

# **Trainers *for* Visually Impaired Students Introduce 3D Printing**

## ***Tutorial Modul 5 Einführung in die CAD-Software Autodesk Fusion360***

Tutorial für den T4VIS-In3D Trainer-Kurs

Herausgegeben vom  
T4VIS-In3D Projektkonsortium

Das Projekt „T4VIS-In3D“ wurde vom „ERASMUS+“-Programm der Europäischen Kommission kofinanziert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung trägt allein der Verfasser. Die Kommission haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Dieses Tutorial wird vom T4VIS-IN3D Projektkonsortium herausgegeben.

## Lizenzierung

“Trainers for Visually Impaired Students Introduce 3D Printing” ist lizenziert unter [Attribution-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



## Gedruckt:

*September 2022 durch Berufsförderungswerk Düren gGmbH*

## Das T4VIS-In3D Projektkonsortium:

**Berufsförderungswerk Düren gGmbH** (Projektkoordination)

Karl-Arnold-Str. 132-134, D52349 Düren, Deutschland, <http://www.bfw-dueren.de>

**Fundacion ASPAYM Castilla Y Leon**

C/ Severo Ochoa 33, Las Piedras 000, 47130, Simancas Valladolid, Spanien, <https://www.aspaymcyl.org/>

**Hilfsgemeinschaft der Blinden und Sehschwachen Österreichs**

Jägerstraße 36 - 1200, Wien, Österreich, <https://www.hilfsgemeinschaft.at/>

**Instituttet for Blinde og Svagsynede, IBOS**

Rymarksvej 1, 2900, Hellerup, Dänemark, <https://www.ibos.dk>

**Istituto Regionale Rittmeyer per i ciechi di Trieste**

Viale Miramare 119, 34136 Trieste, Italien, <http://www.istitutorittmeyer.it/>

**NRCB**

24 Landos Str., Plovdiv, 4006, P. Box 11, Bulgarien, <http://www.rehcenter.org>

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	3
1 Allgemeines .....	5
2 Autodesk Fusion360 Download und Installation .....	7
3 Erste Schritte in Fusion360 .....	7
3.1 Graphische Benutzeroberfläche und wichtige Schaltflächen .....	8
3.1.1 Die Schnellzugriffsleiste .....	9
3.1.2 Der Werkzeugkasten .....	13
3.1.3 Die Browserpalette .....	13
3.1.4 Der View Cube .....	14
3.1.5 Navigationswerkzeuge und Ansichtseinstellungen .....	14
3.1.6 Die Zeitachse .....	15
4 Konstruieren mit Fusion 360 .....	15
4.1 Der Start. Zeichnen von Skizzen .....	15
4.1.1 Kreis, Rechteck und Linie .....	17
4.1.2 Polygon, Spline und Text .....	19
4.1.3 Verschieben und Kopieren von Skizzen .....	22
4.1.4 Die Funktion „Versatz“ und „Stutzen“ .....	25
4.2 Anordnen von Skizzen .....	27
4.3 Von der Skizze zum 3D-Körper .....	28
4.4 Erstellen von Volumenkörpern ohne Skizzenfunktion .....	29
4.5 Verschieben und Kopieren von Volumenkörpern .....	31
4.6 Erstellen von Volumenkörpern mit den Funktionen „Drehen“ und „Sweep“ .....	32
4.6.1 Die Funktion „Drehen“ .....	32
4.6.2 Die Funktion „Sweep“ .....	33
5 Übungsaufgabe Grundriss .....	35
5.1 Grundriss und Bodenplatte .....	36
5.2 Säulen und Mobiliar .....	39
5.3 Kombinieren der Volumenkörper .....	44
6 Erstellen von STL-Dateien .....	47
7 Erstellen von taktilen Lagekarten aus Grafiken .....	48
8 Erstellen von taktilen Braille-Modellen .....	50
9 Bearbeiten von STL Dateien .....	52
9.1 Löschen von Netzelementen .....	53
9.2 Bearbeiten von Netzelementen .....	57



Kofinanziert durch das  
Programm Erasmus+  
der Europäischen Union

10	Abbildungsverzeichnis .....	59
11	Literaturverzeichnis.....	61
12	Anhang .....	62



# 1 Allgemeines

Auf dem Markt sind verschiedene Softwareprodukte zum „Computer-Aided Design“ (kurz: CAD, zu Deutsch computerunterstütztes Konstruieren) erhältlich. Diese zeichnen sich durch unterschiedliche Spezifikationen und Einsatzbereiche aus. Die wohl bekanntestes CAD-Anwendung ist „AutoCAD“ der Firma Autodesk.

Hierbei handelt es sich um eine CAD-Anwendung, die vornehmlich eine 2D-Zeichnung ermöglicht, also das klassische Zeichenblatt ersetzt. 3D-Funktionen wurden in „Toolsets“ hinzugefügt.

Weitere bekannte CAD-Programme sind:<sup>1</sup>

Name	Hersteller	Einsatzbereiche	Link
Catia	Dassault Systems	Luft-Raumfahrttechnik, KFZ-Herstellung, Maschinenbau, Großunternehmen	<a href="http://www.3ds.com/de/produkte-und-services/catia/">http://www.3ds.com/de/produkte-und-services/catia/</a>
Fusion360	Autodesk	Produktdesign, Werkzeugbau, Kleinere Unternehmen	<a href="https://www.autodesk.de/products/fusion-360/overview">https://www.autodesk.de/products/fusion-360/overview</a>
Inventor	Autodesk	Produktdesign, Werkzeugbau, Architektur, Mittlere Unternehmen	<a href="https://www.autodesk.de/products/inventor/overview?us_oa=dotcom-us&amp;us_si=3b99b45b-f3a0-4ec7-9bb8-e2370ab4276d&amp;us_st=inventor&amp;us_pt=INVENTOR">https://www.autodesk.de/products/inventor/overview?us_oa=dotcom-us&amp;us_si=3b99b45b-f3a0-4ec7-9bb8-e2370ab4276d&amp;us_st=inventor&amp;us_pt=INVENTOR</a>
Rhino(eros 3D)	Robert McNeel & Associates	Produktdesign, Architektur, Kleine- und Mittlere Unternehmen	<a href="https://www.rhino3d.com/">https://www.rhino3d.com/</a>
Solid Edge	Siemens	Maschinenbau, Anlagenbau, Werkzeugbau, Großunternehmen	<a href="http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/products/velocity/solidedge/">http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/products/velocity/solidedge/</a>
Solid Woks	Dassault Systems	Maschinenbau, Anlagenbau, Werkzeugbau, Großunternehmen	<a href="http://www.solidworks.de/">http://www.solidworks.de/</a>

Die Entscheidung zur Verwendung von Autodesk Fusion360 für taktile Lehrmedien hatte folgende Gründe:

1. Gutes Preis-/Leistungsverhältnis, verfügbare Schullizenzen
2. Umfassende Unterstützung von 3D-Konstruktionen
3. Leicht zu erlernen, verfügbare Online-Tutorials

<sup>1</sup> Aufzählung in alphabetischer Reihenfolge ohne Hinweis auf Marktanteile

Die Software Autodesk Fusion360 ist eine sehr umfassende CAD-Anwendung, mit der sehr komplexe technische Konstruktionen erstellt werden können. Für die Herstellung taktiler Lehrmaterialien ist tatsächlich nur ein Bruchteil des Funktionsumfanges von Fusion360 erforderlich. Auf diese Grundfunktionen wird hier eingegangen; sie sind völlig ausreichend, um taktile Lagekarten und einfache taktile Modelle für den Technik- oder den Naturkundeunterricht zu erstellen.

