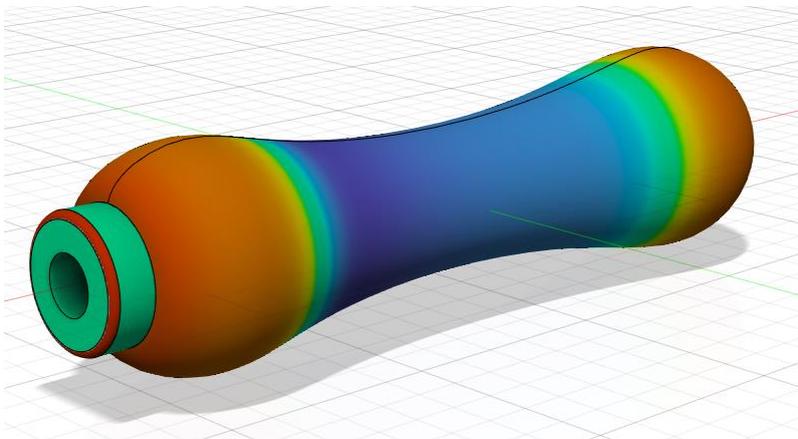


Abbildung 229 Krümmungs Map Analyse eines Metallsägebogen Griffes

Verfügbarkeitsanalyse

Mit dem Befehl *Verfügbarkeitsanalyse* wird ein Objekt abhängig davon, ob von einer bestimmten Ebene aus auf bestimmte Teile des Objekts zugegriffen werden kann, eingefärbt.

Bereiche, die zugänglich sind, werden grün hervorgehoben. Bereiche, die nicht zugänglich sind, werden rot hervorgehoben.

Die *Verfügbarkeitsanalyse* kann verwendet werden, um Hinter Schnitt Bereiche durch eine Ebene zu prüfen.

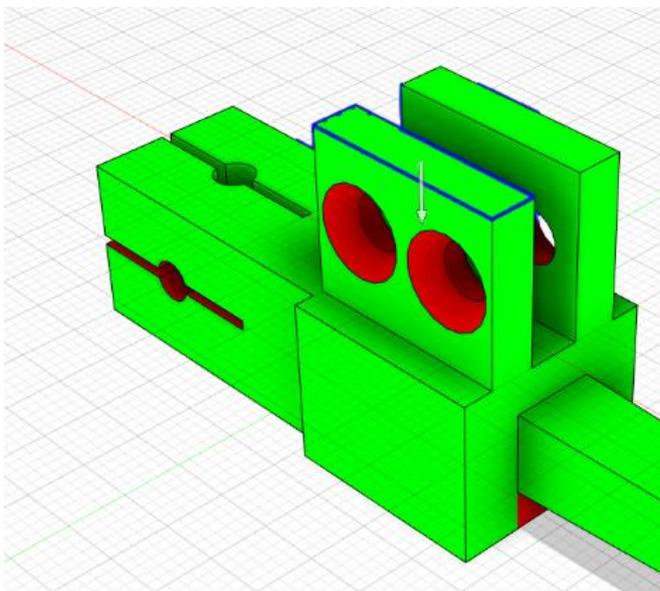


Abbildung 230 Verfügbarkeitsanalyse eines Bauteiles

Minimalradius-Analyse

Mit dem Befehl *Mindestradius-Analyse* wird ein Objekt eingefärbt, um den minimalen Radius für die Krümmung der konkaven Flächen darzustellen.

Bereiche mit einer Krümmung, die stärker ist als der Mindestradius, werden rot hervorgehoben.

Die *Mindestradius-Analyse* wird verwendet, um die minimale Passung für Bohrungen und Abrundungen zu ermitteln, und um die Werkzeuggrößen für die Bearbeitung zu bestimmen.

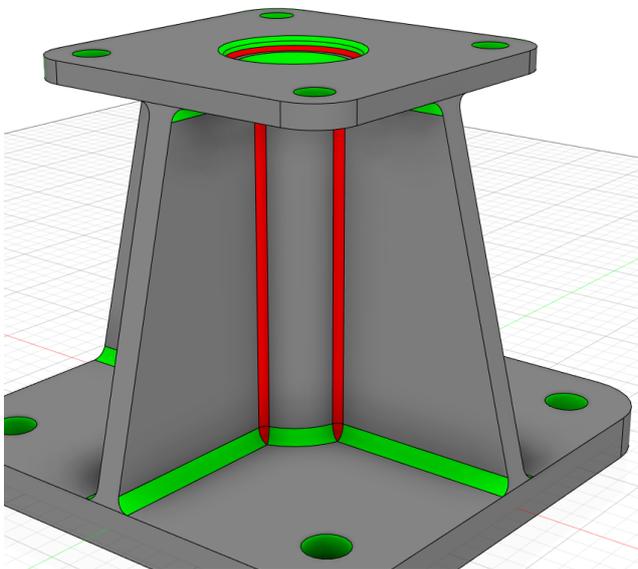


Abbildung 231 Mindestradiusanalyse eines Übergangs Flansch

Schnittanalyse

Mit dem Befehl *Schnittanalyse* wird eine Schnittansicht der Konstruktion durch eine Fläche oder eine Ebene erzeugt.

Zuerst wird eine Fläche oder Ebene als Schnittebene gewählt, und anschließend werden dann Versatz- und Winkelwerte durch Ziehen der Manipulatoren im Ansichtsbereich verändert.

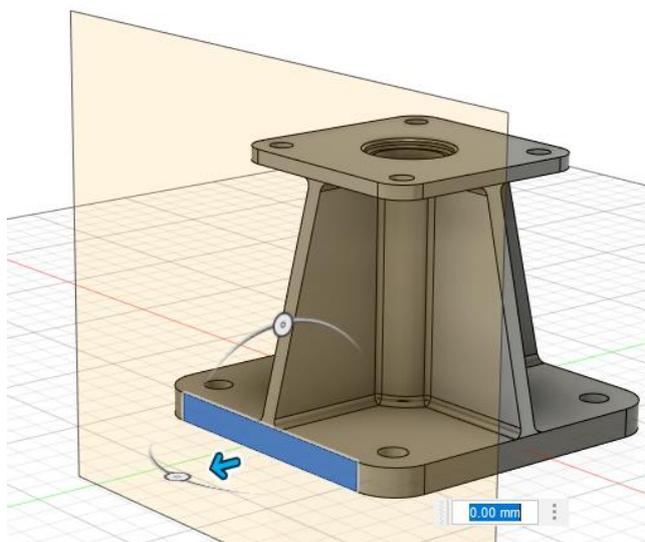


Abbildung 232 Auswahl einer Fläche bei einem Körper

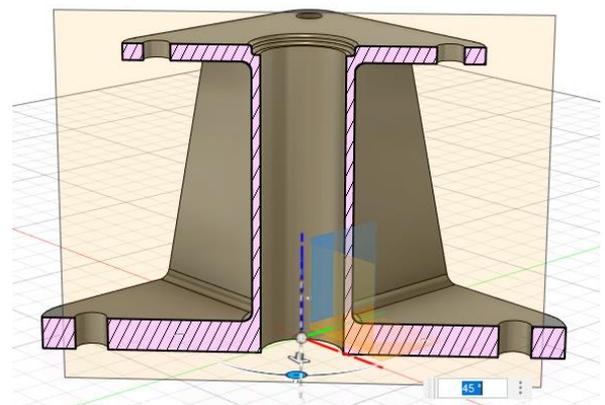


Abbildung 233 Mit den Manipulatoren lässt sich die Schnittdarstellung individuell anpassen

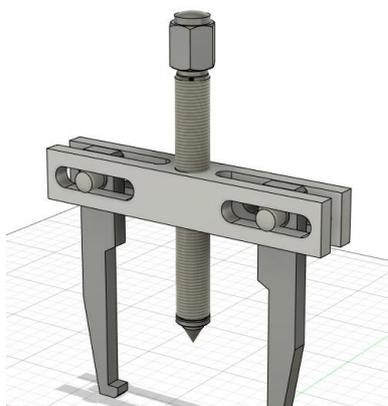


Abbildung 234 Ungeschnittener Scheibenabzieher

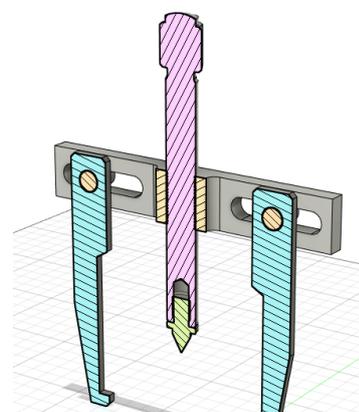


Abbildung 235 Geschnittener Scheibenabzieher

Massenmittelpunkt

Der Befehl *Massenmittelpunkt* zeigt ein Mittelpunktmarkierungssymbol am Massenmittelpunkt für die ausgewählten Objekte an.

Die Mittelpunktmarkierung kann auch für Vermessungsarbeiten hergenommen werden.

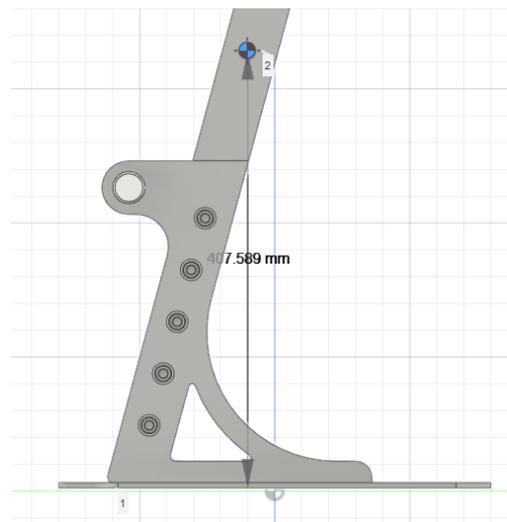


Abbildung 236 Bemaßung des Massenmittelpunktes

Die Berechnung des *Massenmittelpunktes* kann die Berechnungszeit für andere Befehle verlängern. Die Sichtbarkeit des Knotens Massenmittelpunkt kann im Browser deaktiviert werden, um ihn von anderen Berechnungen auszuschließen. Wenn die Sichtbarkeit wieder aktiviert wird, wird der Massenmittelpunkt neu berechnet.

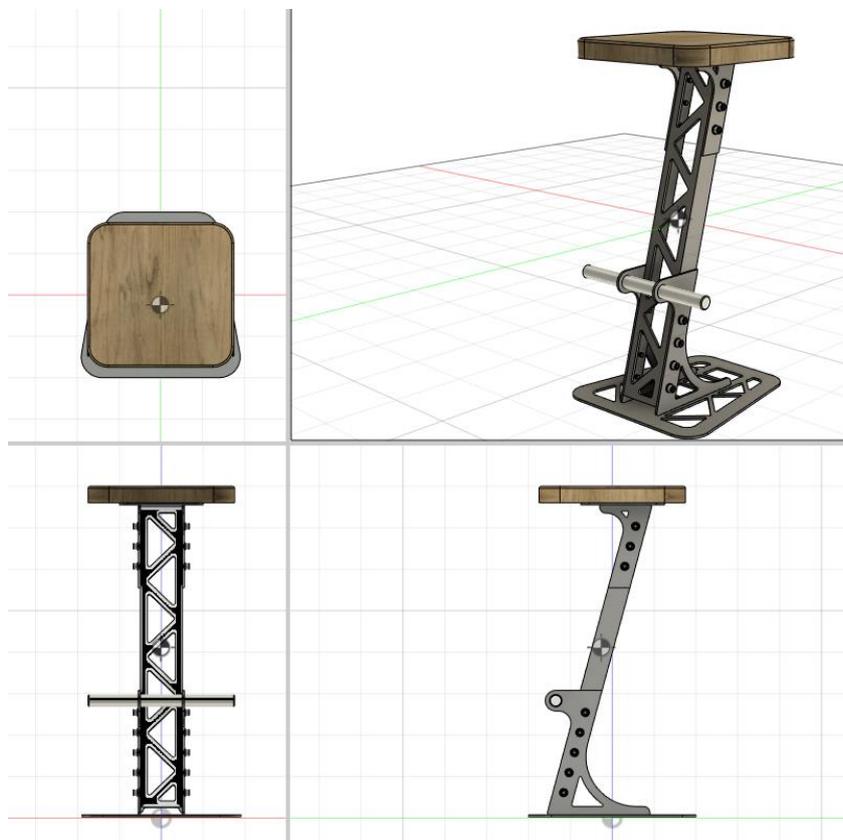


Abbildung 237 Ansicht des Massenmittelpunktes in mehreren Ansichten

Komponenten-Farbwechsel ein/aus

Mit dem Befehl *Komponenten-Farbwechsel ein/aus* werden verschiedene Farben auf jede Komponente angewendet, um die Unterscheidung zwischen Komponenten zu erleichtern.

Durch drücken der Tastenkombination Shift + N, kann der Komponenten-Farbwechsel aktiviert oder deaktiviert werden.

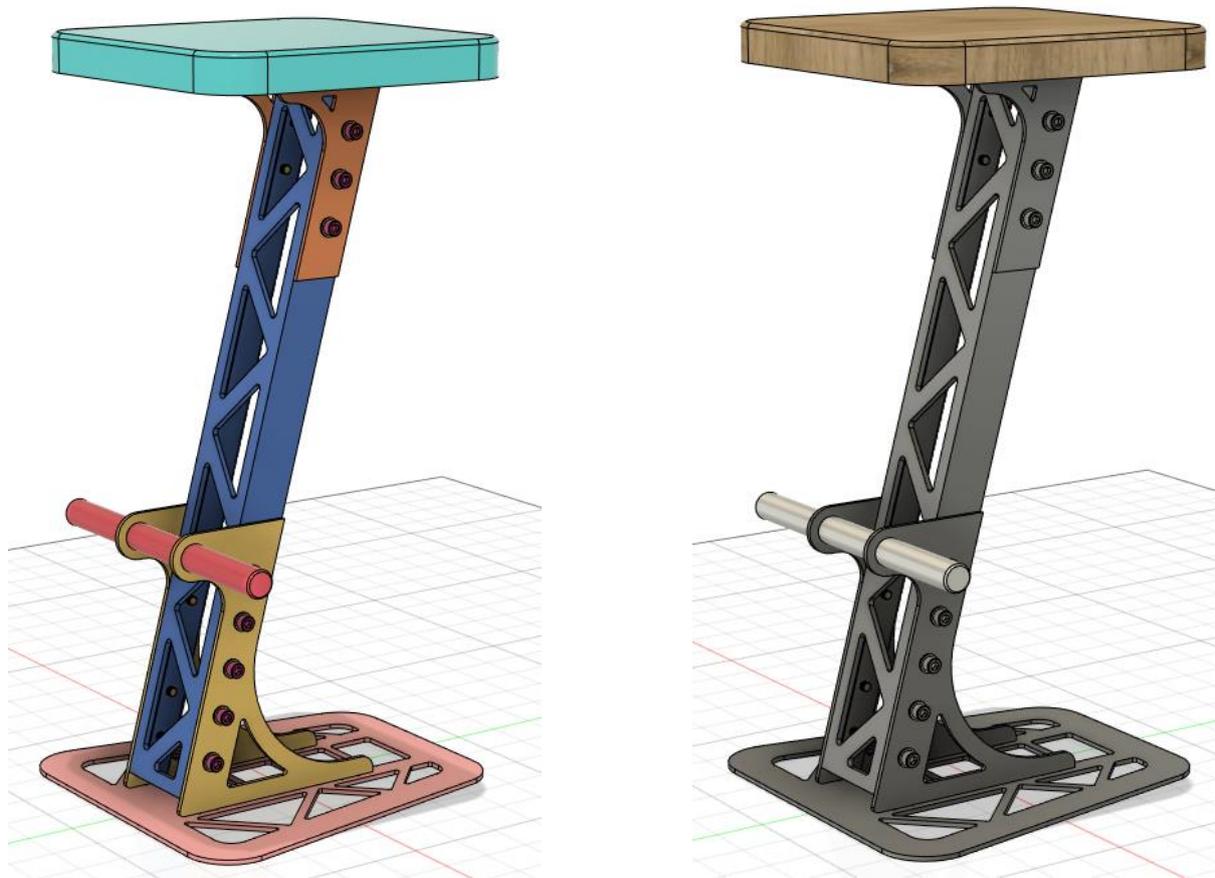


Abbildung 238 Barhocker mit aktivierten und deaktivierten Komponenten-Farbwechsel

1.3.11.4 Werkzeugpalette Einfügen

Mit den Werkzeugen in der Gruppe *Einfügen* können Elemente in die Konstruktionen von Fusion 360 eingefügt werden.

Ableitung einfügen

Mit dem Befehl *Ableitung einfügen* werden Konstruktionselemente wie Komponenten, Körper, Skizzen, Konstruktionsgeometrie, Abwicklungen oder Parameter aus einer anderen Konstruktion eingefügt.

Die eingefügten Elemente werden aktualisiert, wenn Änderungen an der ursprünglichen Konstruktion vorgenommen werden.

Aufkleber

Mit dem Befehl *Aufkleber* wird ein Bild auf einer ausgewählten Fläche platziert.

Nachdem das Bild und die Fläche ausgewählt wurden, kann anschließend mit den Manipulatoren das Bild verschoben, skaliert, gedreht und umgekehrt werden.

Es können PNG-Dateien verwendet werden, falls die Hintergrundtransparenz beibehalten werden soll.

Mit *Kettenflächen* kann sich ein Bild über mehrere Flächen erstrecken.



Abbildung 239 Platzieren eines Aufklebers auf einem Bauteil

Ansichtsbereich

Mit dem Befehl *Ansichtsbereich* wird ein Bild auf einer ebenen Fläche oder Skizzierebene platziert.

Wenn das Bild während des Entwerfens referenziert werden soll, sollte die Option *Durchscheinend* ausgewählt werden. Dadurch werden die Komponenten der Konstruktion durch das Bild durch ersichtlich.

Mit einem Rechtsklick im Browser auf das Ansichtsbereich-Bild, kann *Kalibrieren* ausgewählt werden. Damit ist es möglich die Größe des Bilds zwischen zwei Punkten, die im Ansichtsbereich ausgewählt wird, zu ändern.

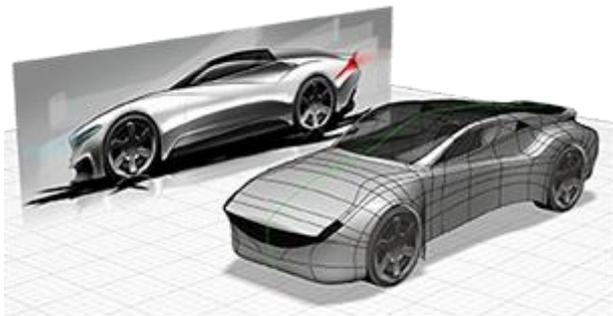


Abbildung 240 Modellierung mithilfe eines Ansichtsbereiches

SVG einfügen

Mit dem Befehl *SVG-Datei einfügen* wird eine SVG-Datei als festes Skizzenobjekt in die aktuelle Konstruktion eingefügt.

Es können SVG-Dateien verwendet werden, um detaillierte Skizzen wie Logos oder Texte zu erstellen.

Nachdem das Skizzenprofil oder eine ebene Fläche ausgewählt wurde, wird dann die zu einzufügende SVG-Datei ausgewählt. Anschließend kann die Position und den Maßstab angepasst werden.

DXF-Datei einfügen

Mit dem Befehl *DXF-Datei einfügen* wird eine DXF-Datei als festes Skizzenobjekt in die aktuelle Konstruktion eingefügt.

Nachdem eine Fläche oder Ebene ausgewählt wurde, wird dann die DXF-Datei eingefügt. Anschließend kann die Position der Geometrie auf der ausgewählten Ebene angepasst werden.

Im Modus *Einzelne Skizze* wird die DXF-Geometrie in eine einzige Skizze eingefügt. Im Modus *Eine Skizze pro Layer* wird für jeden DXF-Layer eine separate Skizze erstellt. In beiden Modi wird nur Skizziergeometrie eingefügt - Volumenkörper- und Flächengeometrie wird nicht eingefügt.

Einfügen eines Herstellerbauteils

Mit dem Befehl *Herstellerbauteil einfügen* können Millionen von Bauteilen aus mehr als 400 Lieferanten- und Herstellerkatalogen durchsucht, konfiguriert und in die Konstruktionen eingefügt werden.