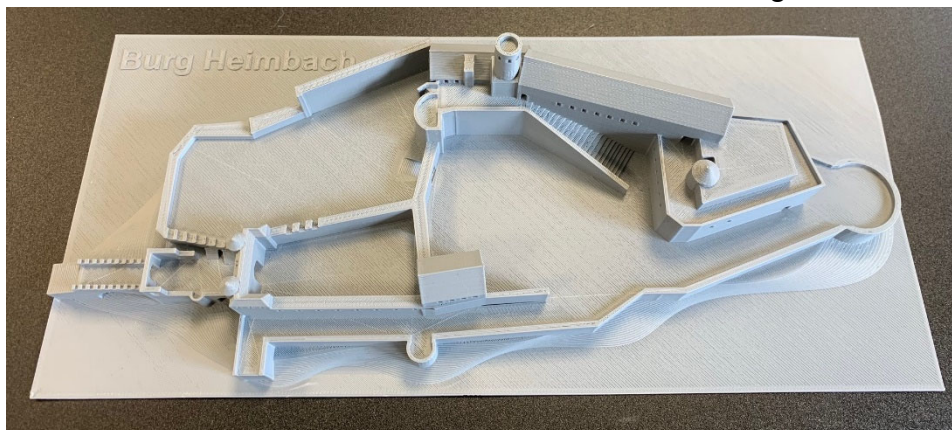
Da mehrmals im Jahr ein Update zur Software erscheint, kann es durchaus vorkommen, dass sich die graphische Benutzeroberfläche oder die Menüs ändern und nicht mehr mit den hier aufgeführten Illustrationen identisch sind.

Für Leser, die detaillierter in Fusion360 einsteigen möchten, werden die Video-Tutorials von Autodesk empfohlen. Diese sind unter folgender Adresse abrufbar: <https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/courses/AP-GET-STARTED-OVERVIEW>

Alternativ, genügt es auch, den nachfolgenden QR-Code mit dem Smartphone zu scannen, um zu den Video-Tutorial zu gelangen:



Für die meisten Ausbilder in Bildungseinrichtungen für Menschen mit Sehbehinderung ist der Umgang mit CAD-Programmen eher unbekannt. Der große Funktionsumfang sowie der technische Anwendungshintergrund scheint oftmals vor allem für Neueinsteiger beängstigend. Dass die Anwendung von Fusion360 aber durchaus einfach ist, beweist das unten abgebildete Modell. Dies hat ein 16-jähriger Schüler nach nur 30-minütiger Einweisung in Fusion 360 in 18 Stunden selbständig konstruiert. Als Vorlage dienten ausschließlich Fotos und Zeichnungen aus dem Internet. Es wurden dabei, die hier beschriebenen Verfahren angewendet.



**Abbildung 1 Mit Fusion360 konstruiertes Gebäude**

## 2 Autodesk Fusion360 Download und Installation

Autodesk Fusion360 ist für Privatanwender und den nichtkommerziellen Einsatz kostenfrei erhältlich. Diese Gratis-Version ist in den Funktionen allerdings stark eingeschränkt. Für Bildungseinrichtungen ist eine Education-Version erhältlich, die den vollen Funktionsumfang bietet. Hierzu muss lediglich eine Registrierung erfolgen. An dieser Stelle wird empfohlen, diese Vollversion zu verwenden. Sämtliche nachfolgenden Beschreibungen und Illustrationen basieren auf dieser Version.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt (August 2021) besteht die Möglichkeit, Fusion360 als Einzelplatz- oder Campuslizenz im Download zu beziehen. Für die Installation wird eine stabile Internetverbindung benötigt. Sowohl bei der Installation als auch bei jedem Start wird online die Lizenzversion geprüft. Sollte bei der Installation keine Internetverbindung bestehen, kann Fusion360 nicht installiert werden. Für den Fall, dass nach der Installation keine Internetverbindung besteht, kann dennoch über einen begrenzten Zeitraum offline mit Fusion360 gearbeitet werden.

Fusion360 ist Cloud-basiert. Zwar können alle Konstruktionen lokal abgespeichert werden, dennoch ist die Cloud das vorgesehene Speichermedium. Jeder Administrator kann für seine Kurse einen Ordner mit Unterordnern anlegen. Eine Bearbeitung ist somit auch von anderen Computern möglich. Es gibt sogar Apps für Smartphones und Tablets.

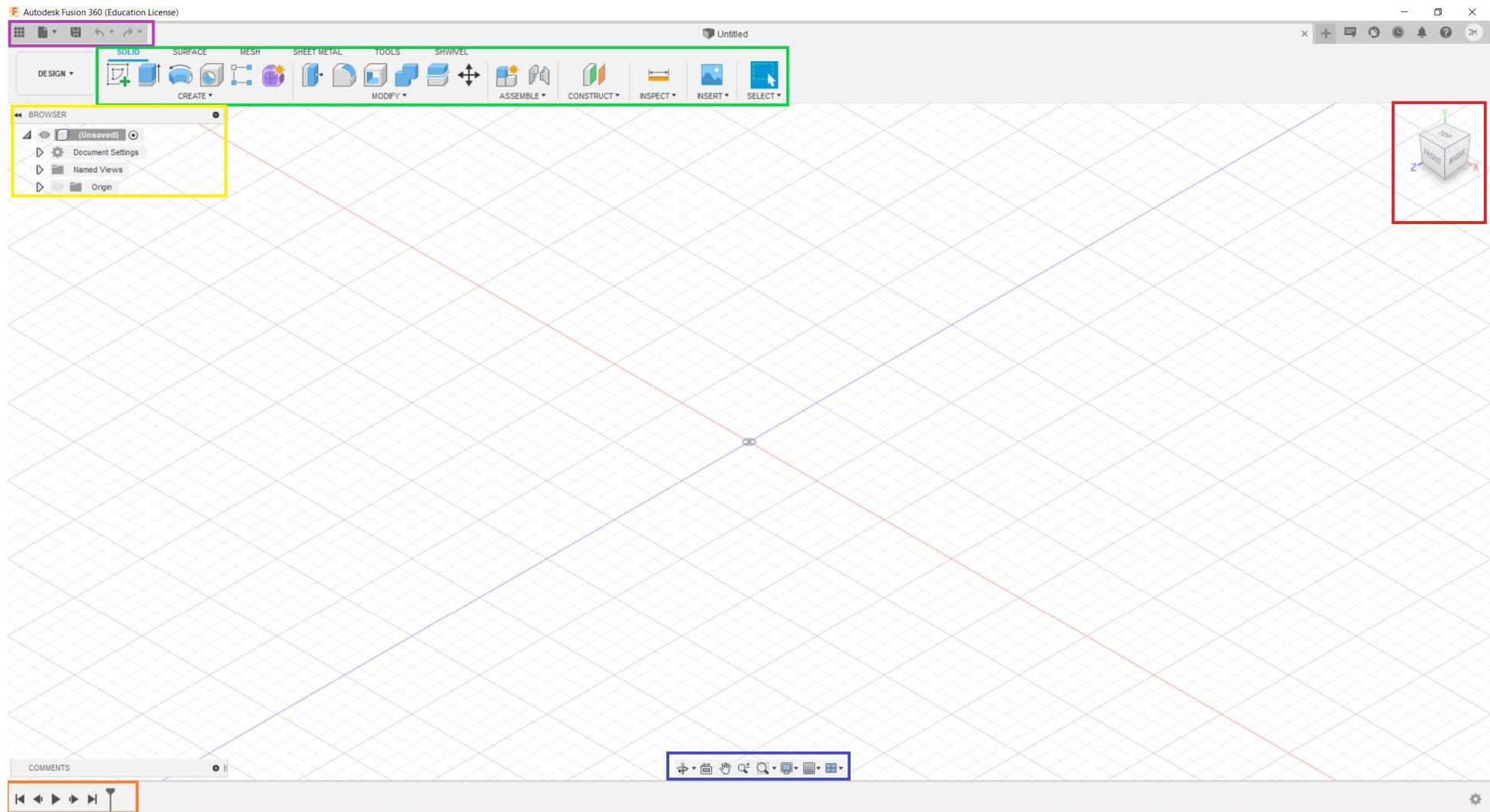
Zum Betrieb von Fusion360 schreibt Autodesk eine technische Mindestkonfiguration vor. Diese findet sich unter: <https://knowledge.autodesk.com/support/fusion-360/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-Fusion-360.html>.

Damit Fusion360 jedoch problemlos funktioniert, sollte der Computer über eine 3D-fähige Graphikkarte mit mindestens 4 GByte VRAM und einem Arbeitsspeicher von 12 GByte verfügen. Damit lassen sich Ansichtsänderungen verzögerungsfrei durchführen.

## 3 Erste Schritte in Fusion360

Nach der Installation lässt sich Fusion entweder über das Icon auf dem Desktop oder das Startmenü öffnen. Beim ersten Start nach der Installation ist die Eingabe der Autodesk-ID sowie des Passwortes notwendig. Ohne diese Identifikation lässt sich Fusion360 nicht starten. Somit ist es erforderlich, dass diese Daten den Benutzern verfügbar sind oder die Anmeldung durch den Administrator durchgeführt wird. Nach dem erfolgreichen Start öffnet sich das Arbeitsfenster. Den größten Bereich des Fensters bildet der Arbeitsbereich. Dieser Arbeitsbereich stellt das virtuelle Zeichenblatt dar, das beliebig verschoben, gedreht und vergrößert werden kann.

### 3.1 Graphische Benutzeroberfläche und wichtige Schaltflächen



**Abbildung 2 Benutzeroberfläche von Fusion360**

Die verschiedenen Schaltflächen wurden zur Erläuterung in verschiedenen Farben umrandet. Diese werden in den folgenden Kapiteln so weit erläutert, wie diese für die Konstruktion taktiler Materialien erforderlich sind.

- Schnellzugriffsleiste (violett)
- Werkzeugkasten (grün)
- Browserpalette (gelb)
- View Cube (rot)
- Navigationswerkzeuge und Ansichtseinstellungen (blau)
- Zeitachse (orange)






### 3.1.1 Die Schnellzugriffsleiste

Die Schnellzugriffsleiste enthält alle Funktionen zum Speichern, Exportieren und Laden von Dateien.



**Abbildung 3 Schnellzugriffsleiste**

Die Schnellzugriffsleiste beinhaltet von links nach rechts die folgenden Funktionen:


- Gruppendaten 
- Dateifunktionen 
- (Aktuelle Konstruktion) speichern 
- Letzten Befehl rückgängig machen 
- Letzten Befehl wiederholen 

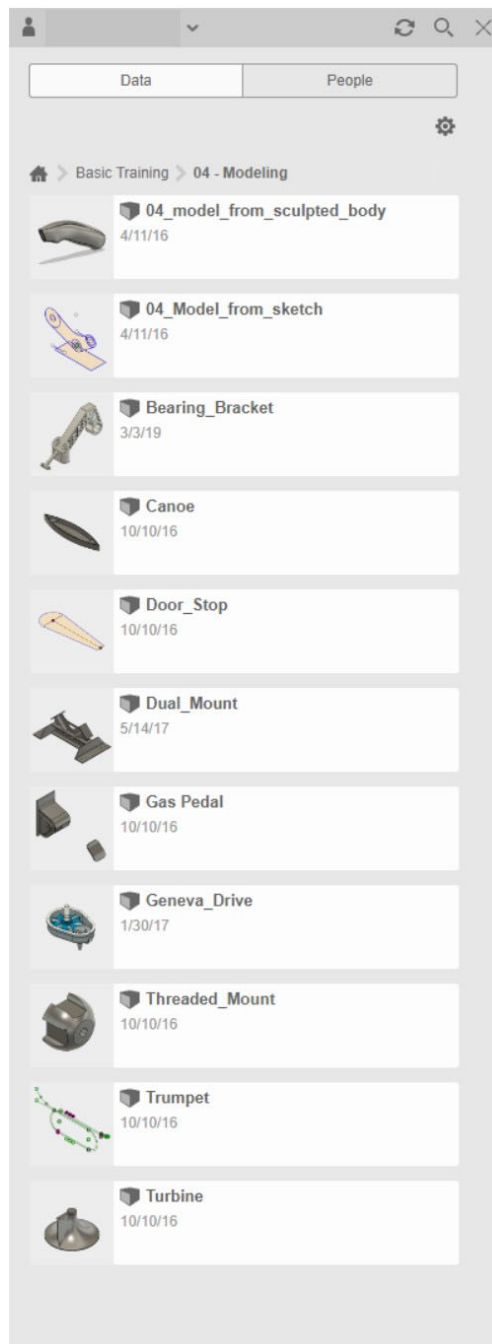
Die letzten drei der oben genannten Funktionen sind selbsterklärend.



### 3.1.1.1 Gruppendaten

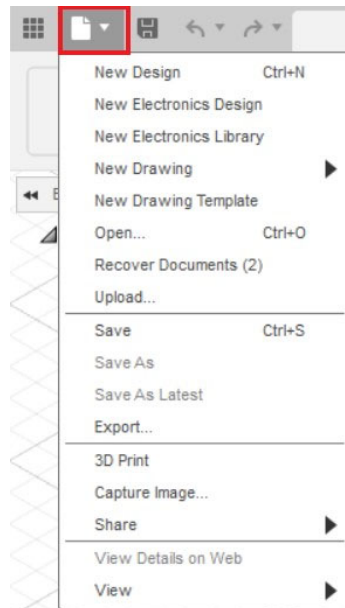
Sofern die eigenen Konstruktionen in der Cloud gespeichert werden, bietet diese Funktion den schnellsten und einfachsten Zugriff auf die dort abgespeicherten Konstruktionen.

Wird die Schaltfläche  aktiviert, erscheint der zuletzt verwendete Projektordner. Hier werden die angelegten Unterordner oder Konstruktionen angezeigt. Diese können mit Doppelklick der Maus geöffnet werden. Anschließend kann die Ansicht durch erneutes Anklicken der Schaltfläche oder das X-Symbol des Gruppendatenfensters wieder geschlossen werden.



**Abbildung 4 Geöffnetes Gruppendaten Fenster mit Konstruktionen**

### 3.1.1.2 Dateifunktion



**Abbildung 5 Menüleiste der Dateifunktion**

Dieses Menü ist in vier untereinander angeordnete Blöcke unterteilt.

Mit den Funktionen im ersten Block können neue Konstruktionen begonnen werden. Für unsere Zwecke ist die „Neues Design“ relevant.

Im zweiten Block sind die Funktionen „Speichern (unter)“ und „Export“ relevant. Die Funktion „Speichern“ ermöglicht das Speichern einer Datei **in der Cloud**. Wurde noch kein Dateiname vergeben, wird ein Dialogfenster geöffnet, dass zur Eingabe des Dateinamens und des Ordners in der Cloud auffordert. Um das gesamte

Dialogfenster sehen zu können, sollte die Schaltfläche ☐ im rechten Bereich aktiviert werden.