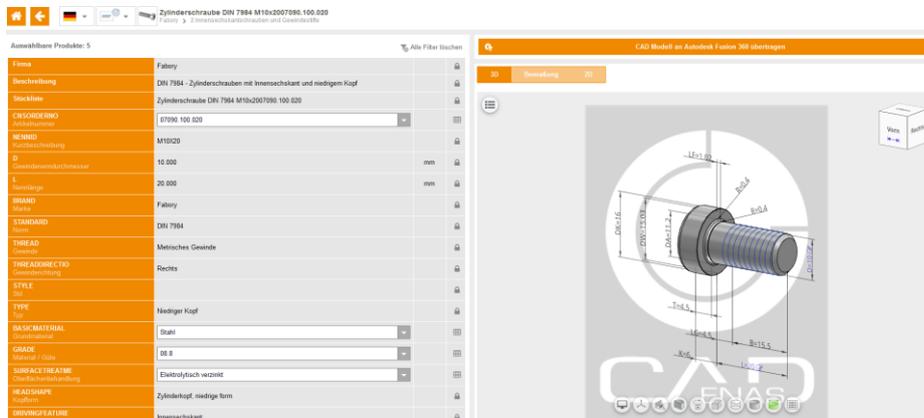
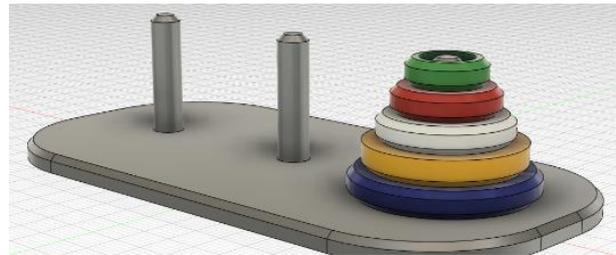


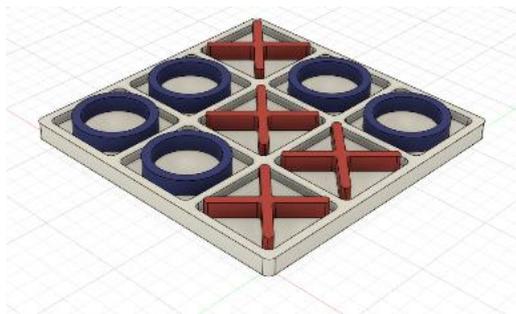
Abbildung 241 Webseite der Fusion 360 Part Community

2 Modelle erstellen

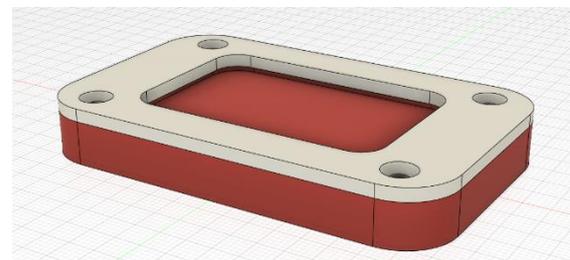
In diesem Kapitel wird näher auf das Erstellen von Körpern, Bauteilen, Komponenten und Komponentengruppen eingegangen.



Türme von Hanoi



Tic Tac Toe



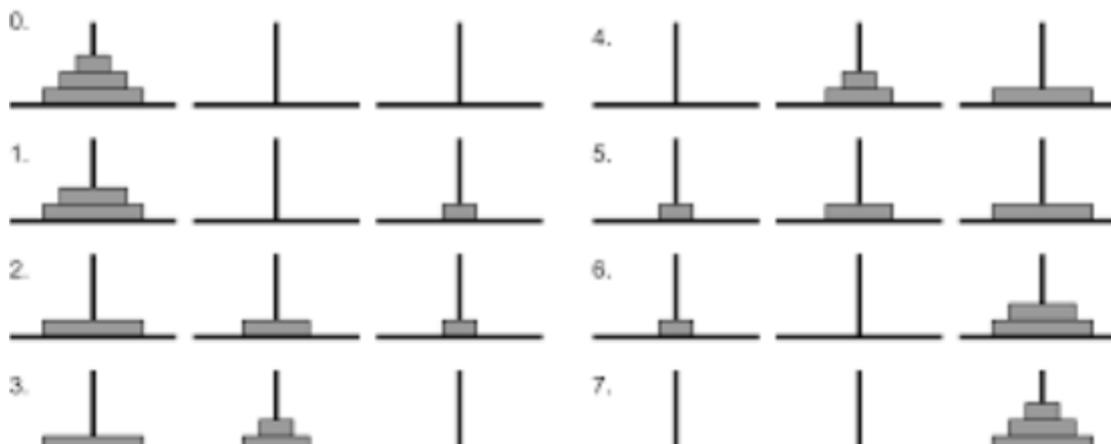
Plättchen Halter für CNC Fräse

2.1 Türme von Hanoi

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

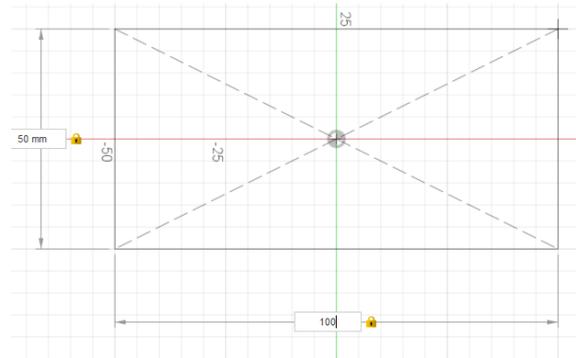
Wissenswertes

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.

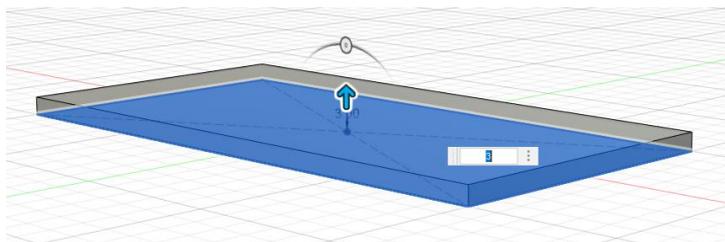
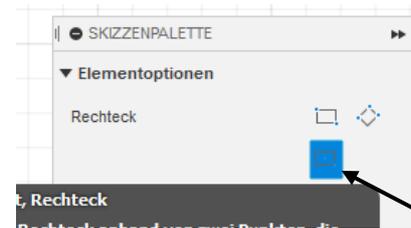


Bei jedem Zug darf die oberste Scheibe eines beliebigen Stabes unter der Voraussetzung, dass sich dort nicht schon eine kleinere Scheibe befindet, auf einen der beiden anderen Stäbe gelegt werden. Folglich sind zu jedem Zeitpunkt des Spieles die Scheiben auf jedem Feld der Größe nach geordnet.

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.

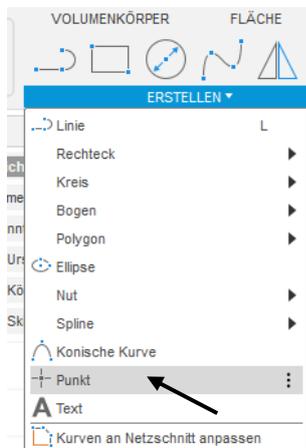


Fürs erstellen wurde in diesem Tutorial das Rechteck aus der Mitte aufgezo-gen. Damit fällt der Mittelpunkt genau auf den Ursprungspunkt des Weltkoordinatensystems von Fusion 360.

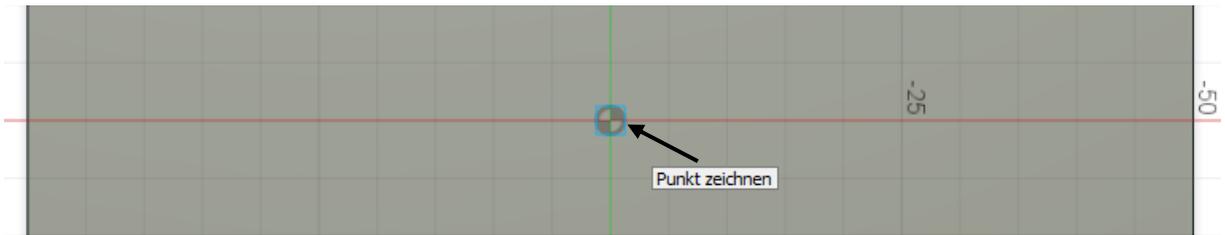


Nachdem erstellen des Rechteckes, links oben auf den Button „Skizze fertig stellen“ klicken, und die erstellte Fläche mit dem Werkzeug „Extrusion“ 3mm extrudieren.

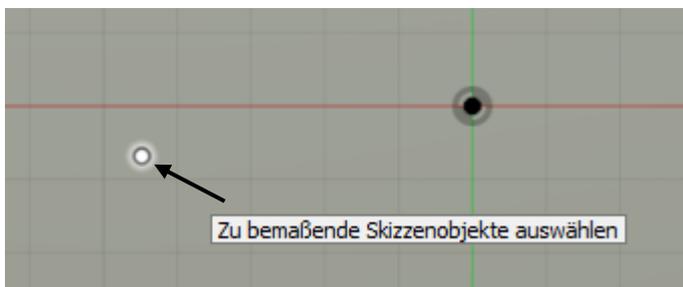
Für die Bohrungen wird zunächst eine Skizze auf der Oberseite des neu erstellten Körpers erstellt.



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.

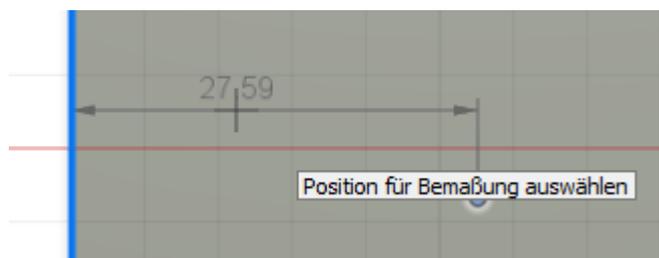


Für die genaue Positionierung wird das Werkzeug Skizzenbemaßung benötigt. Dieses ist in der Werkzeughauptleiste zu finden.



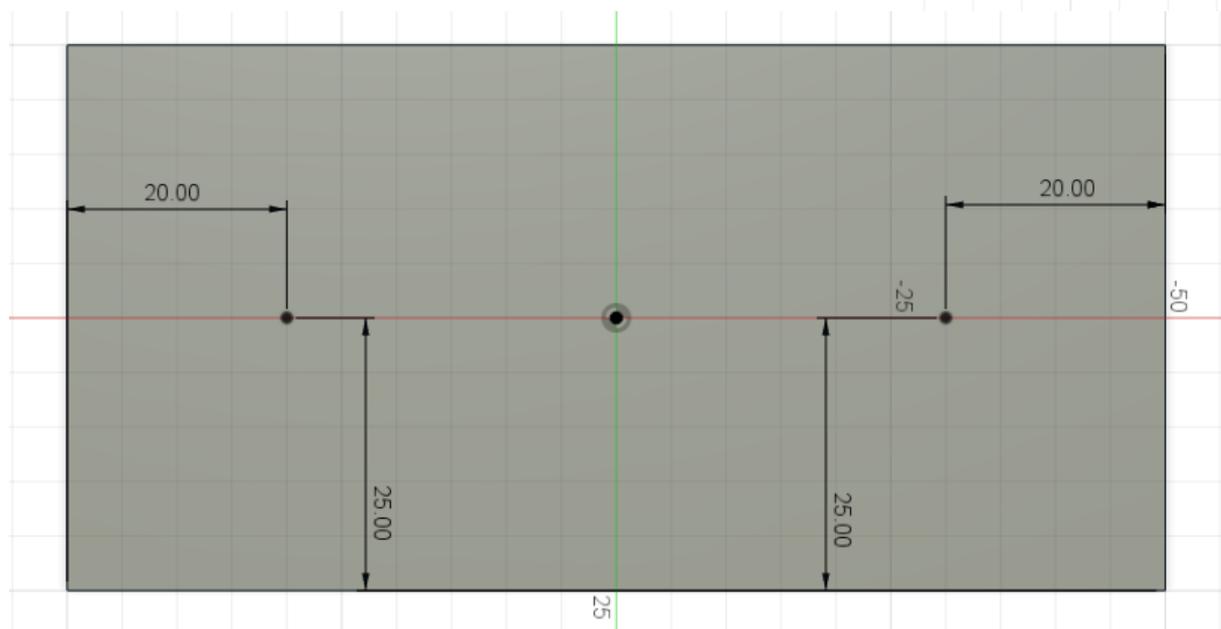
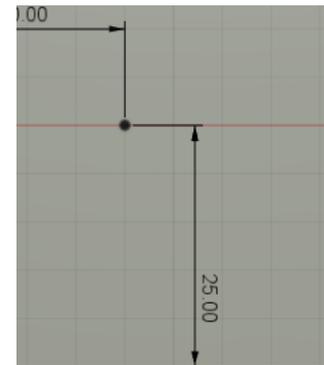
Als erstes wird der Skizzierpunkt angeklickt und danach die linke Körperkante.

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



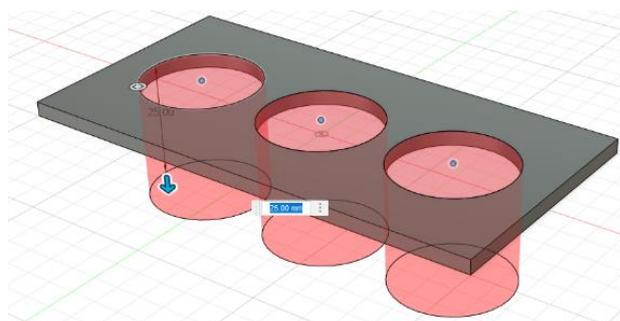
Die gleichen Schritte werden auch mit dem gleichen Skizzierpunkt gemacht, jedoch dieses Mal mit der unteren Körperkante. Das Maß hier beträgt 25mm.

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

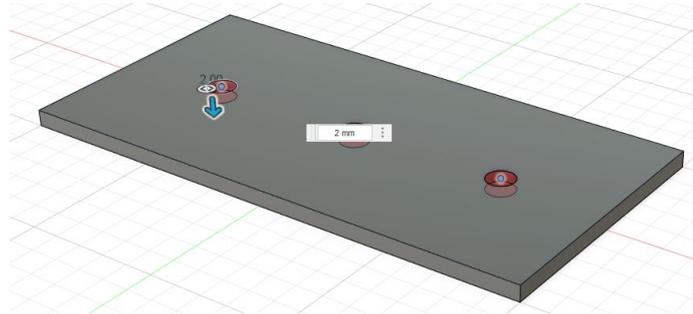
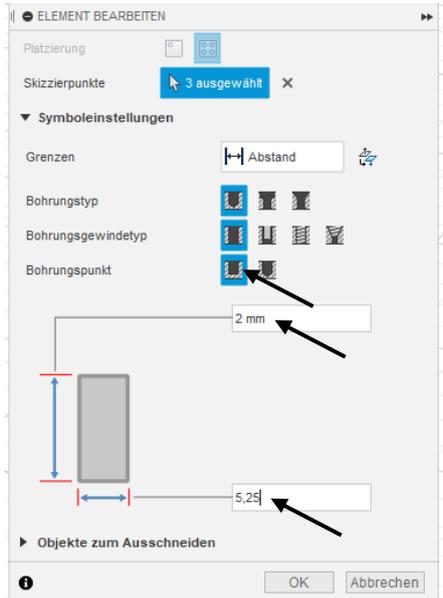


Mit „Skizze fertig stellen“ wird wieder in die 3D Arbeitsoberfläche gewechselt.

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

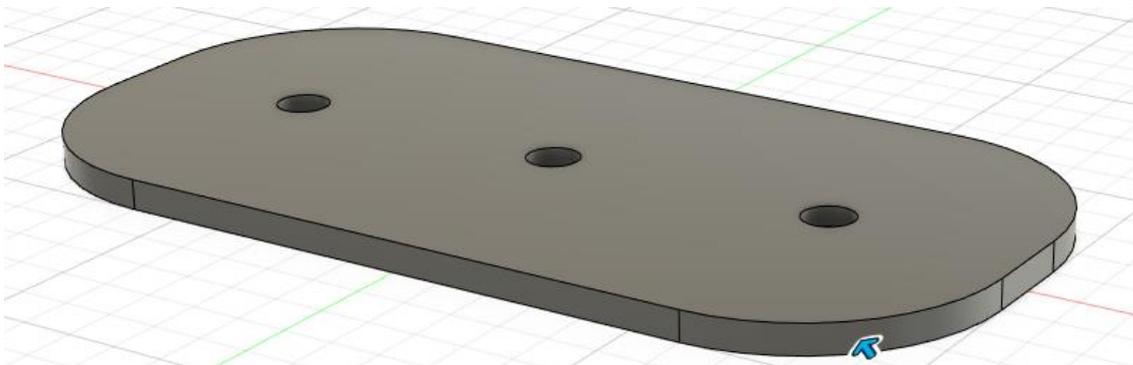


Diese werden im Optionenmenü angepasst (siehe Bild).

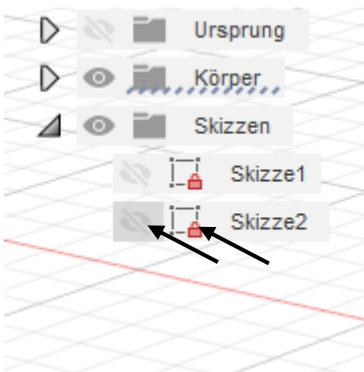


*Für Passungen beim 3D Druck sollten
0,1 bis 0,5 Toleranz mitberechnet
werden.*

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.

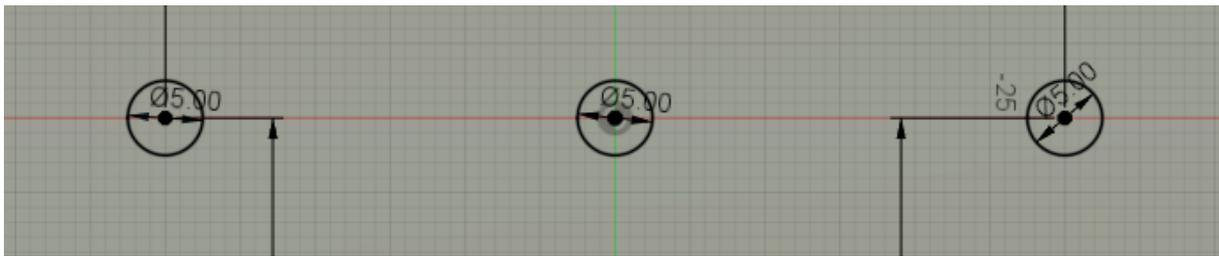
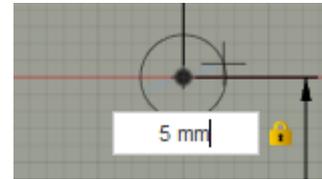


Dafür wird im Browser die Skizze (klick auf das hellgraue Auge) wieder aktiv gestellt und gestartet (Doppelklick auf das Skizzensymbol rechts neben den Augensymbol).

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

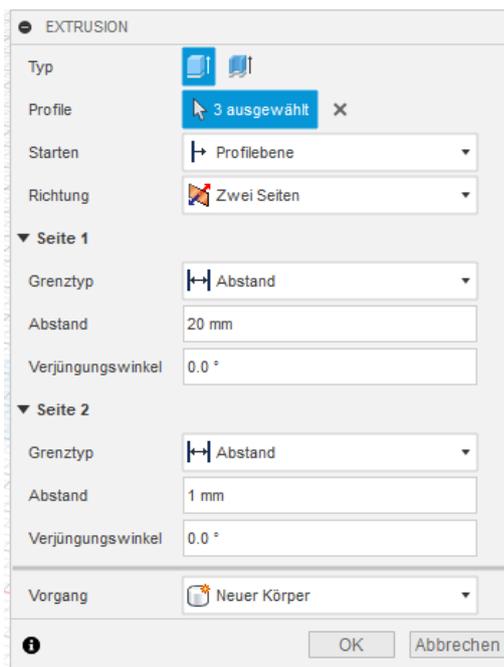
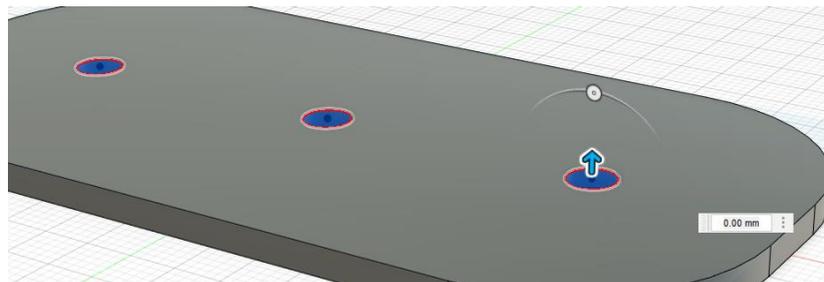


Nachdem der Mittelpunkt (Skizzierpunkt) gewählt wurde, kann die Größe eingegeben werden.