Hier werden die unter dem Benutzernamen angelegten Ordner in der Fusion360-Cloud angezeigt. Diese Ordner werden als „Projekt“ bezeichnet und lassen sich wiederum mit mehreren Ordnern unterteilen.

Durch entsprechende Schaltflächen lassen sich neue Projekte auf der obersten Ebene erstellen und auch neue Ordner anlegen.

Eine Option zur Speicherung auf einem lokalen Datenträger wird in dieser Funktion nicht angeboten.

Save

×

Name:

Untitled

Location:

Demo Project

▲

Demo Project is usually used for trying out project features such as data uploads, project settings, and so on. Although you can save your design in Demo Project, consider using or creating a different project.

PROJECT

Braille

Demo Project

Lehrmodelle

Mastery F360

Misc

Modelle Drucker

My First Project

Demo Project

NAME	LAST UPDATED
Handle	03.01.2020, 08:33:24
Tableconnectr	12.07.2019, 19:40:45
USB Box	30.07.2019, 13:10:45

New Project

New Folder

Cancel

Save

**Abbildung 6 Dialogfenster „Speichern“**

Die Funktion (Aktuelle Konstruktion) „Speichern“  in der Schnellzugriffsleiste ist identisch mit der oben beschriebenen Funktion.

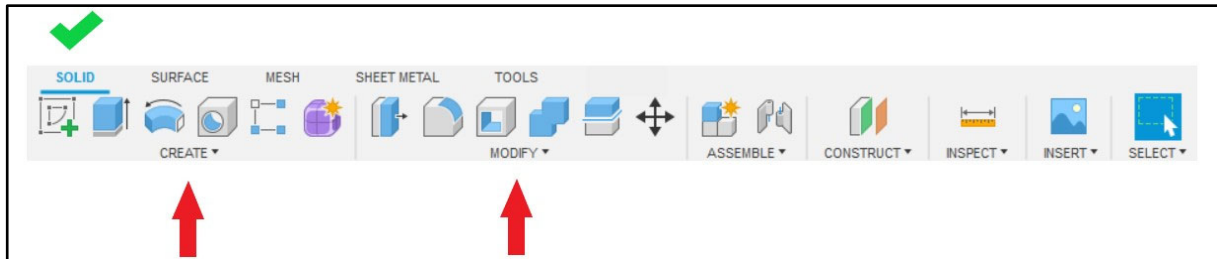
Die Funktion „Export“ ermöglicht das lokale Speichern einer Datei auf einem Datenträger. Das Fenster dieser Funktion ähnelt dem in Abbildung 6 gezeigten Fenster. Hier wird lediglich im Zielordner auf einen lokalen Datenträger verwiesen.

Die weiteren Funktionen in den verbleibenden zwei Blöcken sind für unsere Zwecke weniger relevant.



### 3.1.2 Der Werkzeugkasten

Der Werkzeugkasten ist das mächtigste Werkzeug, denn es beinhaltet alle Elemente, die zur Konstruktion erforderlich sind. Beim Start von Fusion360 ist darauf zu achten, dass der Menüpunkt „Volumenkörper“ (engl. Solid) aktiviert ist. Ist dies der Fall, entspricht der Werkzeugkasten der folgenden Abbildung.



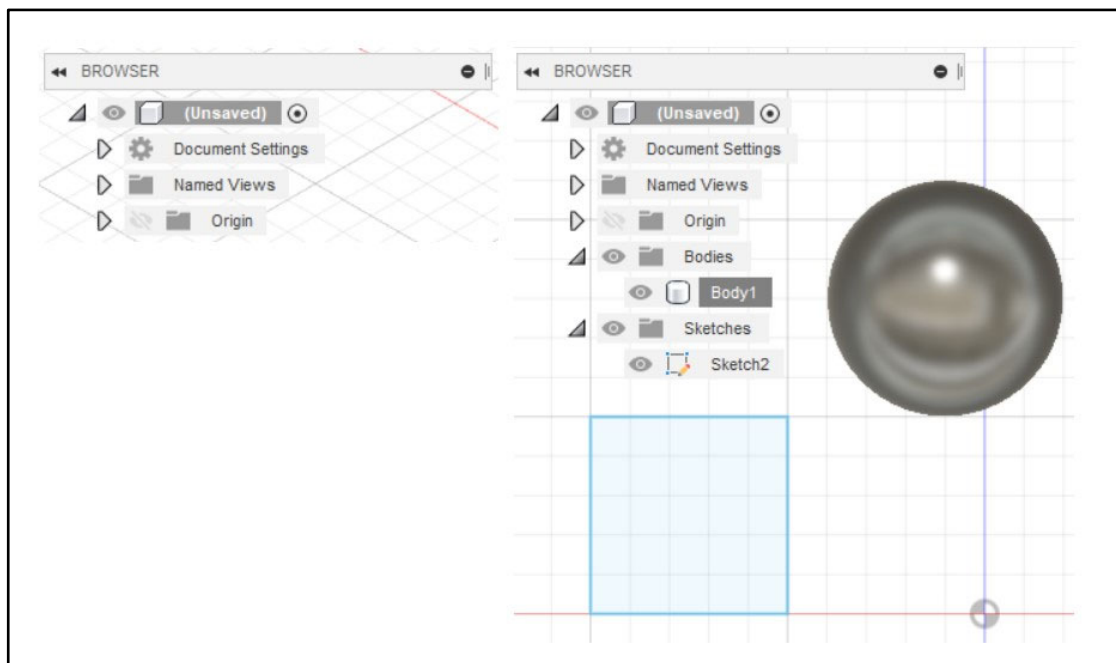
**Abbildung 7 Darstellung des Werkzeugkastens in der Einstellung „Volumenkörper“**

Der Werkzeugkasten ist in mehrere Bereiche unterteilt, die jeweils durch einen grauen Trennstrich getrennt sind. Die wichtigsten Bereiche hierbei sind „Erstellen“ (engl.: Create) und „Ändern“ (engl. Modify). Über diesen Bezeichnungen sind Icons mit den häufig verwendeten Funktionen abgebildet. Die jeweiligen Menüs können durch Anklicken des kleinen Drop-Down-Dreieckes rechts neben der entsprechenden Menü-Bezeichnung geöffnet werden.

Die Funktionen werden im folgenden Kapitel näher beschrieben.

### 3.1.3 Die Browserpalette

Die Browserpalette bietet eine Übersicht über die erstellten Elemente innerhalb der Konstruktion. Somit erfüllt diese Browserpalette eine ähnliche Funktion wie der Explorer in Windows. Besonders bei komplexen Konstruktionen mit vielen unterschiedlichen Elementen, bietet diese Funktion einen schnellen Überblick.



**Abbildung 8 Browserpalette. Links: Neues Arbeitsblatt, rechts: Zwei Elemente erstellt**  
Um ein Element direkt bearbeiten zu können, muss es lediglich markiert werden.

### 3.1.4 Der View Cube

Der View Cube ermöglicht den schnellen Ansichtswchsel auf allen Achsen. Ansichten können in 90°- und in 45°-Schritten geändert werden. Für die 90°-Schritte muss lediglich auf die vollen Flächen wie „Front“ (Vorne) oder „Top“ (oben) geklickt werden. Für kleinere Ansichtswchsel muss auf die entsprechenden Kanten oder Ecken geklickt werden. Sobald sich der Mauszeiger auf einer auswählbaren Position befindet, wird der Ansichtsbereich in blauer Farbe sichtbar.




**Abbildung 9 Ansichtsänderungen mit dem View Cube**

Neben dem View Cube befinden sich weitere Symbole. Durch Anklicken des Haus-Symbols gelangt man in die „Home“-Ansicht. Hierbei wird die Ansicht auf die Konstruktionsmitte zentriert und eine Schrägansicht erzeugt. Mit den Pfeilen an der rechten oberen Seite des View Cubes kann die Ansicht um 90° gekippt werden.