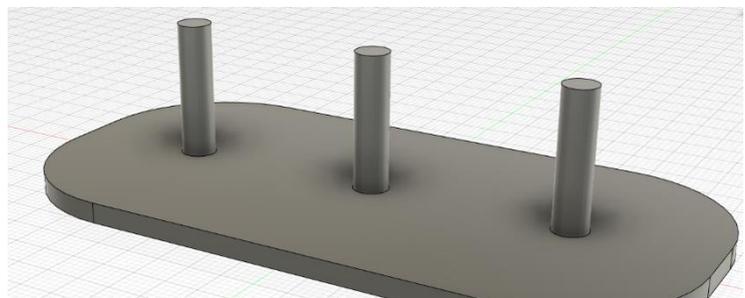


Damit die drei Stäbe erstellt werden könne zunächst die Skizze beenden und das Werkzeug „Extrusion“ auswählen.

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

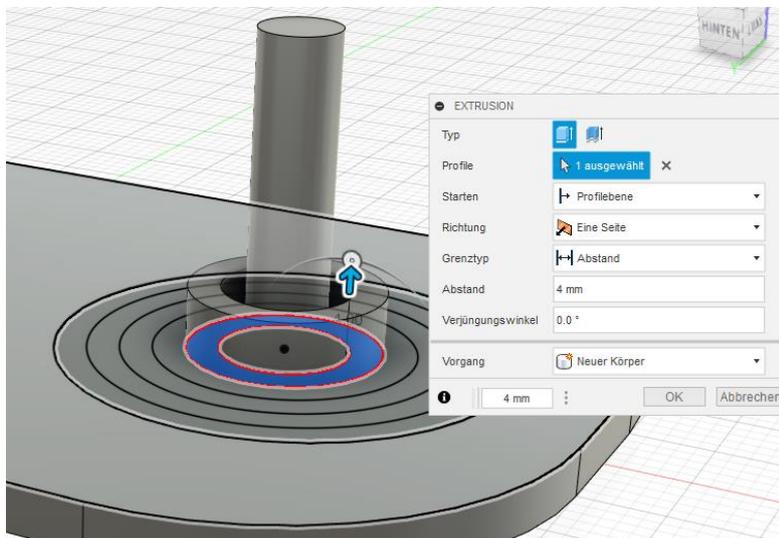
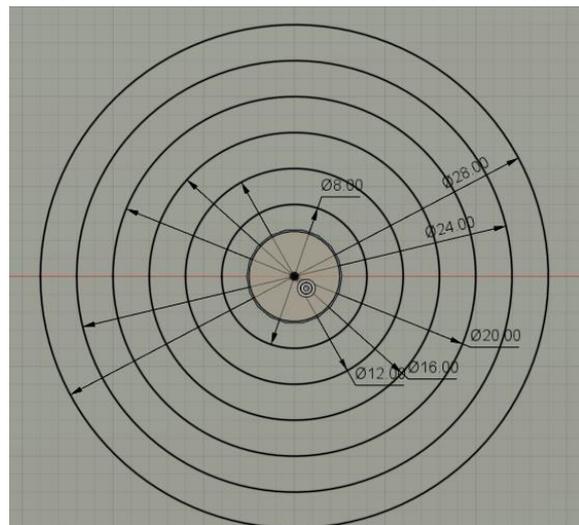


Wenn alles funktioniert hat, sehen die Körper aus wie auf dem Bild unterhalb.



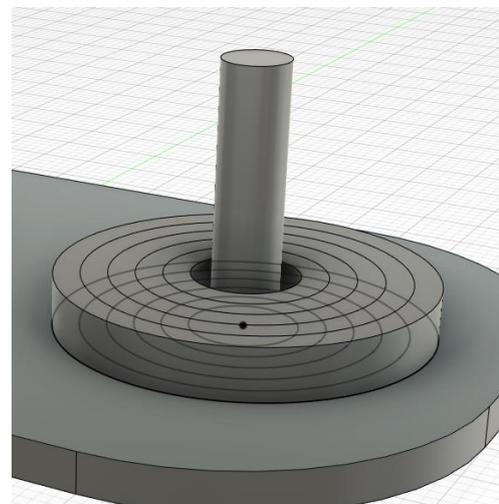
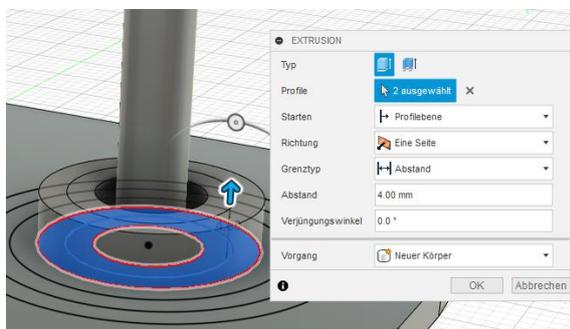
Nun werden die Scheiben erstellt. Dafür wird für die Einfachheit eine neue Skizze an der Oberseite des Grundkörpers erstellt.

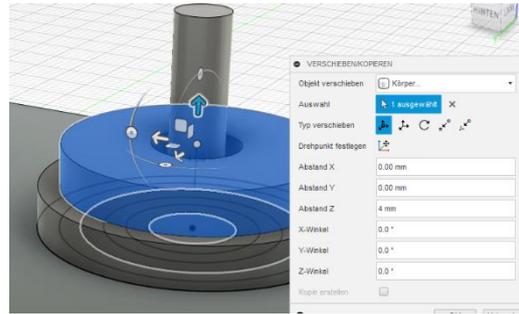
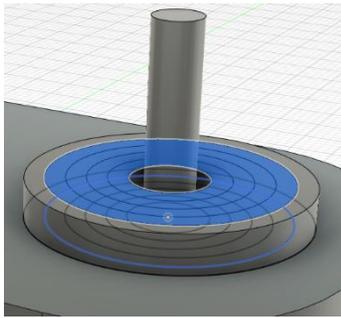
Dieses Mal werden mehrere Kreise erstellt (siehe Bild).



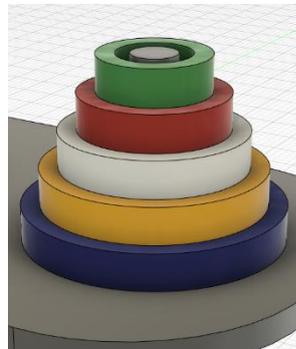
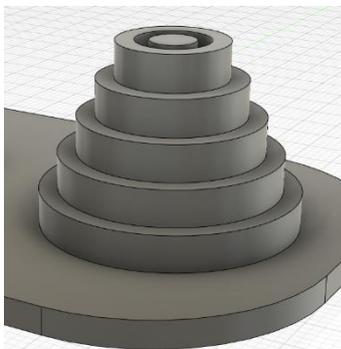
Jetzt werden die einzelnen Scheiben nach und nach aus der Skizze extrudiert.

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



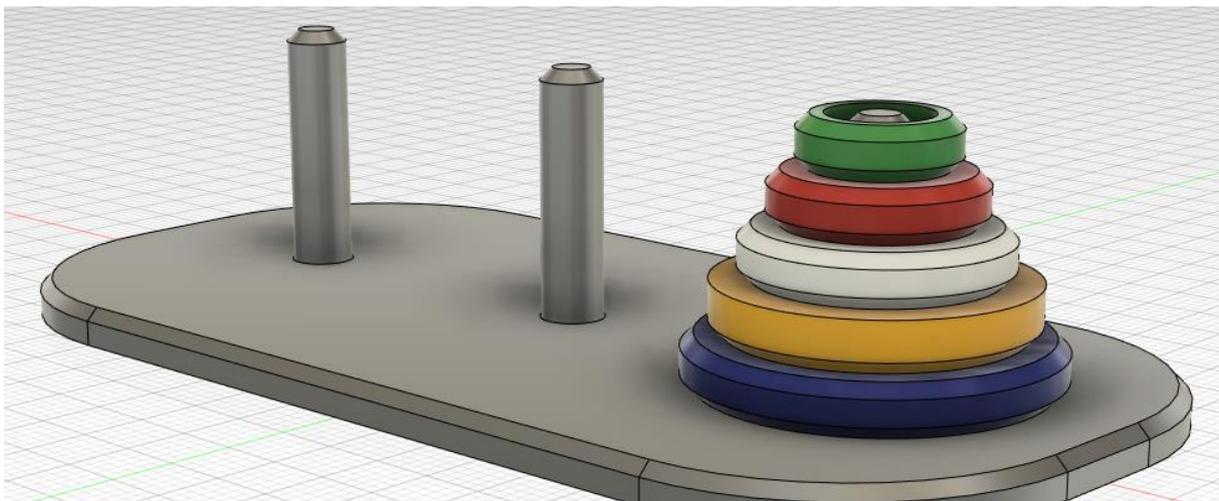


Mittels verschieben/kopieren Werkzeug die einzelnen Scheiben in die richtige Position verschieben.

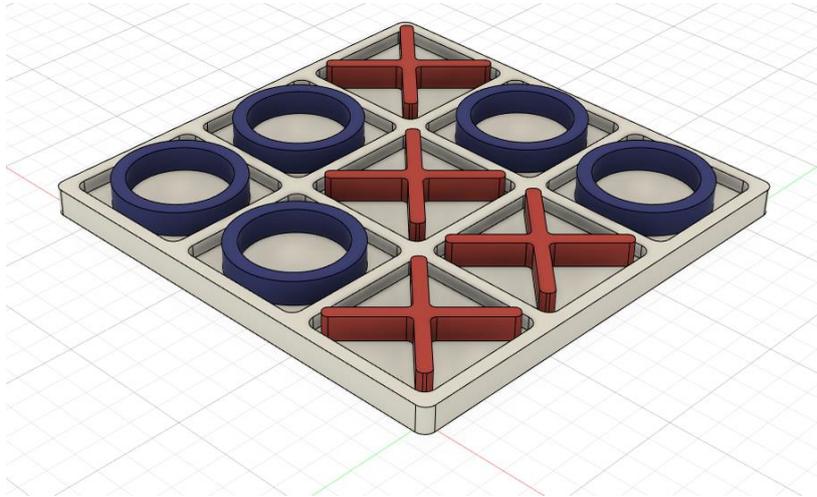


Für die bessere Sichtbarkeit, können einzelne Objekte mit dem Werkzeug „Darstellung“ farblich angepasst werden. Dies hat nichts zu tun mit der Auswahl der Farbe bei einem 3D Druck.

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



2.2 Tic Tac Toe

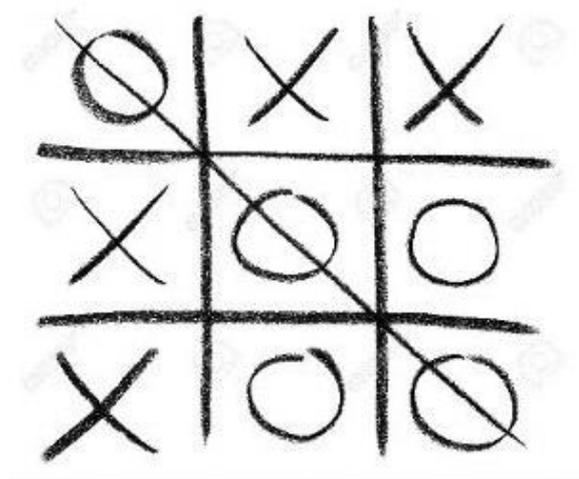


In dieser Übung wird erklärt, wie Tic Tac Toe oder Drei gewinnt mit Fusion 360 konstruiert wird.

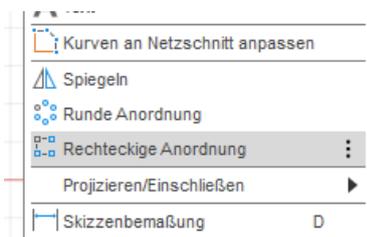
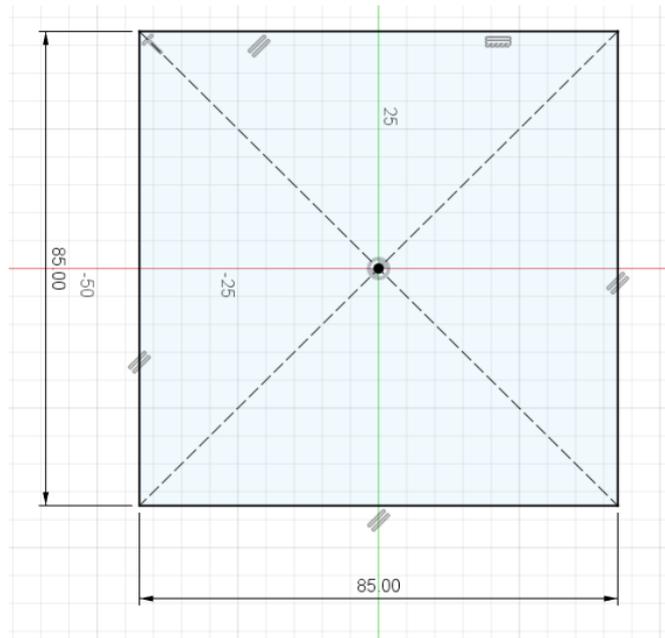
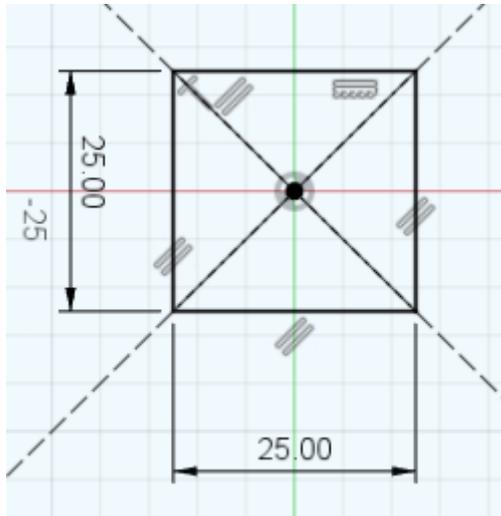
Über das Spiel selbst

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

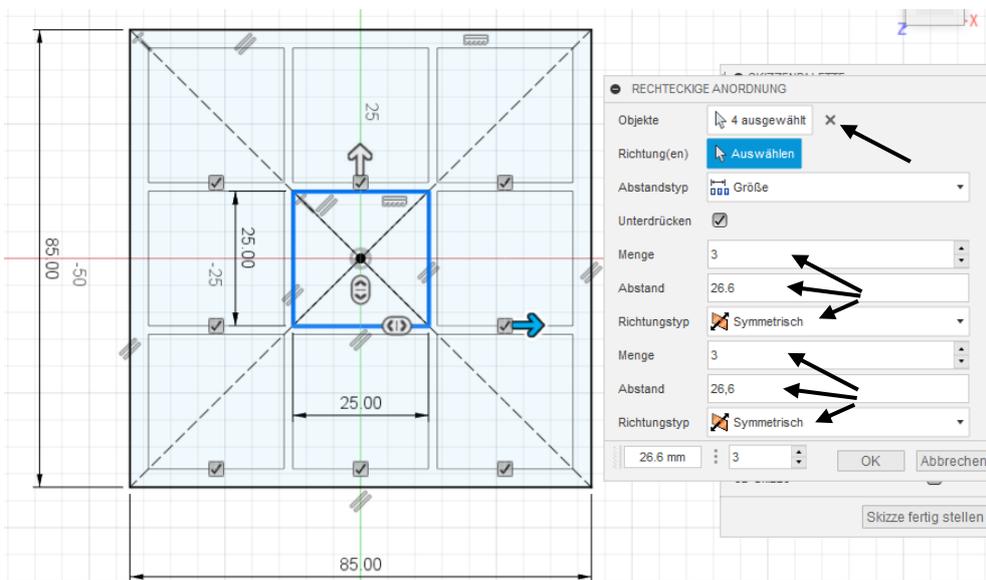
Auf einem quadratischen, 3×3 Felder großen Spielfeld setzen die beiden Spieler abwechselnd ihr Zeichen in ein freies Feld. Der Spieler, der als Erster drei Zeichen in eine Zeile, Spalte oder Diagonale setzen kann, gewinnt. Wenn allerdings beide Spieler optimal spielen, kann keiner gewinnen, und es kommt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

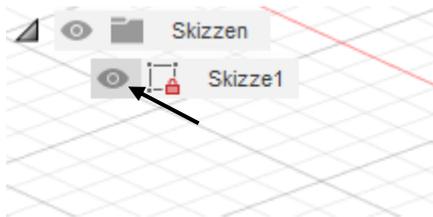
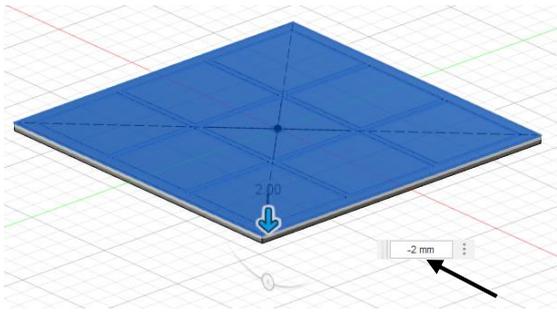


Zunächst wird eine Skizze erstellt, in der ein Quadrat mit 85mm x 85 mm aufgezo- gen



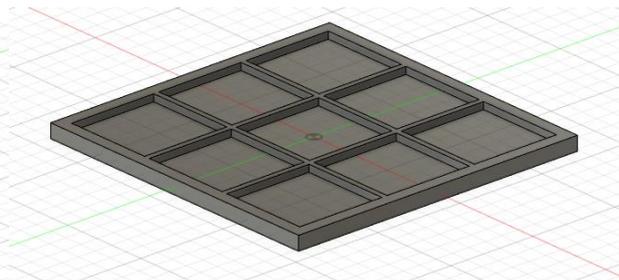
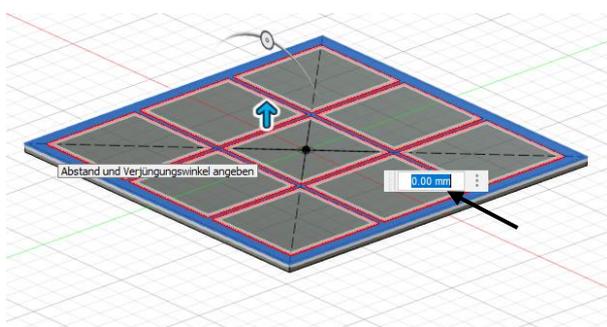
Danach ein zweites mit 25 mm x 25 mm. Die beiden Mitten sollten auf demselben Ursprungspunkt sitzen. Anschließend mit dem Werkzeug „Rechteckige Anordnung“ werden aus dem einen Quadrat mehrere einzelne in dem großen Quadrat. Die genaue Einstellung ist im Bild unterhalb ersichtlich.



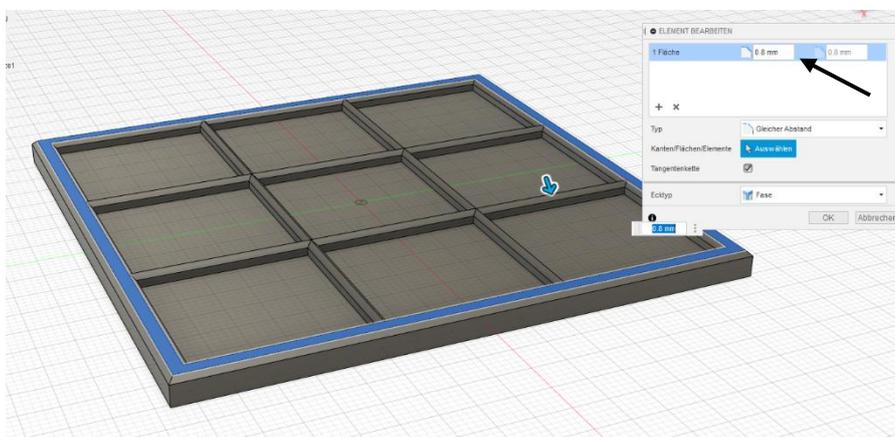


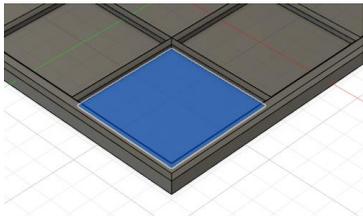
Nachdem die Anordnung in der Skizze fixiert wurde, werden nun die einzelnen Profile daraus extrudiert. Als erstes sollten alle Flächen markiert werden und diese mit 2mm Richtung -Z Achse erstellt werden. Die Skizze wird daraufhin automatisch ausgeblendet. Sie wird für den nächsten Schritt jedoch wieder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



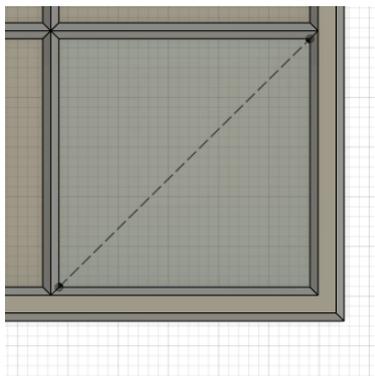
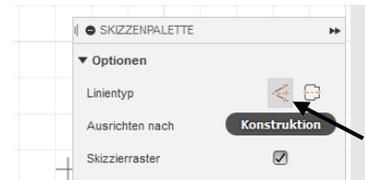
Zur optischen Aufbesserung können einzelne Ecken / Kanten noch abgerundet oder abgefast werden. Im Bild wurde die obere Fläche mit 0,8mm abgefast.



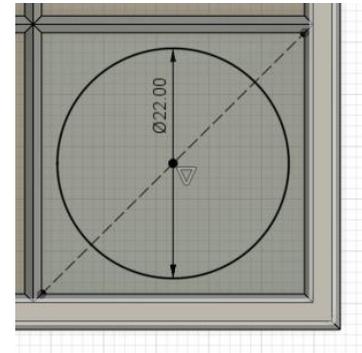
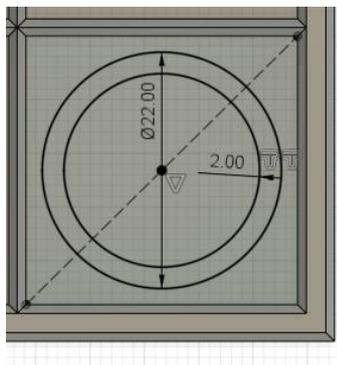
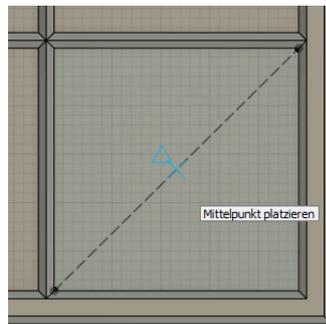


Da das Gehäuse fertig ist, werden die Spielsteine erstellt. Dafür wird in einer Vertiefung eine Skizze erstellt, in welcher nun der Kreis erstellt wird.

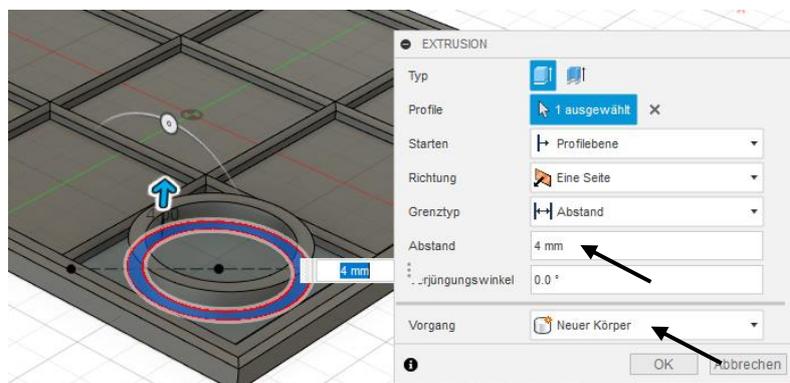
Nachdem die Skizze an gestartet wurde, wird eine Diagonale Konstruktionslinie erstellt. Der Vorteil dieser Linie besteht darin, dass sie nicht für die Extrusion ausgewählt werden kann.



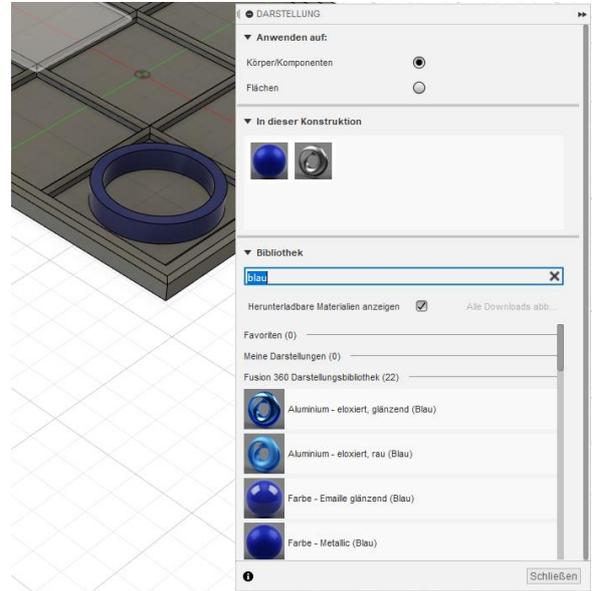
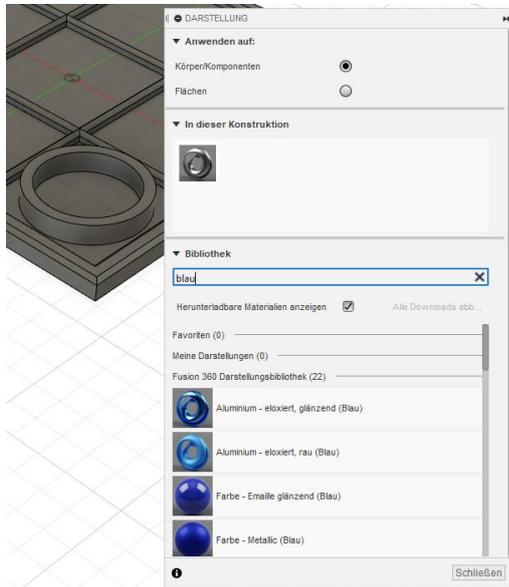
Genau am Mittelpunkt der Konstruktionslinie werden nun zwei Kreise in der Größe von 22mm und 18mm aufgezo- gen. Alternativ kann auch mit dem Werkzeug Versetzen gearbeitet werden. Hierfür den 22mm großen Kreis auswählen, Werkzeug „Versetzen“ starten und beim Wert 2mm eingeben.



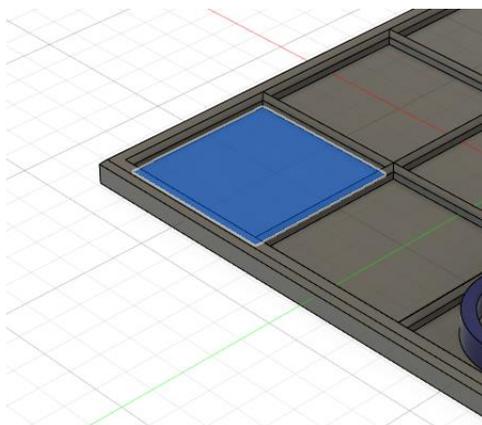
Zum Schluss wird die Fläche extrudiert. Wichtig hierbei ist es, dass in den Optionen bei Punkt Vorgang die Option „Neuer Körper“ ausgewählt wird.



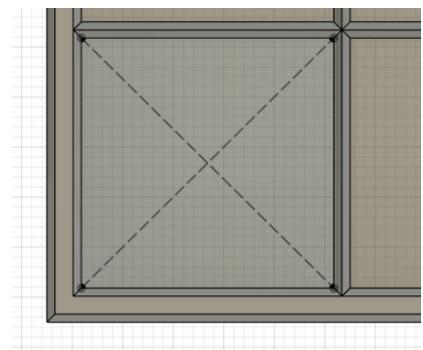
Für bessere Sichtbarkeit können einzelne Körper auch unabhängig voneinander eingefärbt werden. Dies kann über den Menüpunkt „ändern“ „Darstellung“ oder mit dem Shortcut „a“ aufgerufen werden.



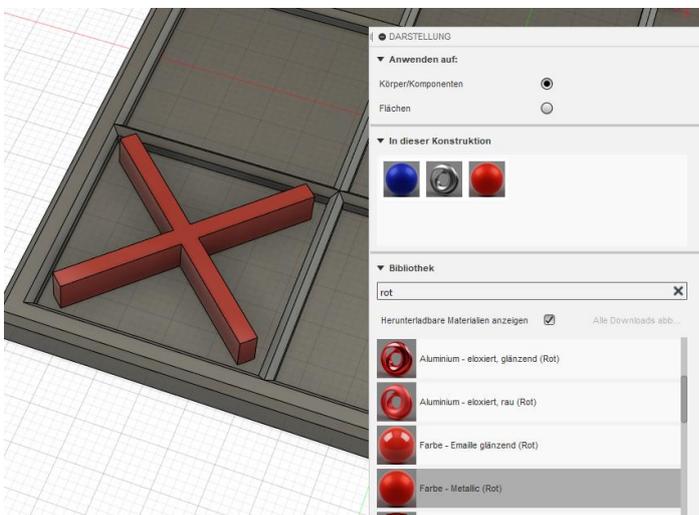
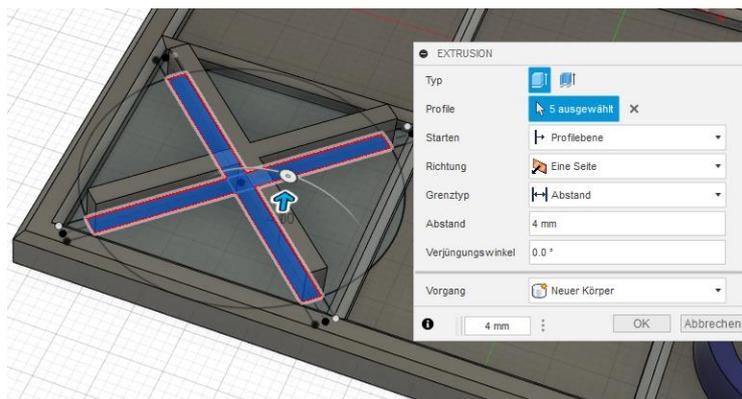
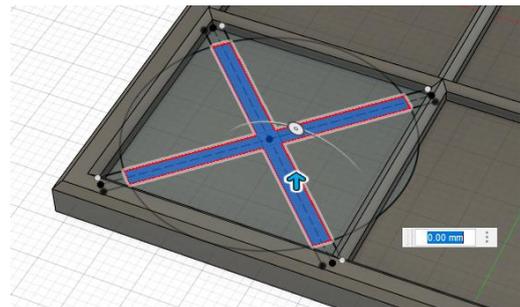
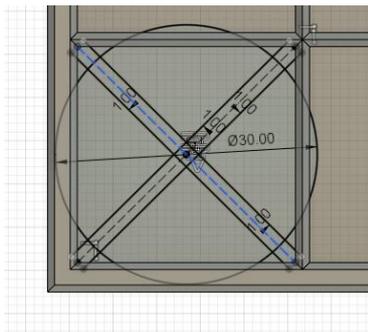
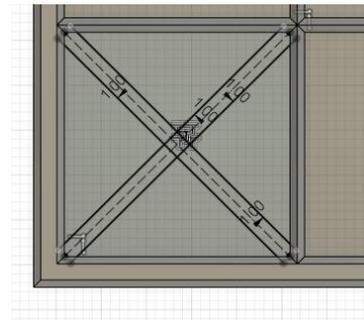
Die Farbe in den Vorlagen der Bibliothek suchen, und anschließend mittels Drag and Drop (klicken und ziehen) auf den Körper ziehen.



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.



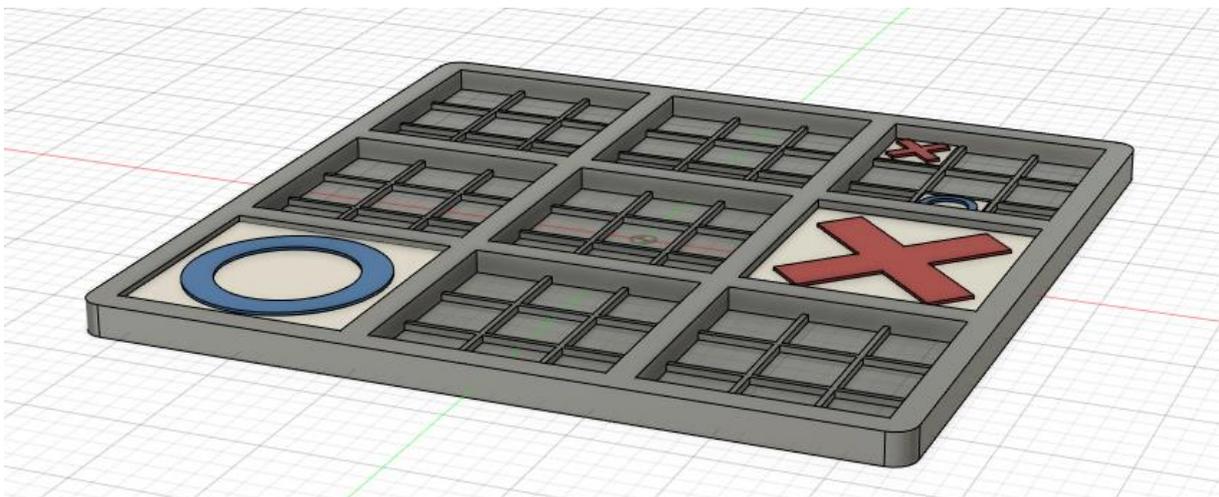
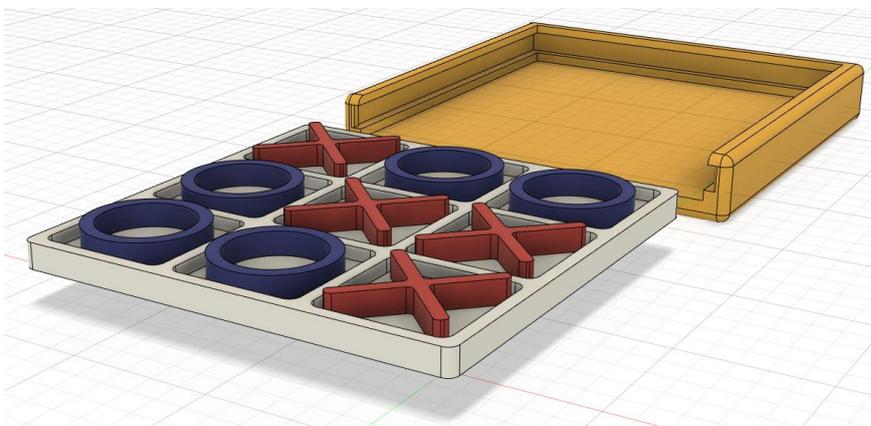
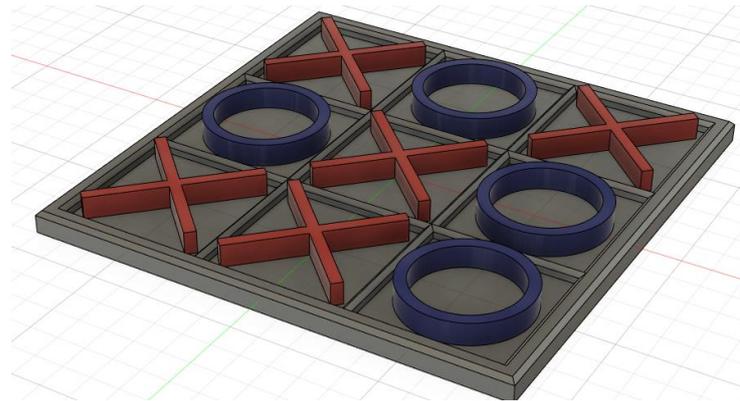
Hier wird nun, anders als beim anderen Spielstein, jede Linie des X-es um 1mm aus der Konstruktionslinie versetzt. Der Kreis dient zur Begrenzung des Körpers und sollte nicht zu nahe an die Ecken kommen. Hier in der Anleitung wurde als Wert 30mm angenommen, und nachdem die Fläche ausgewählt wurde in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

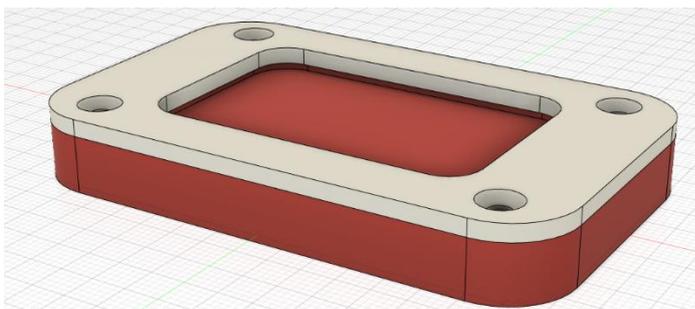
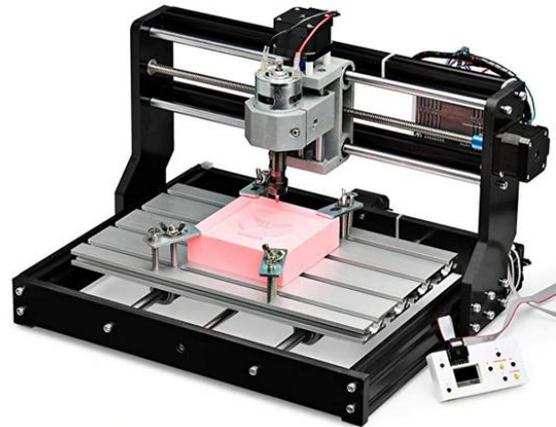
Anbei noch Vorschläge für zusätzliche Features wie zum Beispiel eine Abdeckung oder eine „Ultimate“ Version.



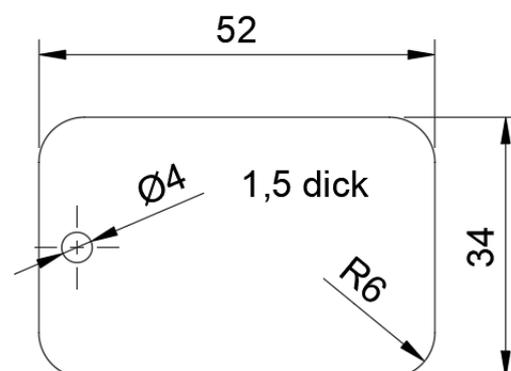
Die Spieler spielen abwechselnd auf den kleineren Tic-Tac-Toe-Brettern, bis einer von ihnen auf dem größeren Tic-Tac-Toe-Brett gewinnt. Im Vergleich zum traditionellen Tic-Tac-Toe ist die Strategie bei diesem Spiel konzeptionell schwieriger.

2.3 Plättchen Halter für CNC Fräse

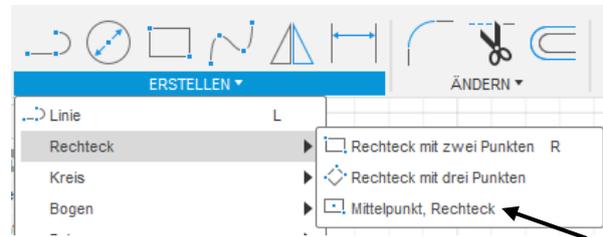
In dieser Übung wird erklärt wie die Halterung für die Einsteiger CNC Fräse mit Fusion360 erstellt wird.