### 3.1.5 Navigationswerkzeuge und Ansichtseinstellungen

In dieser Symbolleiste können Änderungen in der Ansicht durchgeführt werden. Die wichtigsten Schaltflächen erlauben es, den Arbeitsbereich frei zu drehen bzw. zu verschieben.

Mit der Schaltfläche „Orbit“  wird die Funktion der freien Rotation des Arbeitsbereiches aktiviert. Durch Anklicken der Schaltfläche und Halten der linken Maustaste kann der Arbeitsbereich beliebig rotiert werden. In diesem Modus ändert sich der Mauszeiger und ist lediglich für die Rotationsfunktion nutzbar. Der Orbit-Modus kann durch Betätigen der ESC-Taste verlassen werden.

Ähnlich funktioniert das Verschieben des Arbeitsbereiches mit der Schaltfläche „Pan“



. Durch Anklicken und Halten der linken Maustaste kann der Arbeitsbereich beliebig verschoben werden. Auch dieser Modus kann mittels Betätigen der ESC-Taste verlassen werden.

Um zurück zum Mittelpunkt des Arbeitsbereiches zu gelangen, muss das „Home“-Symbol im View Cube aktiviert werden.

### 3.1.6 Die Zeitachse

Die Zeitachse ist eine sehr wichtige Funktion, die Änderungen und Korrekturen an der Konstruktion ermöglicht, ohne dass Elemente gelöscht oder vollkommen neu gezeichnet werden müssen. In der Zeitachse wird jeder Konstruktionsschritt dokumentiert und symbolisch dargestellt.



Abbildung 10 Zeitachse in Fusion360

Um Änderungen an einer Konstruktion durchzuführen, kann mit dem Schieberegler zum entsprechenden Konstruktionsschritt gesprungen und dieser geändert werden. Die auf diesen Konstruktionsschritt folgenden Konstruktionen ändern sich dann entsprechend.


Zudem ist die Zeitachse ein gutes methodisches Hilfsmittel für Schulungen im Umgang mit Fusion360. Durch das schrittweise Verschieben der Zeitleiste lassen sich die einzelnen Schritte einer Konstruktion gut nachverfolgen. Dies unterstützt den Unterricht in Fusion360, der von den Schülern anhand der Zeitleiste verfolgt werden kann.

## 4 Konstruieren mit Fusion 360

Bei CAD-Programmen ist zu beachten, dass Elemente in einem dreidimensionalen Raum konstruiert werden. Die Positionierung von Zeichen- und Konstruktionselementen ist somit abhängig von der Blickperspektive. Im Falle eines klassischen Zeichenblocks werden Zeichnungen von oben betrachtet und gezeichnet. Mit CAD-Programmen ist es jedoch möglich, aus verschiedenen Perspektiven zu zeichnen. Ist im View Cube beispielsweise der Blickwinkel „Vorne“ (engl. Front) ausgewählt, wird ein Element von vorne gezeichnet, d.h. so, als ob es auf einem Zeichenblock stünde. Deshalb ist es ratsam, die Ansicht „Oben“ (engl. Top) auszuwählen.

### 4.1 Erste Schritte: Das Zeichnen von Skizzen

Konstruktionen beginnen meist mit einer zweidimensionalen Zeichnung. Diese werden mithilfe der Funktion „Skizze“ erstellt. Hierzu muss im Werkzeugkasten

entweder die Schaltfläche  angeklickt oder das Menü „Erstellen“ (engl. Create) durch Anklicken des kleinen schwarzen Drop-Down-Dreiecks ausgewählt werden. Hier muss nun die Funktion „Skizze erstellen“ (engl. Create Sketch) ausgewählt werden.

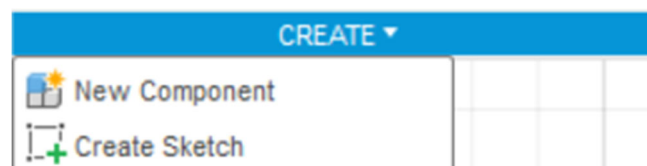
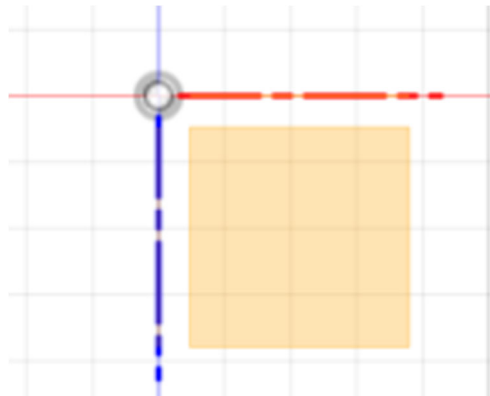


Abbildung 11 Menü Erstellen

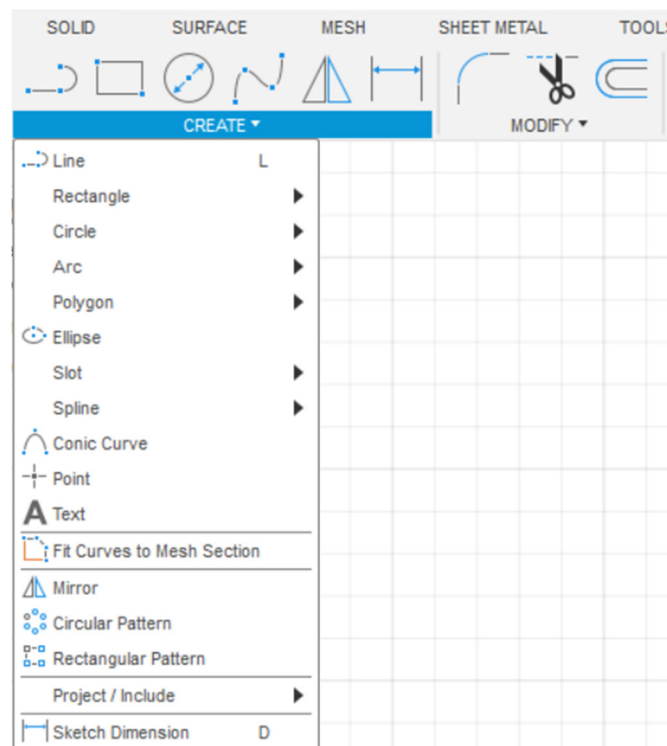
Nachdem die genannte Funktion angeklickt wurde, wirkt es zunächst so, also würde nichts geschehen. Bei genauem Blick auf die Arbeitsfläche ist jedoch zu erkennen,

dass nun ein Quadrat in der Bildschirmmitte dargestellt wird. Hierbei handelt es sich um die sogenannte Konstruktionsebene. Diese muss angeklickt werden, damit die zu zeichnende Skizze horizontal zur Z-Achse erstellt wird.



**Abbildung 12 Angezeigte Konstruktionsebene**

Anschließend ändern sich die Symbole im Werkzeugkasten; es werden nun die gängigsten Skizzenwerkzeuge angezeigt. Auch in diesem Fall ist es möglich, das Menü mittels Klicks auf das schwarze Dreieck neben der „Erstellen“-Funktion (engl. Create) zu öffnen.