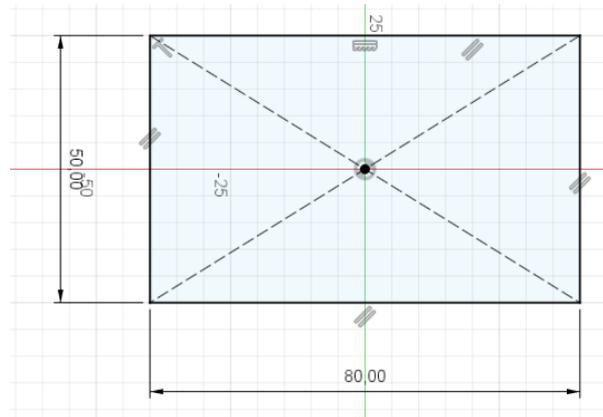
Als Vorlage dieser Anleitung dienen Schlüsselanhängerrohlinge aus Holz. ([Link](#))



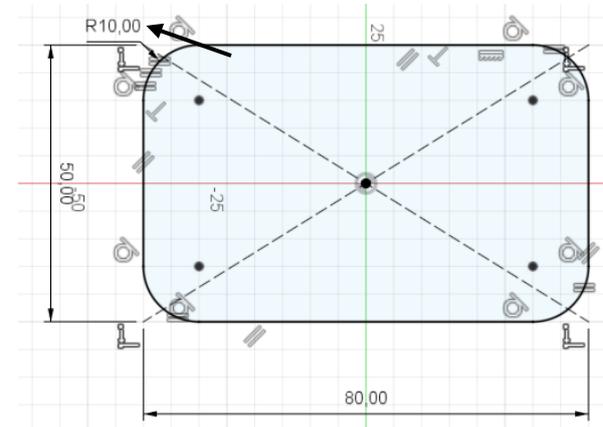
Als erstes wird ein Rechteck benötigt, welche in einer Skizze erstellt wird.



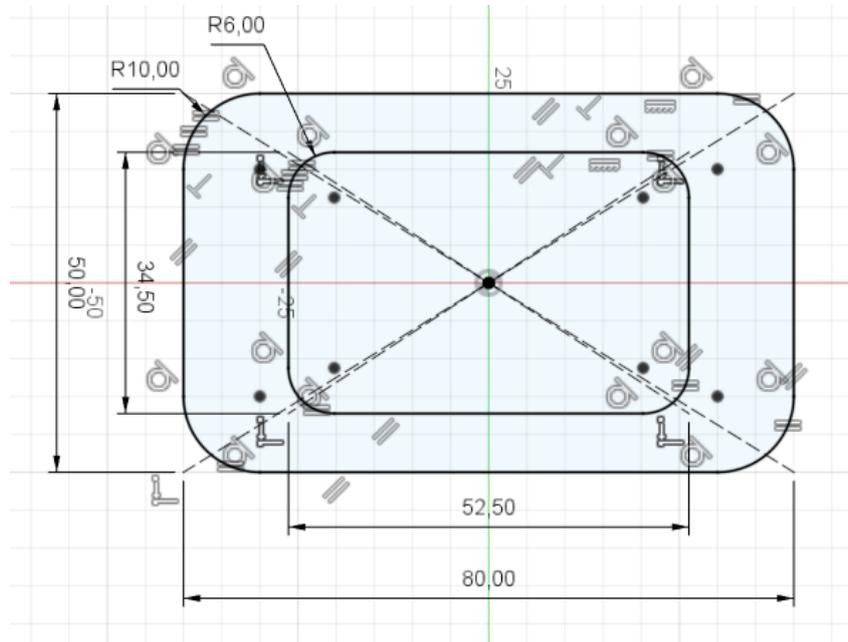
Über die Unterfunktion „Mittelpunkt, Rechteck“ wird das Rechteck auf 80mm x 50mm aufgezo-
gen.



Mit dem Werkzeug abrunden lassen sich die 4 Ecken des Rechteckes einfach abrunden.



Für die Ausnehmung des Schlüsselanhängers wird noch ein zweites Rechteck aus der Mitte in der Größe von 52,5mm x 34,5mm aufgezeichnet und mit einem Rundungsradius von 6mm an den Ecken abgerundet.



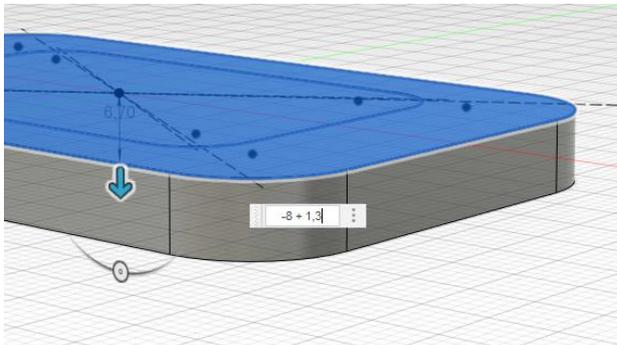
Tipp: Beim Abrunden zuerst alle 4 Rundungen mit der Voreinstellung erstellen. Danach mittels Doppelklick, auf den Wert klicken, und alle vier Rundungen auf einmal ändern.



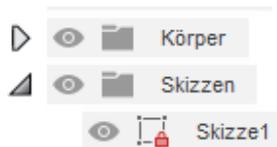
Danach die Skizze fertig stellen und das Werkzeug Extrusion an starten.



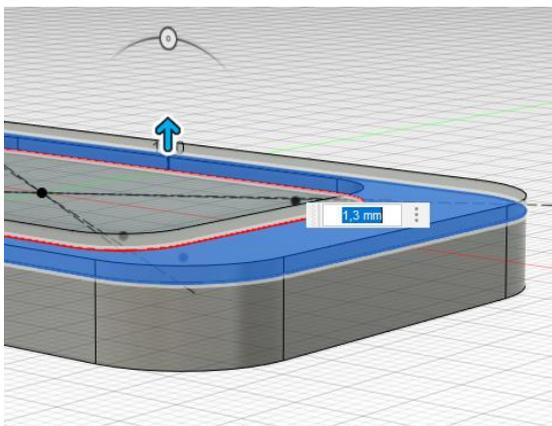
Die Extrusion des Bauteils erfolgt in zwei Schritten. Zuerst wird der Teil unterhalb der Ausnehmung extrudiert. Anschließend erfolgt die Extrusion des Steges, welche das Plättchen auf Position halten soll.



Da das gesamte Bauteil 8mm hoch, und die Tiefe für die Ausnehmung 1,3mm betragen soll, wird bei der Extrusion $-8+1,3$ eingegeben.



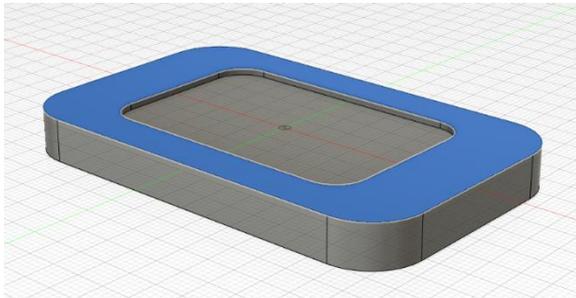
Nach der Extrusion wird die Skizze automatisch ausgeblendet. Da sie jedoch nochmals benötigt wird, sollte diese über den Browser wiedereingeblendet werden.



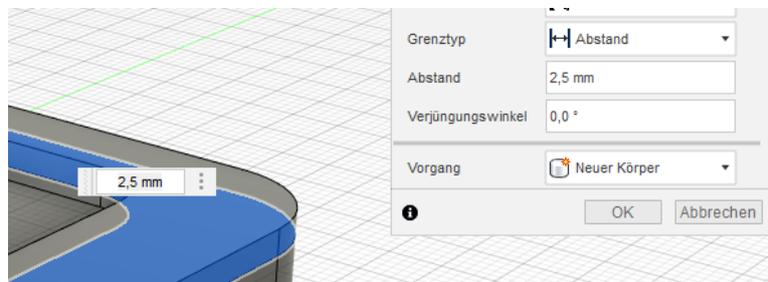
Jetzt kann der Steg mit einer Höhe von 1,3mm extrudiert werden.

Nach Abschluss der Extrusion sollte die Skizze wieder ausgeblendet werden.

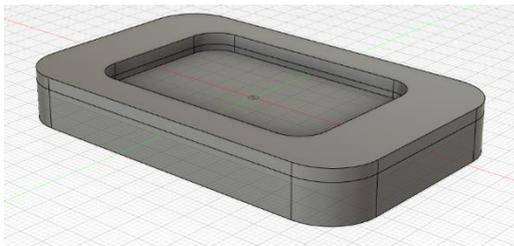
Die Unterkonstruktion ohne Bohrungen wäre somit fertig. Als nächstes wird das Oberteil, die Fixierung erstellt. Damit werden die Holzplättchen in das Unterteil gedrückt und fixiert. Je nach Herstellungsmethode sollten andere Werte genommen werden (CNC - 2mm oder 3D Druck - 2,5mm).



Nachdem die obere Fläche des Bauteils markiert wurde, wird der Oberteil mittels Extrusion erstellt.

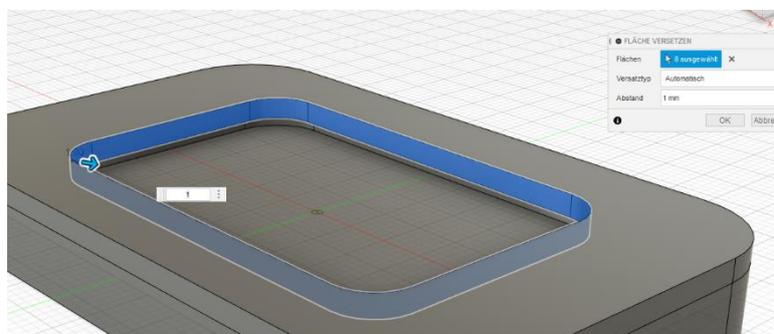


Wichtig hierbei ist, dass beim Menüpunkt *Vorgang* die Option *Neuer Körper* ausgewählt wurde.



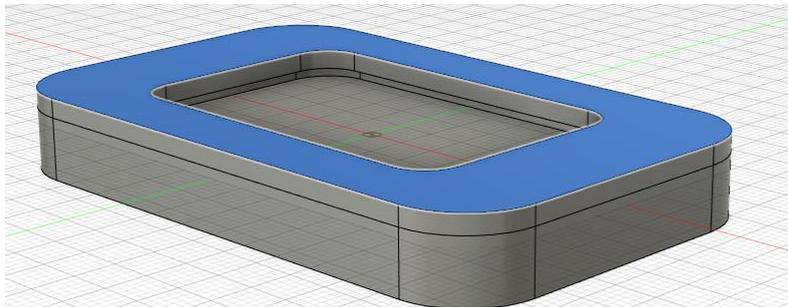
Da die Tasche beider Bauteile immer noch dieselbe Größe besitzen, wird dies im nächsten Schritt geändert.

Mit Werkzeug *drücken/ziehen* werden die Flächen des oberen Bauteiles 1mm in Richtung Bauteilmittle gezogen.

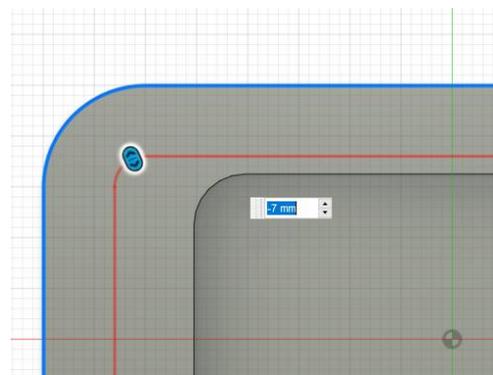
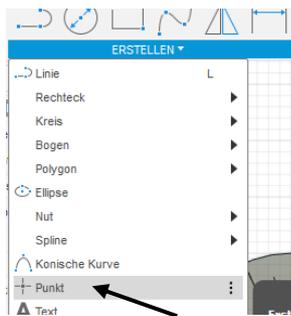


Da nun die Halterung soweit fertig ist, werden nun die Bohrungen für die Montage sowie die Fixierung erstellt.

Nachdem eine *Skizze* auf der Oberseite des Bauteils erstellt wurde, wird mit dem Werkzeug *versetzen* die Äußere Bauteilkante um 7mm nach innen gezogen.

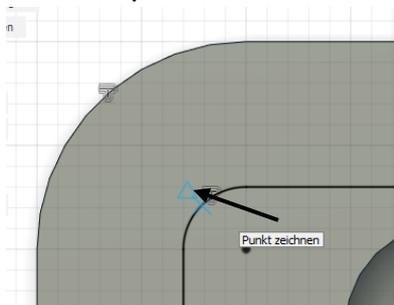


Danach werden die Skizzenpunkte für die Bohrungen erstellt.

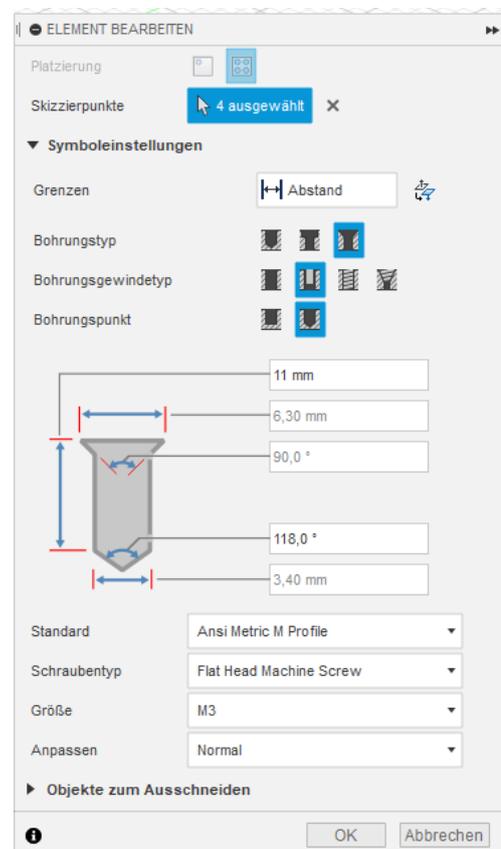


Die Skizzierpunkte sollen bei allen vier Rundungen, die entlang der versetzten Linie, genau auf dessen Mittelpunkt (Symbol Dreieck) liegen.

Nun können die Bohrungen an den vier Skizzierpunkten erstellt werden.

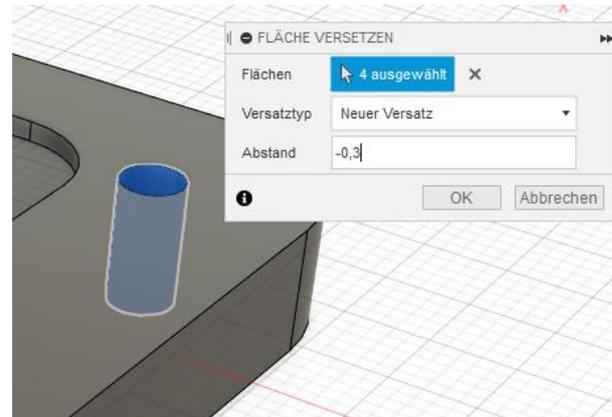
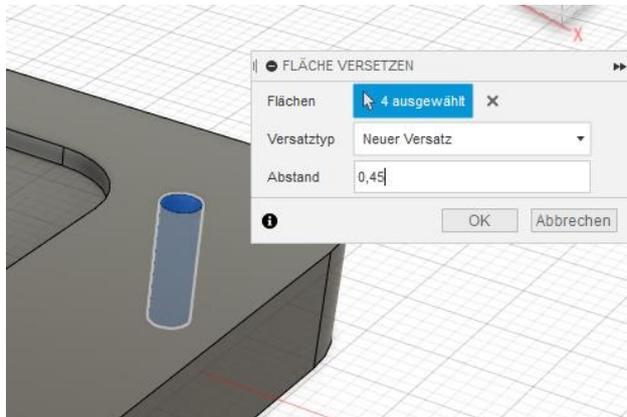


Die Bohrungen sollten mit folgenden Einstellungen, wie auf dem rechten Bild ersichtlich, konfiguriert werden.

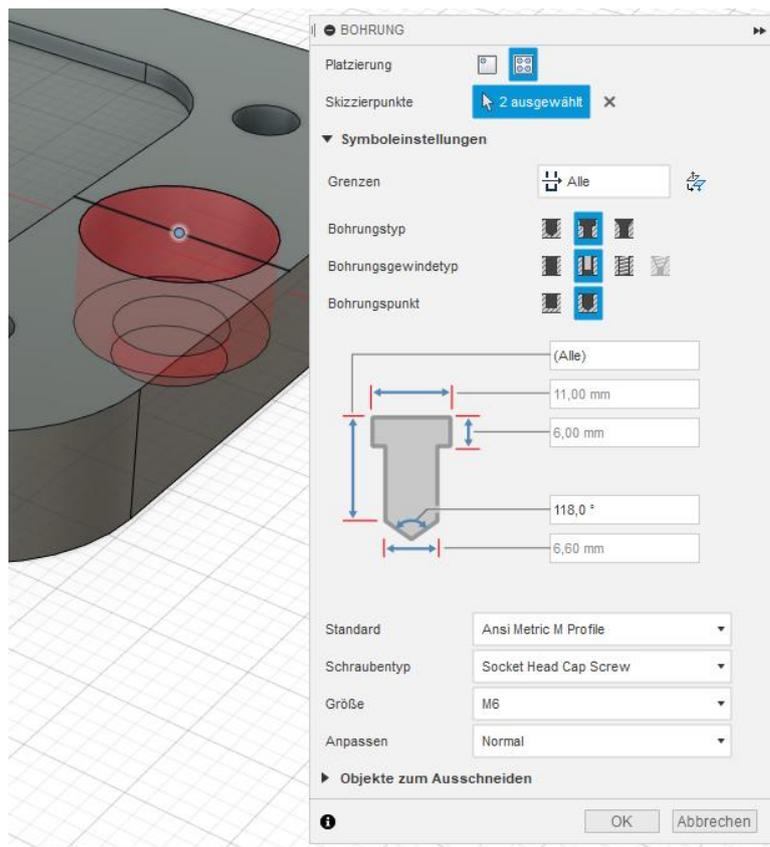


Das Oberteil wäre nun soweit fertig und sollte deshalb vorerst ausgeblendet werden. Je nach Fertigung werden die gerade eben erstellten Bohrungen in der Größe unterschiedlich verändert.

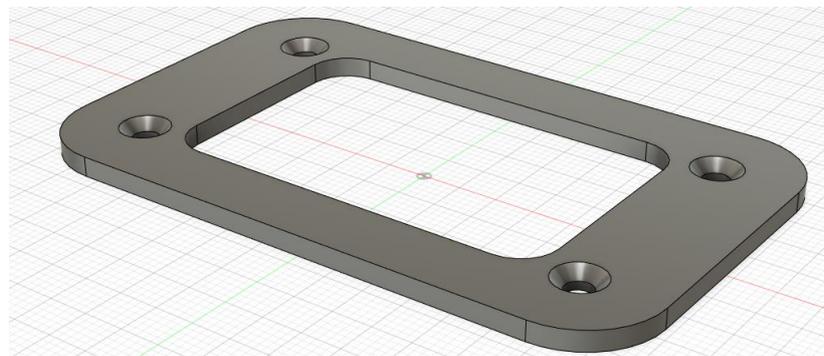
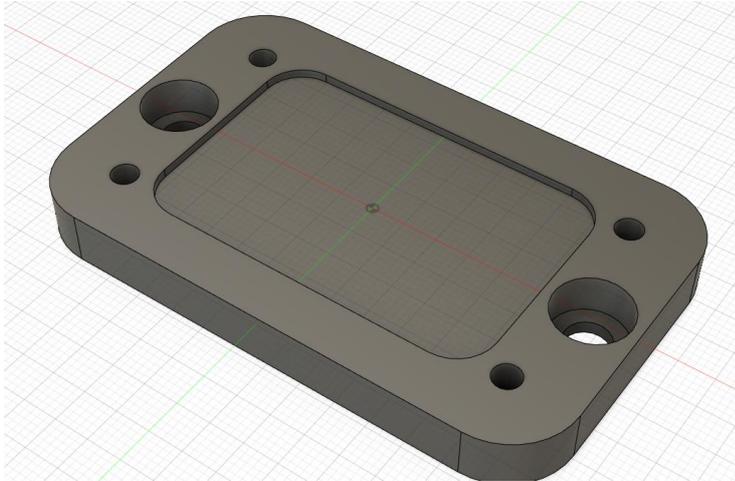
Links die Einstellung für CNC, rechts die für den 3D Druck.