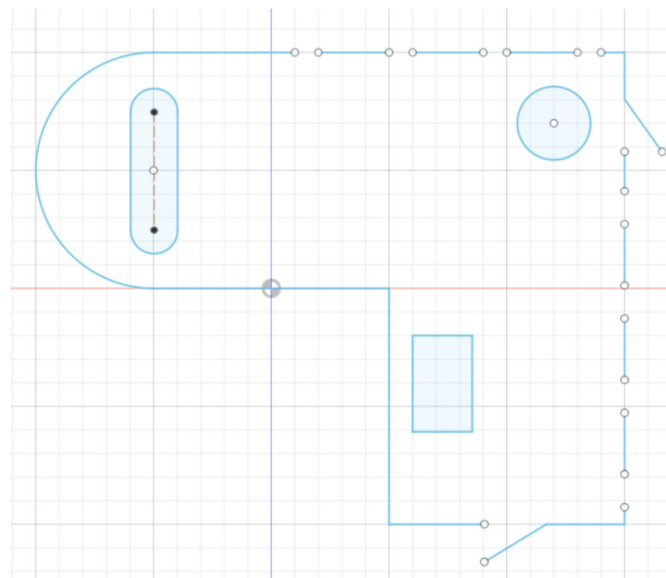
**Abbildung 13 Werkzeugkasten und Skizzenmenü**

Im Skizzenmenü befinden sich mehrere Skizzen-Elemente. Die gebräuchlichsten sind:

- Linie
- Kreis
- Rechteck
- Text

## - Spline

Eine Skizze kann entweder aus nur einem der oben aufgelisteten Elemente bestehen oder aber aus einer Kombination von mehreren Elementen. Nehmen Sie zum Beispiel einen Gebäudegrundriss. In diesem Fall können alle Linien sowie alle kreisförmigen und rechteckigen Elemente separat als mehrere Skizzen oder als eine gemeinsame Skizze erstellt werden. Im folgenden Beispiel gehören sämtliche Zeichenelemente zu einer Skizze.



**Abbildung 14 Beispiel Grundriss mit sämtlichen Elementen als Teil einer Skizze**

Die Entscheidung, ob alle Elemente als separate oder als eine gemeinsame Skizze erstellt werden, hängt vom Umfang der nachfolgenden Arbeitsschritte ab. Muss im oberen Beispiel etwa der gesamte Grundriss verschoben, gedreht oder skaliert werden, ist es sinnvoller, alle Elemente als Teil einer einzigen Skizze zu gestalten. Müssen allerdings nur einzelne Elemente geändert werden, ist es einfacher, diese als separate Skizze zu erstellen.

Um eine Skizze zu erstellen, muss zunächst die entsprechende Schaltfläche aktiviert oder der gleichnamige Menüpunkt ausgewählt werden. Häufig verwendete Skizzierwerkzeuge können auch direkt über eine Tastenkombination aufgerufen werden.

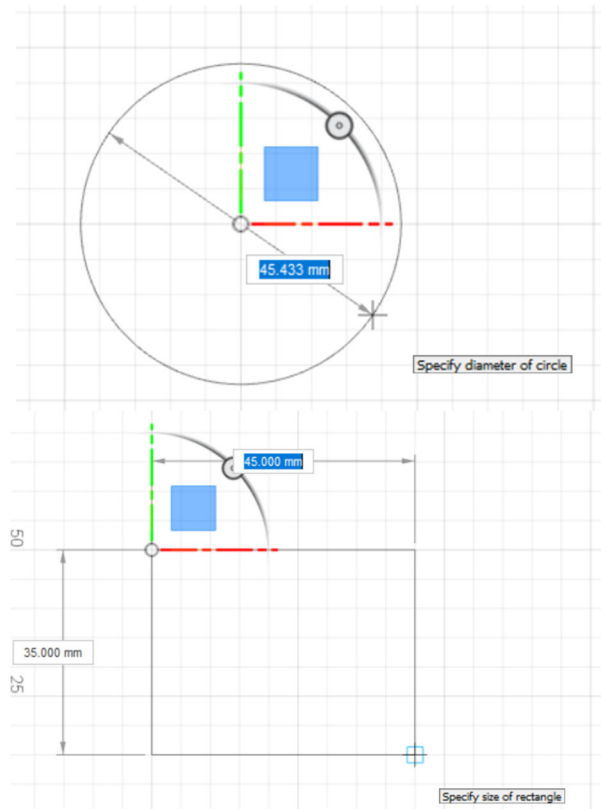
### 4.1.1 Kreis, Rechteck und Linie

Kreis	→ c	(Circle)
Rechteck	→ r	(Rectangle)
Linie	→ l	(Line)

Nach Auswahl des gewünschten Skizzierwerkzeugs verändert sich der Mauszeiger zu einem Fadenkreuz. Der Fadenkreuzcursor muss nun an der gewünschten Stelle positioniert werden, ehe er mit gedrückter linker Maustaste so lange gezogen werden kann, bis die gewünschte Skizzengröße erreicht ist. Beim Zeichnen der Skizze öffnet

sich ein Textfeld. Hier kann die gewünschte Größe in Millimetern angegeben werden. Dezimalstellen müssen mit einem Dezimalpunkt eingegeben werden.

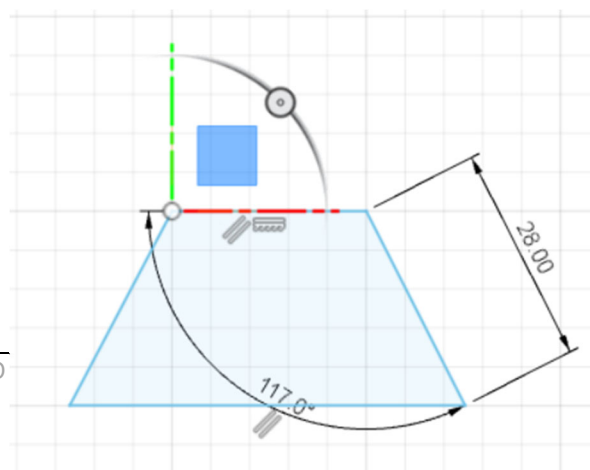
Bei Rechtecken und Quadraten kann mittels Tabulatortaste zwischen den Textfeldern gewechselt werden.




**Abbildung 15 Skizzenwerkzeug mit Textfeld zur Größenangabe**

Sobald die Skizze fertiggestellt wurde, muss diese mit „Skizze Fertigstellen“ (engl. Finish Sketch) beendet werden. Diese Funktion befindet sich als Icon rechts außen im Werkzeugkasten oder im Dialogfenster „Skizzenpalette“ (engl. Sketch Palette).

Aufwändigere Formen wie Grundrisse können mit der Funktion „Linie“ erstellt werden. Auch diese Funktion bietet die Möglichkeit der Eingabe von Parametern über zwei Textfelder. Ein Parameter ist die Länge, der andere ist das Winkelmaß zur gewählten Zeichenebene. Mittels **einfachem linken** Mausklick wird die Linie von einem Startpunkt zu einem Endpunkt gezeichnet. Daraufhin kann vom letzten Endpunkt eine weitere Linie gezeichnet werden. Die Linienfunktion wird durch Betätigen der Eingabetaste beendet.



#### Abbildung 16 Mit der Linienfunktion gezeichnetes Trapez

Besonders das Zeichnen von Linien erfordert etwas Geschick im Umgang mit der Maus. Ein zu voreiliger Mausklick erzeugt umgehend eine ungewollte Linie. Um eine solche ungewollte Linie zu entfernen, genügt es, das „Befehl rückgängig machen“-Symbol  in der Schnellzugriffsleiste anzuklicken.

#### 4.1.2 Polygon, Spline und Text

Mithilfe dieser drei Werkzeuge lassen sich auch komplexere Formen erstellen und Textflächen gestalten.