Zum Abschluss werden noch die beiden Bohrungen für die T-Nuten Halterung erstellt. Die Skizzenpunkte werden diesmal entlang der horizontalen Mittelachse, mittig auf beiden Seiten erstellt.



Damit wären die Halterung und die Fixierung fertig für die Produktion.



3 Grundlagen CNC - Technik

CNC ist die Abkürzung für "Computerized Numerical Control". Auf Deutsch übersetzt bedeutet das "Computerisierte numerische Steuerung". Die Steuerungsbefehle werden an die Maschine mit einem Programm, dem CNC-Programm übergeben. Mit einer CNC-Maschine kann man auf diese Art und Weise verschiedene Werkstücke aus verschiedenen Materialien kostengünstig produzieren. Für die Bearbeitung benötigt man keinen Mitarbeiter mehr, denn die Werkzeugführung, Einstellung der Drehzahlen etc. übernimmt das CNC-Programm. Eine CNC-Maschine arbeitet konstant auf hohem Niveau und die Maßgenauigkeit ist höher als bei der Bearbeitung durch einen Menschen.

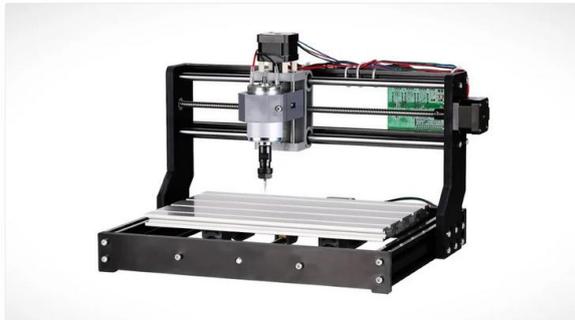
Der Mitarbeiter hat lediglich die Aufgabe, Material einzulegen und nach Beendigung der Arbeitsschritte das fertige Produkt abzunehmen. Selbst diese Arbeitsschritte lassen sich zum Teil automatisieren. Dadurch ergeben sich für die Firmen enorme Produktivitätssteigerungen.

Wurden früher CNC-Programme noch manuell geschrieben, werden sie heutzutage meistens über ein CAD-Programm erzeugt. Dabei zeichnet der Konstrukteur das Werkstück am Computer. Das benötigte CNC-Programm wird direkt aus dem CAD-Programm erzeugt. Somit entfällt die mühselige Programmierung für ein Werkstück.

Obwohl bei diesen Gegebenheiten theoretisch kein CNC-Programm geschrieben werden muss, sollte man trotzdem in der Lage sein, ein CNC-Programm zu schreiben und zu verstehen. Beispielsweise um Änderungen vorzunehmen, Maße zu korrigieren oder einfach nur das nötige Background zu besitzen, um Fehler im Programm zu finden.

3.1 DIY CNC Maschinen im Überblick

Hier ein kleiner Überblick kostengünstiger DIY Fräsen.

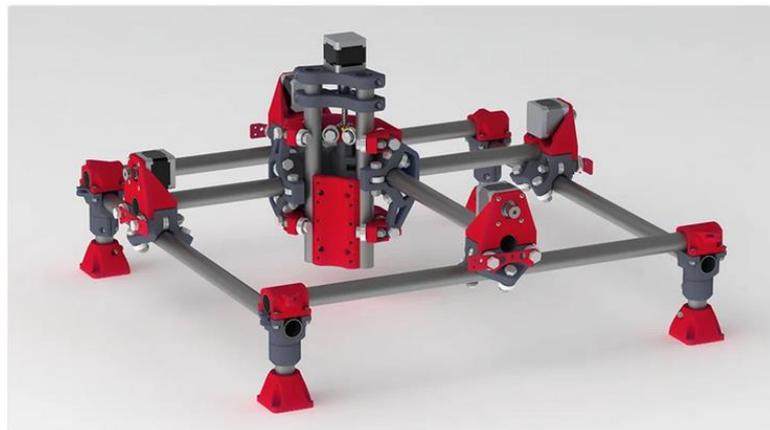


Genmitsu 3018 von Sain Smart

Einsteigergerät ab 180.-

Mostly Printed CNC (MPCNC)

Ab ca. 355.- falls bereits ein 3D Drucker für die Druckteile vorhanden ist.



Stepcraft D300

Komplettgeräte und
Bausätze ab 799.-

3.2 Die Vorteile der CNC-Technik

Beim Einsatz der CNC-Technologie kommen viele Vorteile zum Tragen. Sowohl bei der Einzelfertigung, insbesondere jedoch bei der Serienfertigung lohnt sich der Einsatz von CNC. Einige Vorteile, die Unternehmen bei der Fertigung von Werkstücken mit der CNC-Technik haben:

- Komplizierte Werkstücke herstellbar, die sonst nur zeitaufwendig oder gar nicht herzustellen wären. Die Entwicklung der NC-Technik wurde insbesondere deshalb in Auftrag gegeben, weil Werkstücke gefordert wurden, die manuell nicht herstellbar waren.
- Konstant genaue Maßeinhaltung bei der Herstellung. CNC-Maschinen arbeiten ihr Programm nach vorgegebenen Maßen ab. So werden Ausschussteile geringgehalten. Man ist nicht mehr auf die Konzentration des Maschinenbedieners angewiesen, um Maße und Toleranzen einzuhalten.
- Die Rüstzeiten verringern sich deutlich. Aufwendiges Wechseln von Werkzeug wird reduziert, zum Teil entfällt sie komplett. CNC-Maschinen bringen gleich ein ganzes Arsenal an Werkzeugen mit. So kann man verschiedene Werkstücke fertigen, ohne irgendein Werkzeug zu wechseln. Man wechselt lediglich das Programm.
- Schnellere Werkzeugführung als bei der manuellen Herstellung durch einen Maschinenbediener. Die Werkzeuge werden mit hohen Geschwindigkeiten auf eine exakte Position gebracht. So schnell könnte ein Mensch nicht kurbeln, um ein Werkzeugschlitten in der Geschwindigkeit zu bewegen.
- Entlastung des Maschinenbedieners, weil komplizierte Berechnungen nicht mehr nötig sind. Ist das Programm einmal geschrieben, kann es beliebig oft eingesetzt werden, ohne dass der Maschinenbediener jedes Mal die Maße berechnen muss. Auch Zwischenmessungen werden verringert was wieder Zeit spart.

- Mehrere Arbeitsschritte sind mit einer Aufspannung möglich. So entfällt das aufwendige Umspannen von Werkstücken.
- Ein CNC-Programm kann leicht abgeändert werden, um andere Varianten des Werkstücks zu fertigen. Das kann auch notwendig sein, wenn Änderungen an der Konstruktion gewünscht werden.
- Die Hauptzeit wird verringert, weil Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten exakt geregelt werden. Und das bei jedem Bearbeitungsschritt.
- Die Produktpalette kann durch den Einsatz einer CNC-Maschine erweitert werden. Insgesamt wird die Fertigung flexibler.

Trotz der vielen Vorteile muss der Einsatz von CNC-Technik wohl überlegt werden. Es gibt nämlich auch eine Reihe von Nachteilen, die sich mit der Anschaffung von CNC-Maschinen ergeben.

3.3 Die Nachteile der CNC-Technik

Auch wenn die Vorteile im Großen und Ganzen überwiegen sollten, so gibt es auch einige Nachteile beim Einsatz der CNC-Technologie. Zu den Nachteilen gehört unter anderem:

- CNC-Maschinen sind meistens deutlich teurer in der Anschaffung als herkömmliche Maschinen. Dadurch liegen die Maschinenstundensätze auf höherem Niveau. Das bedeutet, dass CNC-Maschinen im Idealfall wesentlich öfter im Einsatz sein müssen, damit sich die Fertigung rentiert. Das kann beispielsweise durch Schichtarbeit erreicht werden, was wiederum Belastungen für die Belegschaft bedeuten. Der Erfolgsdruck ist beim Einsatz einer CNC-Maschine ist jedenfalls sehr hoch.
- Eine CNC-Maschine ist ein ziemlich komplexes Gebilde. Die Wartung einer CNC-Maschine ist aufwendiger und erfordert meist hochqualifizierte Mitarbeiter.
- Bei einem Ausfall kann das Bedienpersonal die Störung in der Regel nicht selbst beseitigen. Oft müssen Spezialisten anrücken, dessen Einsatz hohe Kosten verursacht. Die Umsatzeinbußen sind deutlich höher, weil eine CNC-Maschine die Produktivität deutlich steigert und hohe Stückzahlen produziert. Bei einem Ausfall können Werkstücke, die in hoher Anzahl bereits eingeplant sind, nicht gefertigt werden.
- Man benötigt eine größere und teurere Infrastruktur, um CNC-Anlagen im Betrieb zu halten. Dazu gehören CAD-Arbeitsplätze und Schnittstellen zwischen den Programmen und Maschinen. Aufträge mit großen Volumen müssen stets vorhanden sein, damit sich der Einsatz rentiert. Dadurch ergeben sich weitere Notwendigkeiten wie ein größeres Lager, mehr Personal und Aufwand für die Logistik, wobei hier erwähnt werden muss, dass die Bevorratung von Material durch den Einsatz von CNC im Grunde gesenkt wird.
- Man benötigt meist hochqualifiziertes Personal, die wiederum eine mehrjährige Ausbildung und Praxis benötigen. Das Personal muss immer wieder geschult werden, um den technischen Fortschritt nicht zu verpassen und auf veränderte Bedingungen gerüstet zu sein.

3.4 CNC Programmierung mit G-Code

Der G-Code, auch DIN-Code genannt, ist eine Maschinsprache, mit deren Hilfe der Programmierer der CNC-Maschine sagt, was sie machen soll.

CNC steht für computerized numerical control und bedeutet, dass die Maschine durch einen Computer gesteuert wird.

Der G-Code heißt so, weil viele Befehle mit einem G, gefolgt von einer Zahl, beginnen (z.B. G56).

Tatsächlich jedoch existieren verschiedenste Befehle mit allen möglichen Buchstaben von A-Z des Alphabets. Die Summe der G-Code Befehle ergeben das Maschinenprogramm.

Da der G-Code weitestgehend standardisiert ist, ist dieser auf nahezu jeder CNC-Maschine ablauffähig.

Sobald das Maschinenprogramm in die Maschine eingespielt wird, läuft der Job im Idealfall nahezu vollautomatisch ab.

3.5 Wie ist das CNC Programm aufgebaut?

Das CNC-Programm setzt sich aus mehreren sogenannten Sätzen zusammen.

```
(Projekt Winkel Rechts)
(Erstellt mit Estlcam Version 11 Build 11,221)
(Laufzeit ca. 00:01:39 Stunden)

(Benötigte Werkzeuge:)
(1,9)

M03 S24000
G00 Z5.0000

(Nr. 1 Teil: Teil 1)
G00 X65.0000 Y-0.4000
G00 Z0.5000
G01 Z0.0000 F150 S24000
G01 Z-0.5000
G03 X65.4000 Y0.0000 I0.0000 J0.4000
G01 Y24.5239
G03 X65.0000 Y24.9239 I-0.4000 J0.0000
G01 X10.0000
G03 X9.7172 Y24.8067 I0.0000 J-0.4000
G01 X-0.2828 Y14.8067
G03 X-0.4000 Y14.5239 I0.2828 J-0.2828
G01 Y0.0000
G03 X0.0000 Y-0.4000 I0.4000 J0.0000
G01 X65.0000
G00 Z5.0000
G00 X0.0000 Y0.0000

M05
```

Ein Satz entspricht genau einer Zeile im Maschinenprogramm. Der Satz wiederum besteht aus einem oder mehreren Befehlen. Im englischen Sprachraum wird ein Satz auch als Block bezeichnet.

Der Befehl besteht üblicherweise aus dem Adressbuchstaben und einem oder mehreren Parametern.

Jeder Satz beginnt mit einer eindeutigen Zählernummer, welche in Zehnerschritten erhöht wird (N010, N020, ...).

Dadurch hat man vorgehaltenen Platz, um nachträglich noch bis zu 9 Befehlszeilen zwischen zwei vorhandenen G-Code Befehlen hinzuzufügen.

3.6 G-Befehle (Wegfunktionen)

- G00: Im Eilgang eine Position mit den Vorschub Achsen anfahren
- G01: In normaler Geschwindigkeit eine Position anfahren (lineare Interpolation)
- G02: Vorschub mit Kreisbogen, im Uhrzeigersinn (Kreis Interpolation)
- G03: Vorschub mit Kreisbogen, gegen den Uhrzeigersinn
- G04: Verweilzeit
- G05: Spline Definition
- G06: Spline Interpolation
- G09: Genau halt
- G17: X-Y Ebene wählen
- G18: Z-X Ebene wählen
- G19: Y-Z Ebene wählen
- G20: Frei definierbare Ebene wählen
- G28: HOME Position anfahren
- G33: Gewindeschneiden mit konstanter Steigung
- G34: Gewindeschneiden mit zunehmender Steigung
- G35: Gewindeschneiden mit abnehmender Steigung
- G40: Aufheben aller Werkzeugbahnkorrekturen
- G41: Werkzeugbahnkorrektur in Vorschubrichtung links
- G42: Werkzeugbahnkorrektur in Vorschubrichtung rechts
- G43: Werkzeugkorrektur positiv
- G44: Werkzeugkorrektur negativ
- G53: Löschen der Nullpunktverschiebung
- G54-G59: Nullpunktverschiebungen 1-6
- G80: Zyklen Löschen
- G81-G89: Bohrzyklen
- G90: Absolute Koordinatenangaben im aktuellen Koordinatensystem
- G91: Relative Koordinatenangaben im aktuellen Koordinatensystem
- G92: Bezugspunktverschiebung – Speicher setzen
- G94: Vorschub in mm/min
- G95: Vorschub in mm/U
- G96: Konstante Schnittgeschwindigkeit (Bitte G92 Spindeldrehzahlbegrenzung setzen)
- G97: Konstante Spindeldrehzahl in U/min

3.7 M-Befehle (Schaltfunktionen)

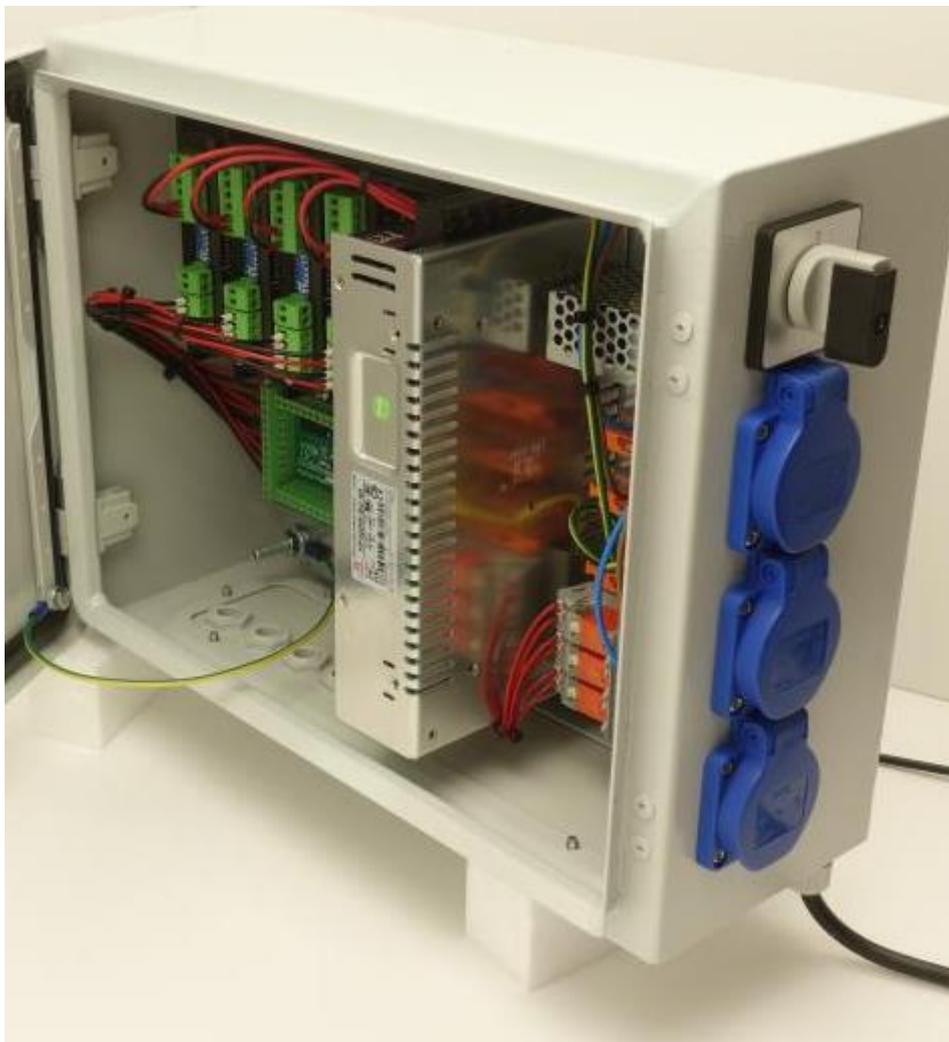
- M00: Programmhalt (Spindel, Kühlmittel, Vorschub aus)
- M01: Wahlweiser Halt
- M02: Programm Ende
- M03: Spindel Ein: Im Uhrzeigersinn (Rechtslauf)
- M04: Spindel Ein: Gegen den Uhrzeigersinn (Linkslauf)
- M05: Spindel Stopp
- M06: Werkzeugwechsel durchführen (Werkzeug muss vorher eingemessen worden sein)
- M07: Kühlmittel 2 Ein
- M08: Kühlmittel 1 Ein
- M09: Kühlmittel Aus
- M10: Klemmung Ein
- M11: Klemmung Aus
- M13: Spindel Ein, Rechtslauf und Kühlmittel Ein
- M14: Spindel Ein, Linkslauf und Kühlmittel Ein
- M19: Spindel Stopp bei bestimmter Winkellage
- M30: Programm-Ende, Zurück zum Programm-Anfang
- M31: Verriegelung aus
- M40 – M45: Getriebestufen Wahl
- M60: Werkstückwechsel
- M68: Werkstück spannen
- M69: Werkstück ausspannen

4 Post Processing mit Estlcam

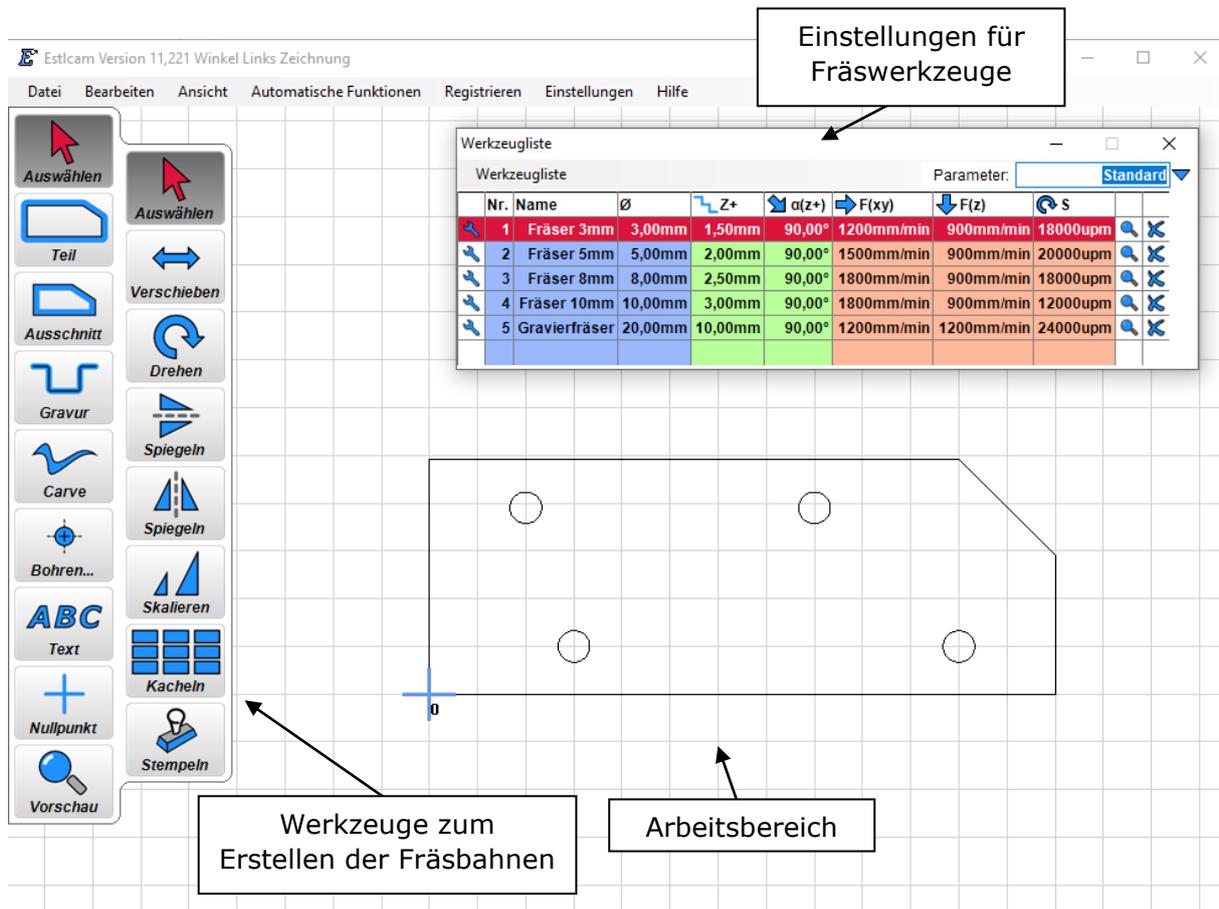
Damit eine CNC Maschine gesteuert werden kann, wird eine Software benötigt. Hierfür wird das Programm „Estlcam“ verwendet. Diese ist relativ einfach zu bedienen und bietet für den Schulungsbereich viele Vorteile.



Estlcam dient als Maschinensteuerung und kommuniziert mit der Fräsmaschine. Die Hauptplatine wiederum kommuniziert mit den Motoren, Endschaltern und Sensoren.



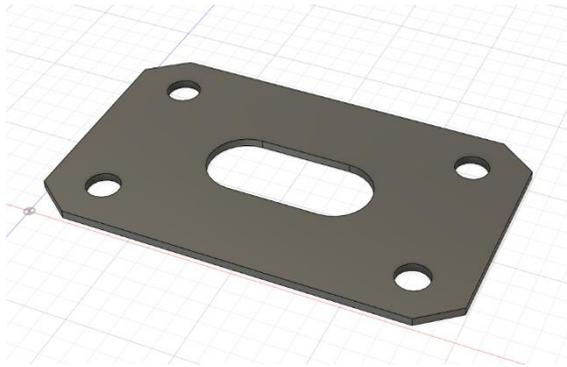
4.1 ESTLCAM – Die Oberfläche



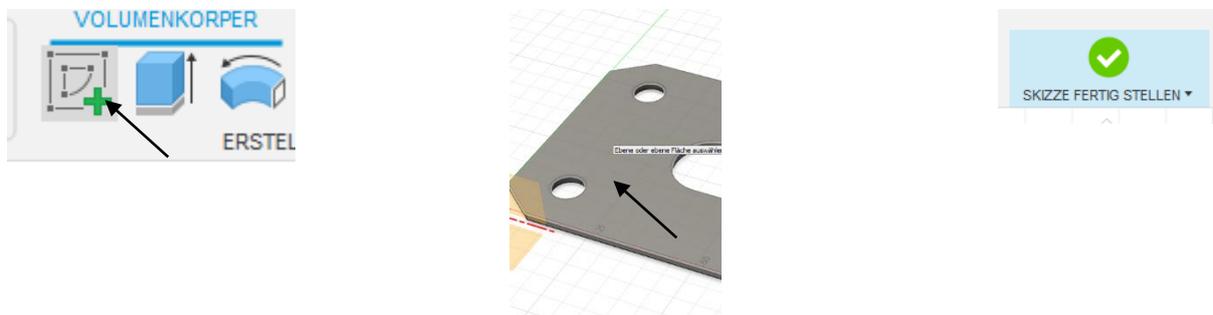
Die Software ist im Wesentlichen in den Arbeitsbereich (inklusive Werkzeugleiste für die Fräsbahnerstellung), die Werkzeugliste (Auflistung der Fräswerkzeuge) und der CNC Steuerung eingeteilt.

4.1.1 Export / Import

Am einfachsten erklärt ist dies mit einem praktischen Beispiel. Hierfür wurde ein Objekt in Fusion360 erstellt, und danach fürs Fräsen in Estlcam importiert.

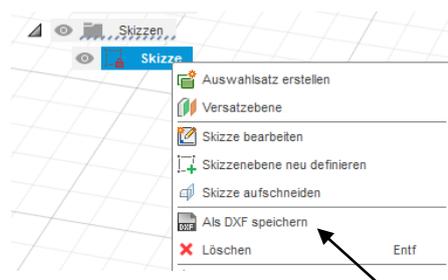


Zunächst muss eine Skizze über das Objekt gelegt werden. Es gibt zwar auch andere Wege dies zu bewerkstelligen, jedoch ist dies die Version wo am wenigsten Exportfehler auftreten können.

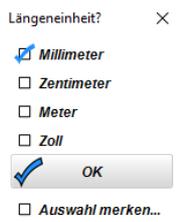


Wichtig hierbei ist, dass nachdem auf das Werkzeug „Skizze erstellen“ geklickt wurde, auf die Oberseite des Körpers geklickt wird. Dies führt dazu, dass in der Skizze automatisch die Konturen übernommen werden. Danach die Skizze über den Punkt „Skizze fertig stellen“ schließen.

Zum Schluss mittels Rechtsklick auf die Skizze im Browser das Kontextmenü aufrufen, und diese als DXF speichern.

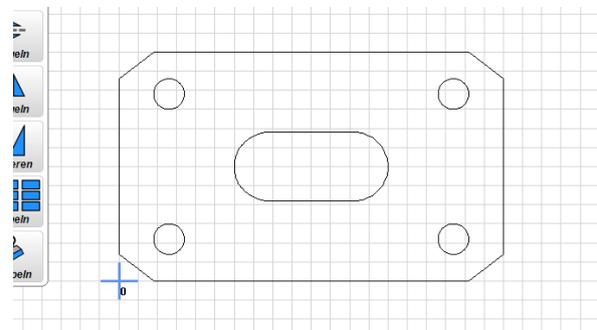


Bei Estlcam über das Menü „Datei“ den Punkt öffnen wählen und die vorhin exportierte DXF Datei auswählen.



Danach erfolgt die Auswahl der Längeneinheiten.

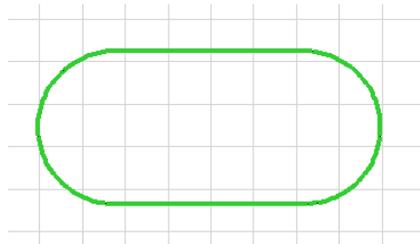
Mit bestätigen des „OK“ Buttons wird die Skizze nun ins Programm importiert und ist somit fertig zu weiteren Bearbeitung.



4.1.2 Erzeugen der ersten Fräsbahn

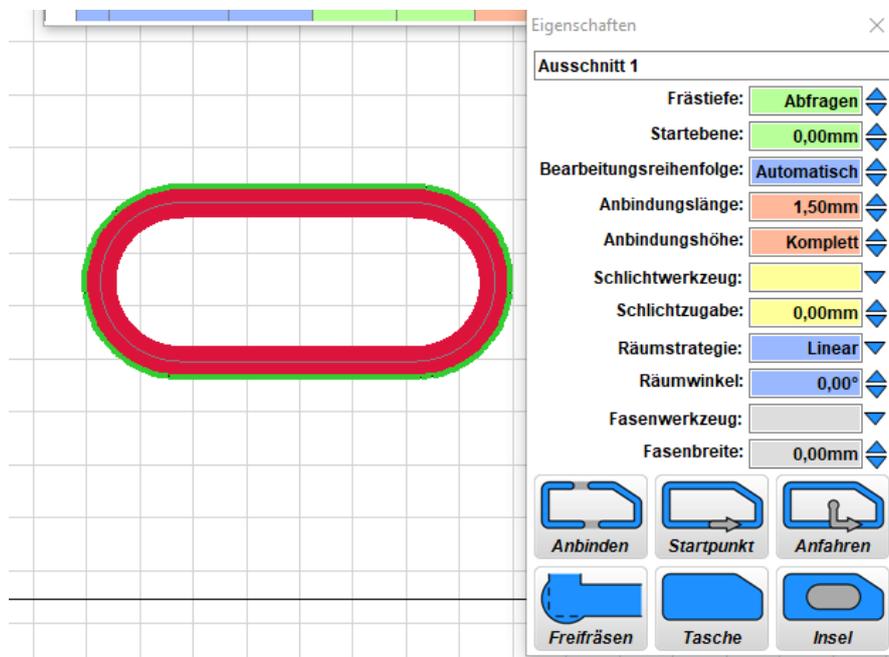
Als Beispiel dient das Langloch in dem Werkstück und soll eine so groß wie die Kontur in der Skizze sein. Das heißt unsere Kontur abzüglich unserer halben Fräserbreite muss nun erstellt werden.

Dies geschieht mit der Funktion „Ausschnitt“ (bei Vorauswahl des 3mm Fräasers. Erklärung der Fräserliste später).



Nachdem das Werkzeug ausgewählt wurde, muss nur noch die passende Kontur im Arbeitsbereich angeklickt werden.

Anschließend sieht man innerhalb der Kontur die Fräsbahn. Zusätzlich wird ein Eigenschaftsfenster der Bahn geöffnet, wodurch mehrere Möglichkeiten zum Einstellen der Fräsbahn möglich sind.



Somit ist die erste Fräsbahn (im vereinfachten Sinne) erstellt.

4.1.3 Das Bearbeitungsmenü

Auf der linken Seite des Werkzeugkastens sind die Hauptwerkzeuge ersichtlich. Je nachdem welches Werkzeug ausgewählt wird, ändert sie die rechte Seite des Werkzeugkastens, und gibt weitere Optionen frei.



Hauptauswahlmenü:

Auswählen	Blendet Funktionen zum Auswählen und bearbeiten von Objekten und Zeichnungen ein.
Teil	Erzeugt Fräsbahnen entlang der Außenseite geschlossener Konturen
Ausschnitt	Erzeugt Fräsbahnen entlang der Innenseite geschlossener Konturen
Gravur	Erzeugt Fräsbahnen entlang offener oder geschlossener Konturen Die Ausrichtung ist links, rechts und mittig auswählbar
Carve	Erzeugt Fräsbahnen mit variabler Linienbreite zwischen Konturen
Bohren...	Weitere Funktionen für Bohrungen, Kreistaschen und Gewinde
Text	Startet den Editor für Textgravuren
Nullpunkt	Legt den Nullpunkt (X=0 / Y=0) des CNC Programmes fest
Vorschau	Zeigt eine Vorschau und Zeitabschätzung des CNC Programmes an.

Unterauswahlmenü „Auswählen“:



Auswählen	Auswahl einzelner oder mehrerer Fräsbahnen („Umschalt Taste“)
Verschieben	Verschieben von Fräsbahnen (FB) oder Zeichnungselementen (FBX)
Drehen	Drehen von Fräsbahnen (FB) oder Zeichnungselementen (FBX)
Spiegeln Horizontal	Horizontales Spiegeln von Fräsbahnen (FB) oder Zeichnungselementen (FBX)
Spiegeln Vertikal	Vertikales Spiegeln von Fräsbahnen (FB) oder Zeichnungselementen (FBX)
Skalieren	Vergrößern / Verkleinern von Fräsbahnen (FB) oder Zeichnungselementen (FBX)
Kacheln	Erzeugt Horizontal und Vertikal Kopien der Ausgewählten Fräsbahnen
Stempeln	Nach Auswahl der Fräsbahn/en können überall Kopien (Stempel) davon erstellt werden

4.1.4 Die Werkzeugliste

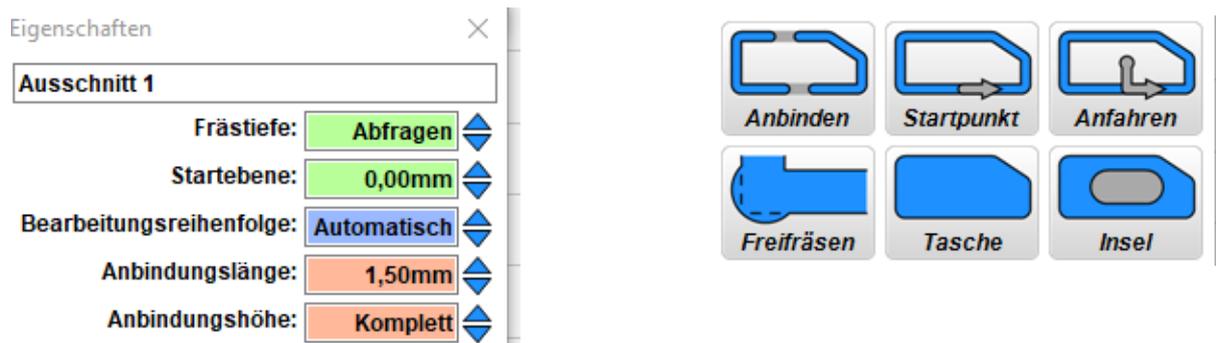
Werkzeugliste									Parameter: Standard	
Nr.	Name	Ø	Z+	α(z+)	F(xy)	F(z)	S			
1	Fräser 3mm	3,00mm	1,50mm	90,00°	1200mm/min	900mm/min	18000upm			
2	Fräser 5mm	5,00mm	2,00mm	90,00°	1500mm/min	900mm/min	20000upm			
3	Fräser 8mm	8,00mm	2,50mm	90,00°	1800mm/min	900mm/min	18000upm			
4	Fräser 10mm	10,00mm	3,00mm	90,00°	1800mm/min	900mm/min	12000upm			
5	Gravierfräser	20,00mm	10,00mm	90,00°	1200mm/min	1200mm/min	24000upm			

Werkzeug bearbeiten...

Werkzeug Basisdaten: Name: <input type="text" value="Fräser 3mm"/> Parameter: <input type="text" value="Standard"/> Werkzeugnummer: <input type="text" value="1"/> Durchmesser: <input type="text" value="3,00mm"/> Kantenradius: <input type="text" value="0,00mm"/> Schneidenwinkel: <input type="text" value="180,00°"/> Mittenversatz: <input type="text" value="0,00mm"/> Spitzenversatz: <input type="text" value="0,00mm"/> Anzahl Schneiden: <input type="text" value="1"/>	Standard Parameter: Tiefenzustellung: <input type="text" value="1,50mm"/> Eintauchwinkel: <input type="text" value="90,00°"/> Vorschubgeschw.: <input type="text" value="1200mm/min"/> Eintauchgeschw.: <input type="text" value="900mm/min"/> Drehzahl: <input type="text" value="18000upm"/> Räumzustellung: <input type="text" value="75,0%"/> Schnittgeschw.: <input type="text" value="170m/min"/> Spandicke: <input type="text" value="2,2222%"/>	Schlicht Parameter: Tiefenzustellung: <input type="text"/> Vorschubgeschw.: <input type="text"/> Eintauchgeschw.: <input type="text"/> Drehzahl: <input type="text"/> Schnittgeschw.: <input type="text" value="170m/min"/> Spandicke: <input type="text" value="2,2222%"/>	Bohr Parameter: Tiefenzustellung: <input type="text"/> Eintauchgeschw.: <input type="text"/> Drehzahl: <input type="text"/> Schnittgeschw.: <input type="text" value="170m/min"/> Spandicke: <input type="text" value="1,6667%"/>
Wirbelfräsen: Wirbelzustellung: <input type="text" value="0,0%"/> Wirbelbreite: <input type="text" value="50,0%"/> Wirbeloszillation: <input type="text" value="0,00mm"/>	Kommentar: <div style="border: 1px solid gray; height: 100px;"></div>		Bild: <div style="border: 1px solid gray; height: 100px;"></div>

4.1.5 Eigenschaften der Fräsbahn verändern

Je nach Art der Fräsbahn sehen die Eigenschaftenfenster anders aus.
Hier ein kleiner Überblick über die wichtigsten Funktionen.



Ausschnitt 1

Individuelle Benennung einzelner Ausschnitte

Frästiefe
Startebene

Die Gesamttiefe ergibt sich aus der Frästiefe und der Startebene

Bearbeitungs-
Reihenfolge

Einstellen der Reihenfolge der einzelnen Arbeitsschritte

Anbindung -
Höhe
Länge
Auswahl

Länge und Höhe der Brücken die das Werkstück mit dem Material verbinden.
Mit Auswahl können diese gesetzt werden.

Freifräsen

Für Anpassungen von Innenecken (Fräskopfdurchmesser!) können diese freigefräst werden

Tasche

Entfernt sämtliches Material innerhalb des Objektes

Insel

Ähnlich wie Tasche wobei beim Ausschnitt auch noch ein Teilbereich frei bleiben kann

Startpunkt / Anfahren

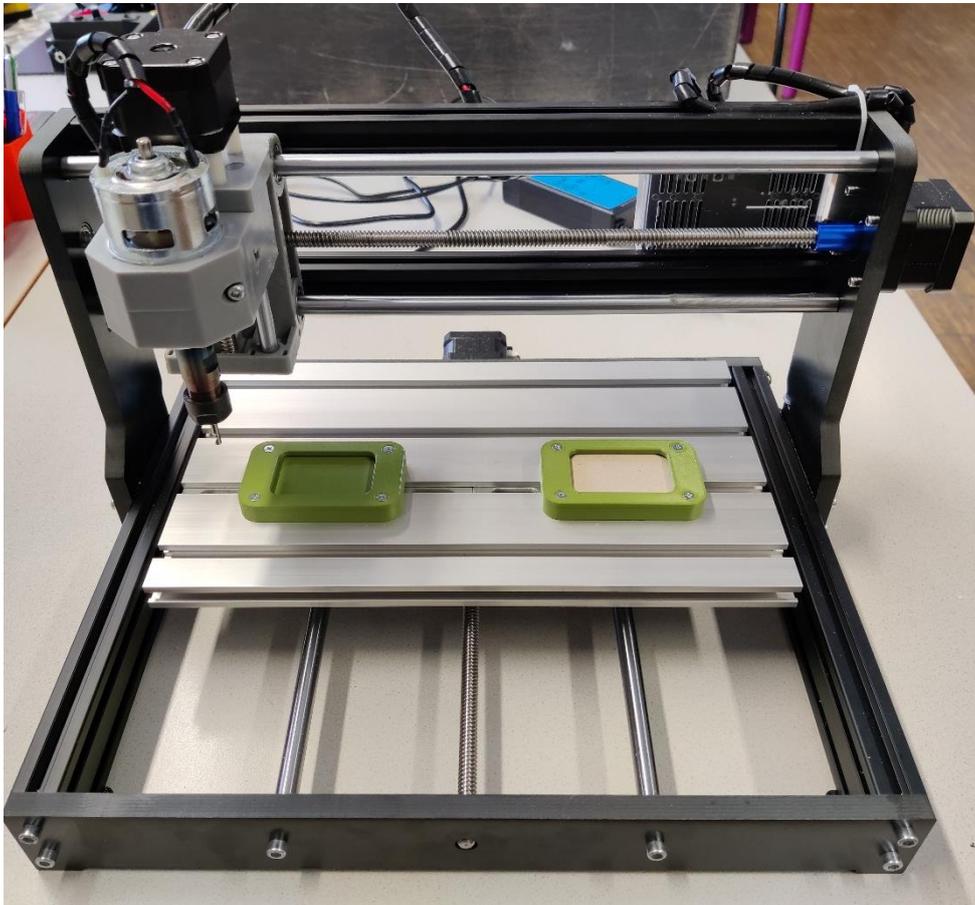
Hierbei kann der Eintauchpunkt festgelegt werden

5 Fertigung von Bauteilen

5.1 Gravieren eines Textes in einen Schlüsselanhänger



Um die Gravur in den Schlüsselanhänger zu fräsen wird eine CNC Fräse, wie zum Beispiel die Einsteiger CNC Fräse von SainSmart3018 benötigt.