Mit der Funktion „Polygone“ können sehr einfach mehreckige Gebäudeumrisse erstellt werden. Die Funktion „Spline“ ermöglicht es, gebogene Linien oder Konturen zu erstellen. Mit „Text“ können dreidimensionale Textelemente erstellt werden.

Polygone werden konstruiert, indem der Durchmesser und die Anzahl der Ecken angegeben werden. Um ein Polygon zeichnen zu können, muss zunächst erneut der Befehl "Skizze erstellen" (engl. Create Sketch) gewählt werden. Nachdem die Konstruktionsebene angeklickt wurde, muss im Skizzenmenü die erste Option „Polygon Außen“ (engl. Circumscribed Polygon) ausgewählt werden. Anschließend wählt man im Bearbeitungsbereich den Mittelpunkt des Polygons und zeichnet mit gedrückter linker Maustaste das Polygon. Auch hier kann mittels Textfelder der Durchmesser sowie die Anzahl der Ecken eingegeben werden.

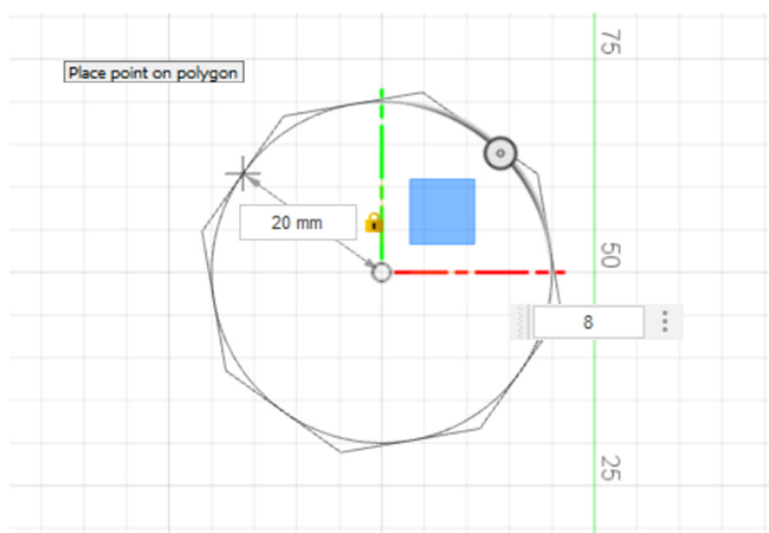


Abbildung 17 Polygon Außen

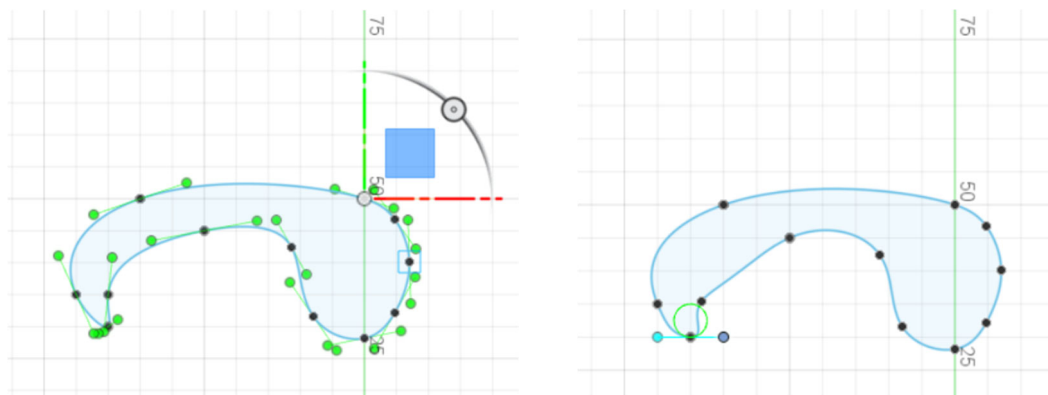
Nachdem das Polygon fertig gezeichnet wurde, muss die Schaltfläche „Skizze fertigstellen“ betätigt werden, um den Skizzenmodus zu verlassen.

Mit der Funktion „Linie“ lassen sich zwar vielfältige Grundrisse zeichnen. Allerdings ist diese Funktion nicht für das Erstellen kreisförmiger Formen geeignet. Hierfür ist die Funktion „Spline“ deutlich besser geeignet. Wurde die Funktion „Spline“



ausgewählt, können mit dem Mauszeiger diverse Verlaufspunkte gesetzt werden. Diese Verlaufspunkte werden in Fusion360 durch einen Kreisbogen miteinander verbunden, wobei sich der Bogen stets nach der Position des vorherigen Punktes richtet. Je kürzer die Abstände zwischen den Punkten sind, desto geringer fällt auch das Bogenmaß zwischen ihnen aus.



Nachdem die Kurvenlinie fertiggestellt wurde, kann der Eingabemodus durch Drücken der Eingabetaste beendet werden. Zu sehen ist nun die Linie des vollständigen Elements samt aller in schwarzer Farbe dargestellten Verlaufspunkte. Beidseitig dieser Punkte befinden sich jeweils grüne Punkte, die durch eine grüne Linie verbunden sind. Dies ist eine Winkelkurve, mit der der Winkel der durch den schwarzen Punkt definierten Kurve geändert werden kann. Bei gedrückter linker Maustaste können die grünen Punkte verschoben werden. Die Kreisbögen ändern sich entsprechend.



**Abbildung 18 Spline-Skizze. Links: Ursprung einer Spline-Skizze. Rechts: Kreisbogen wurde links unten geändert**

Durch Verschieben der schwarzen Verlaufspunkte mit gedrückter linker Maustaste, können die Bögen im Spline-Element verändert werden.

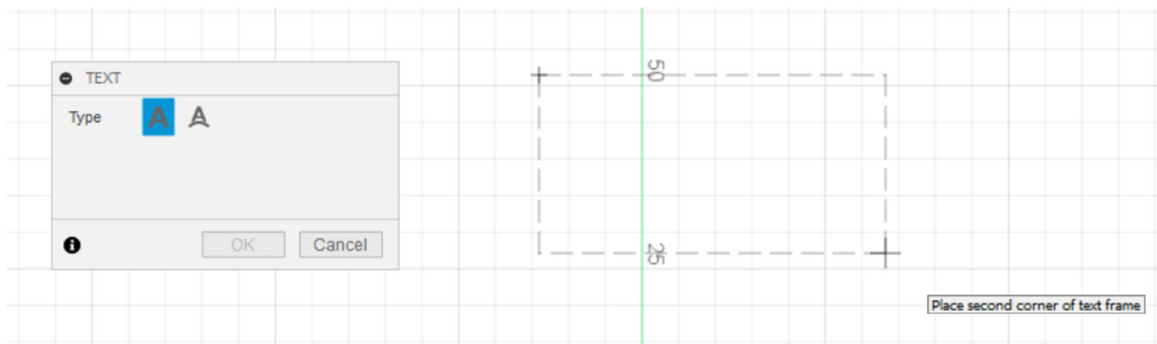
Die Skizzenfunktion „Text“ ermöglicht das Einfügen von Textelementen. Hierbei stehen verschiedene Schriftarten und Textattribute zur Verfügung. Für den 3D-Druck sind jedoch nicht alle Schriftarten und Attribute geeignet, da manche zu filigran sind und keinen stabilen Druck ermöglichen. Serifenfreie Schriftarten wie Arial und Verdana sind geeignet, sofern eine Zeichengröße von 6mm nicht unterschritten wird. Bei einer Schriftgröße von weniger als 6mm sind besonders Satzzeichen und Umlaut-Punkte zu filigran, um selbst leichten mechanischen Belastungen standhalten zu können.