Zudem ein USB Kabel und ein Netzteil, welche beide bei Fräse inkludiert sind.



Außerdem wir ein PC / Notebook mit min. Windows 10 oder höher, und der Software EstlCAM benötigt.

Benötigtes Zubehör / Werkzeug:



Whiteboard Marker in div. Farben



Gabelschlüssel zum Tauschen des Fräsers bzw. Gravierstichels



Zwei Spitzzangen für das komplettieren des Anhängers

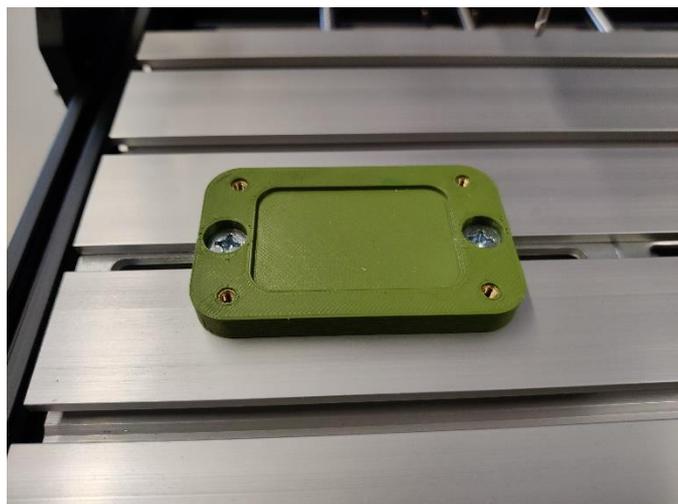
Dies sind die Einzelteile des Schlüsselanhängers in Rohform.

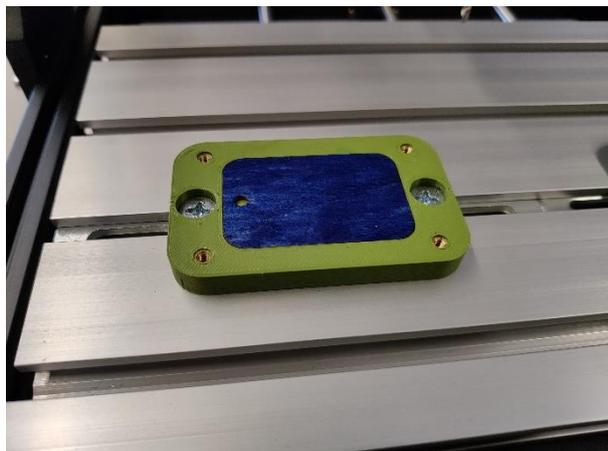


Als erstes wird das Plättchen in einer Farbe nach Wahl angestrichen.

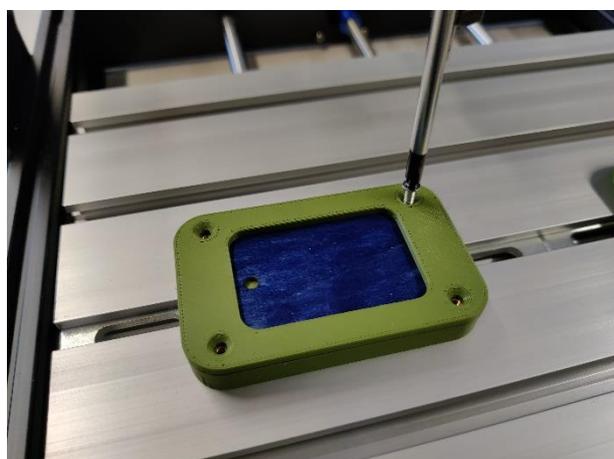
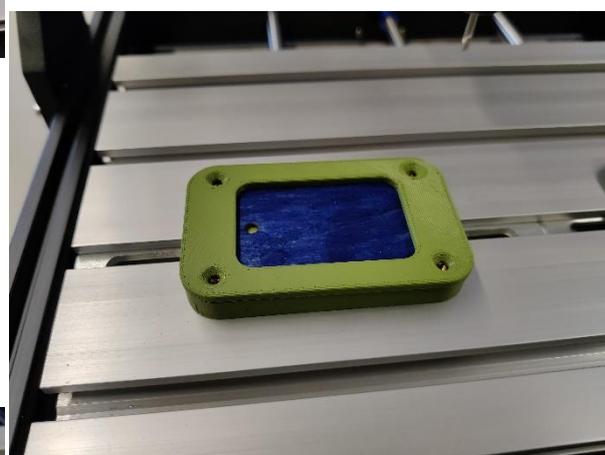


Anschließend entfernen der
Fixierung von der Halterung.

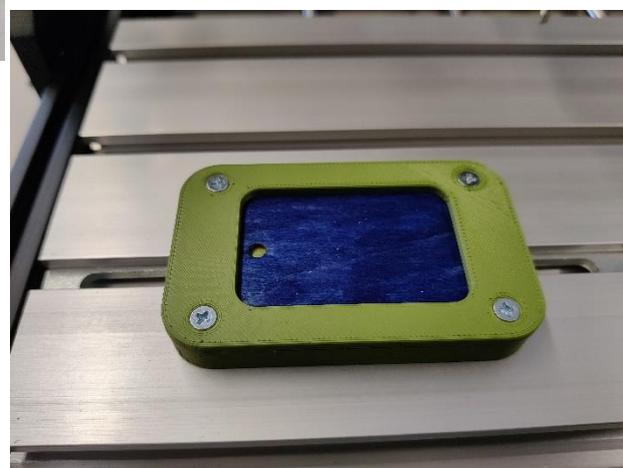




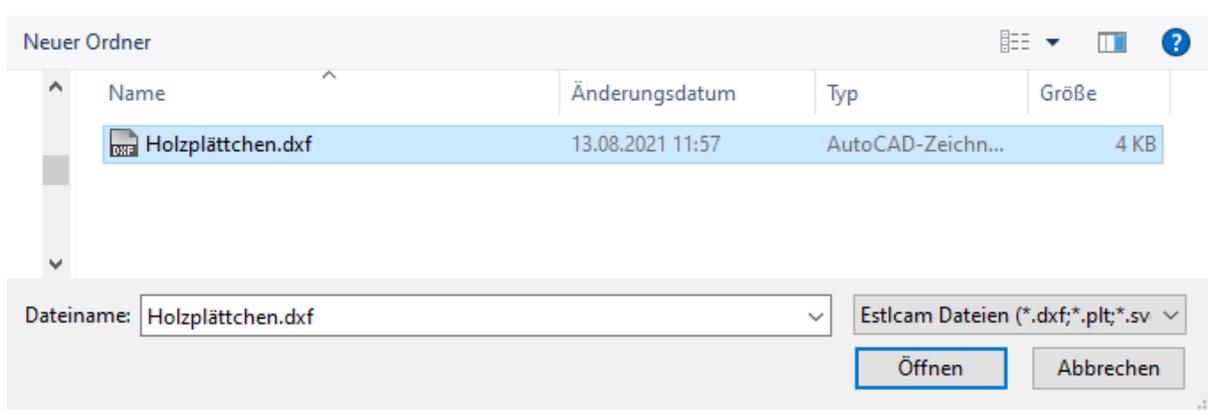
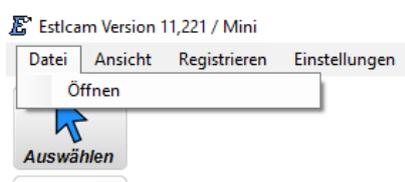
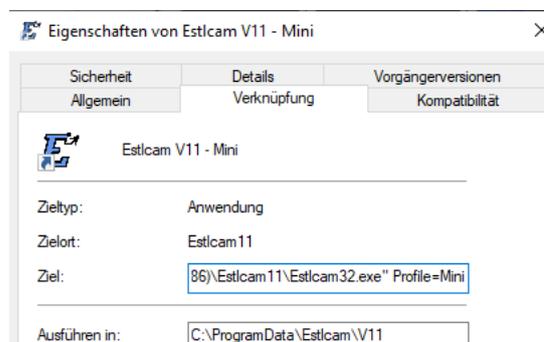
Einlegen des Plättchens.

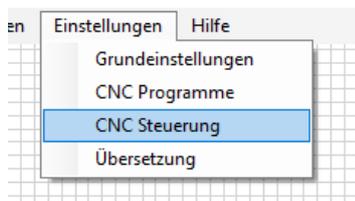
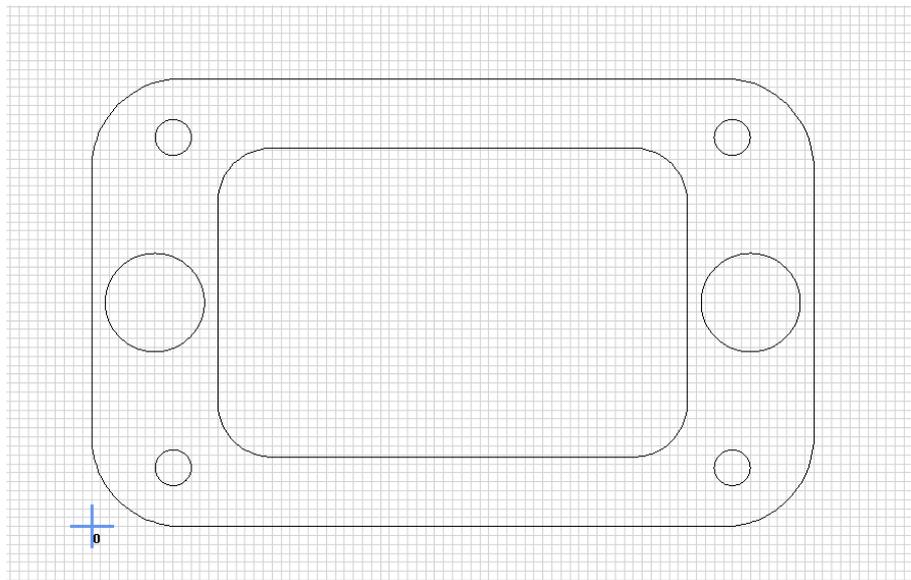
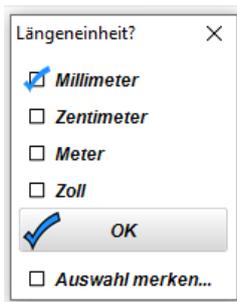


Fixierung des Holzplättchens.

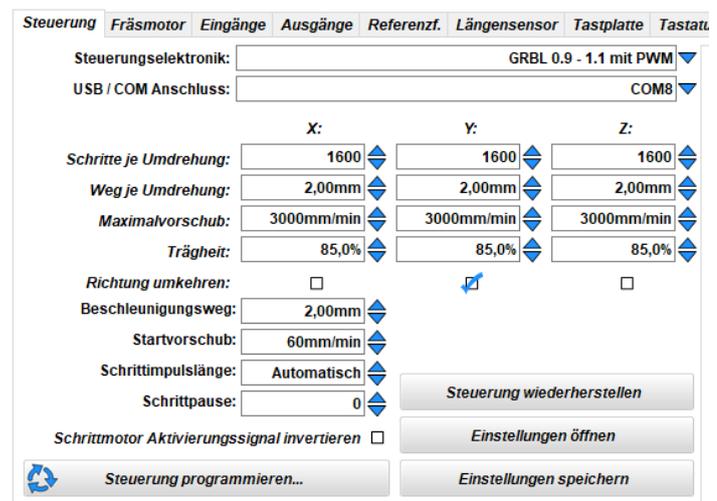


Starten des Programmes



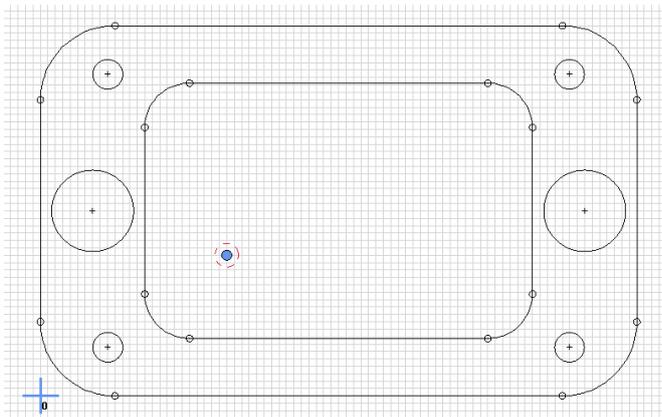


CNC Steuerungseinstellungen



Einstellungen für die CNC Fräse.

Werkzeugliste		Parameter: Standard						
Nr.	Name	Ø	Z+	α(z+)	F(xy)	F(z)	S	
1	Fräser 3mm	1,20mm	1,00mm	90,00°	200mm/min	600mm/min	24000upm	
2	Fräser 5mm	5,00mm	2,00mm	90,00°	1500mm/min	900mm/min	20000upm	
3	Fräser 8mm	8,00mm	2,50mm	90,00°	1800mm/min	900mm/min	18000upm	
4	Fräser 10mm	10,00mm	3,00mm	90,00°	1800mm/min	900mm/min	12000upm	
5	Gravierfräser	20,00mm	10,00mm	90,00°	1200mm/min	1200mm/min	24000upm	
6	Gravurstichel	3,20mm	5,00mm	90,00°	200mm/min	200mm/min	24000upm	



Text fräsen

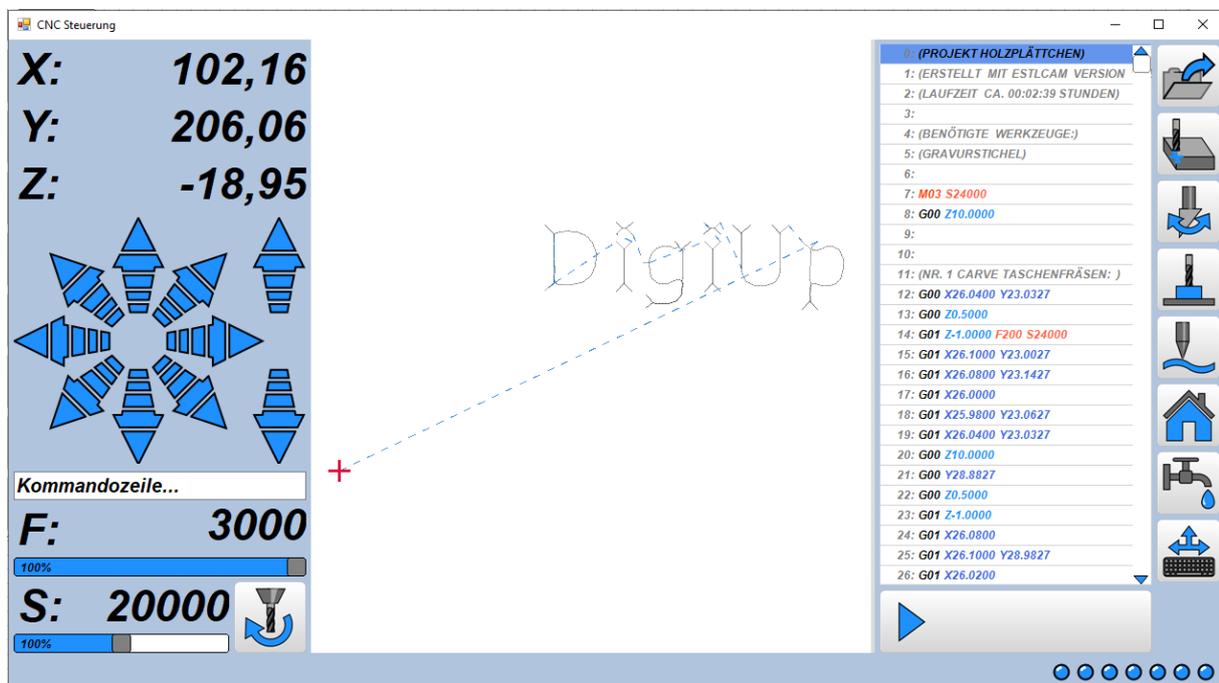
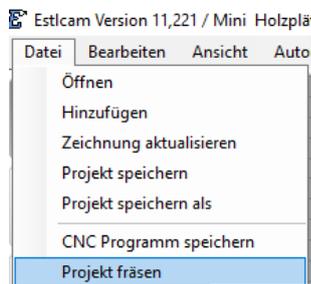
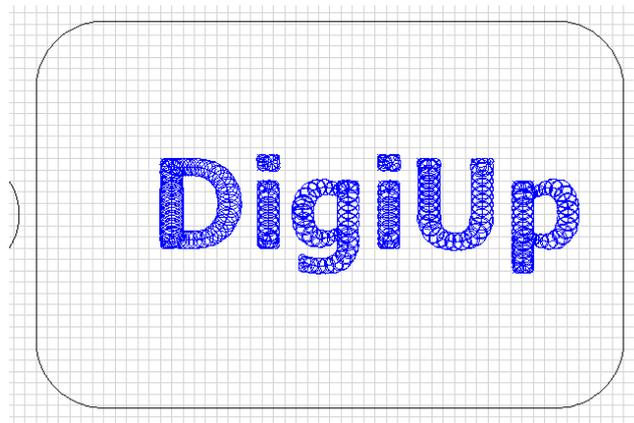
Schriftart: Tahoma Schriftgröße: 8

 B */*

<f=Tahoma><s=8>DigiUp</s></f>

Textbreite: 64,00mm Stil: Carve innen
 Frästiefe: 1,00mm Startebene: 0,00mm
 Maximale Carvebreite: 160,00mm

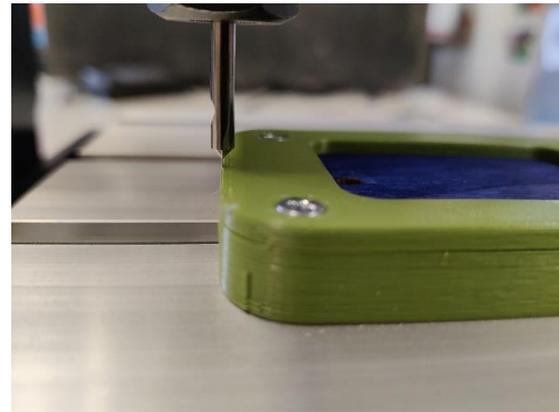
Textobjekt zerlegen... Vorschau OK



X-Achse ab nullen

CNC Steuerung

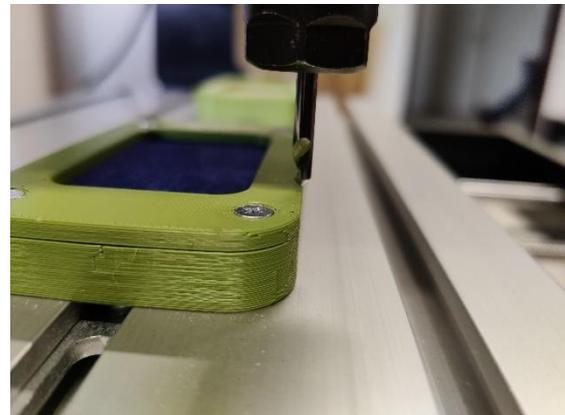
X:	0,00
Y:	132,91
Z:	-27,67



Y-Achse ab nullen

CNC Steuerung

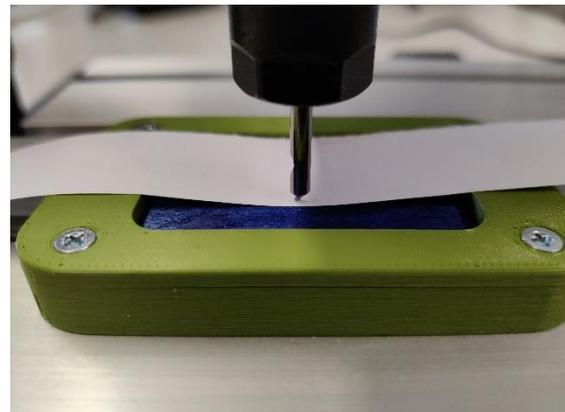
X:	18,83
Y:	0,00
Z:	-27,67



Z-Achse ab nullen

CNC Steuerung

X:	38,64
Y:	19,81
Z:	0,00



Auf Home Position fahren