Einen Text einzufügen ist sehr einfach. Nachdem der Skizzenmodus gestartet und eine die Text-Funktion ausgewählt wurde, kann der Textverlauf ausgewählt werden. Hierfür stehen zwei Symbole zur Auswahl: Standardmäßig ist mit dem ersten Symbol  eine gerade Textausrichtung eingestellt. Es ist jedoch möglich, mit der zweiten Schaltfläche  eine geschwungene oder schräge Textausrichtung zu wählen. Hierfür muss jedoch ein Kreis, Spline oder Rechteck als erforderlicher Verlaufspfad vorhanden sein.



In dieser Beschreibung wird ausschließlich auf einen geraden Verlaufspfad eingegangen.

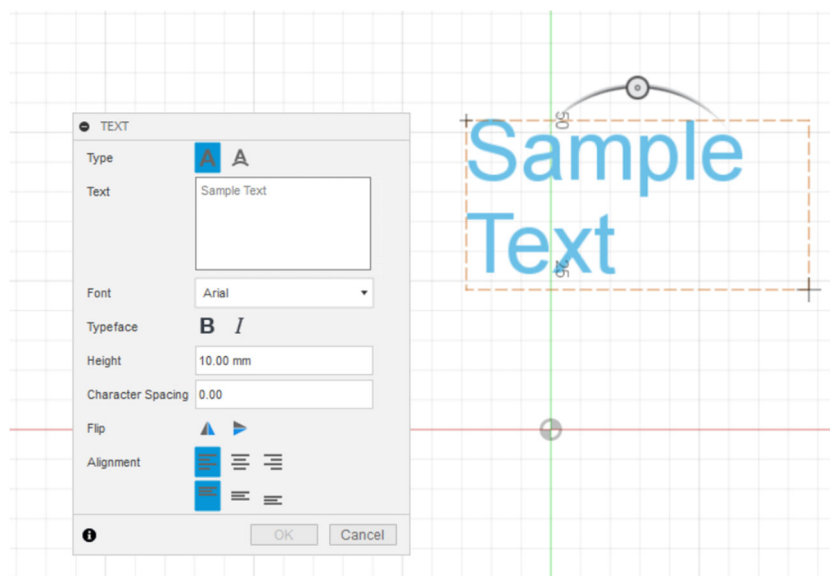
Wurde der Verlaufspfad ausgewählt, kann mit der Maus ein Rechteck entlang der gewünschten Textposition gezogen werden. Mittels Klicks auf die linke Maustaste wird die Textposition gekennzeichnet.



**Abbildung 19 Textfunktion und Textpositionierung**

Bei der Platzierung des Positionsrahmens sind die Einhaltung der exakten Dimensionen zunächst nicht relevant. Der Text kann anschließend noch genau positioniert werden. In der Regel wird der Positionsrahmen von links oben nach rechts unten mit der Maus festgelegt.

Anschließend öffnet sich das Dialogfenster zur Einstellung der Textparameter. Dies ist an Funktionen von Texteditoren angelehnt und daher leicht zu verstehen.



**Abbildung 20 Einstellungsmöglichkeiten für den Text**

Im Textfeld kann die Vorgabe „Beispieltext“ (engl. Sample Text) überschrieben werden. Durch die Eingabetaste lassen sich Zeilenumbrüche einfügen. Das Kombinationsfeld darunter ermöglicht die Auswahl des Schrifttyps. Darunter befindet sich die Möglichkeit Fett und Kursivschrift auszuwählen. Aus Gründen der Stabilität ist eine kursive Schrift für den 3D-Druck nur für Ansichtsmodelle geeignet.

Standardmäßig ist die Schrifthöhe automatisch auf 10mm eingestellt, es können jedoch bei Bedarf andere Werte eingegeben werden. Wie oben bereits beschrieben sollten diese 6mm nicht unterschreiten.

Nach Eingabe und Einstellung aller Optionen wird mit der Schaltfläche „OK“ der Vorgang abgeschlossen. Dadurch gelangt man in den Bearbeitungsbereich und kann den Text mit der Maus exakt positionieren. Abschließend muss erneut die Schaltfläche „Skizze Fertigstellen“ betätigt werden.

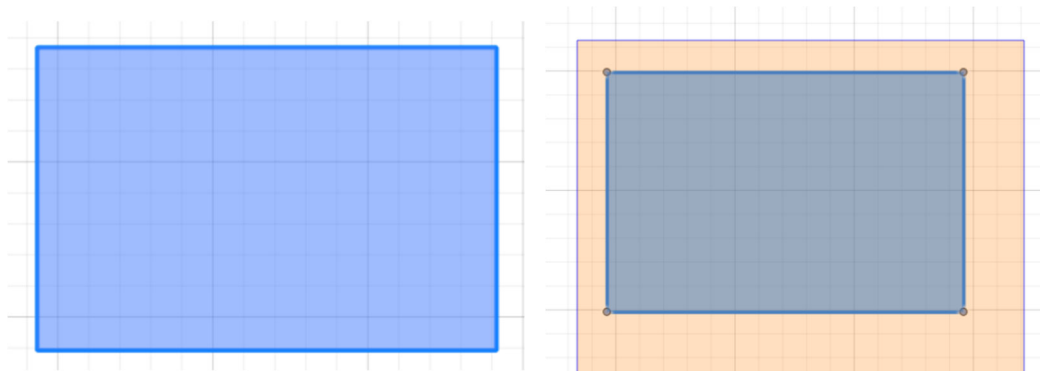
#### 4.1.3 Verschieben und Kopieren von Skizzen

Muss eine Skizze verschoben werden, so stehen hierfür zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Verschieben nach Fertigstellen der Skizze
2. Verschieben im Bearbeitungsmodus

Während Möglichkeit 1 eine schnellere Lösung darstellt, bietet die 2. Möglichkeit eine höhere Genauigkeit sowie zusätzliche Optionen.

1. Nach Fertigstellen der Skizze müssen **alle** zu verschiebenden Elemente der Skizze markiert werden. Dies geschieht mittels Mausklick bei gedrückter Umschalttaste oder durch Markieren der Elemente mit einem Auswahlrechteck mittels linker Maustaste. Letzteres ist jedoch nur möglich, sofern sich nicht zwei Skizzen überschneiden und nur eine von ihnen verschoben werden soll.

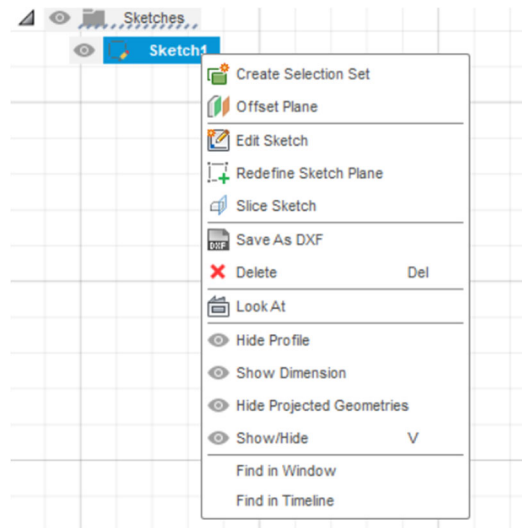


**Abbildung 21 Markierung von Skizzenelementen. Links: per Mausklick auf die betroffenen Linien. Rechts: durch Auswahlrechteck**

Nach erfolgter Markierung kann die Skizze verschoben werden. Hierzu muss eine Linie mit gehaltener linker Maustaste angewählt und durch Mausbewegung an die gewünschte Stelle verschoben werden.

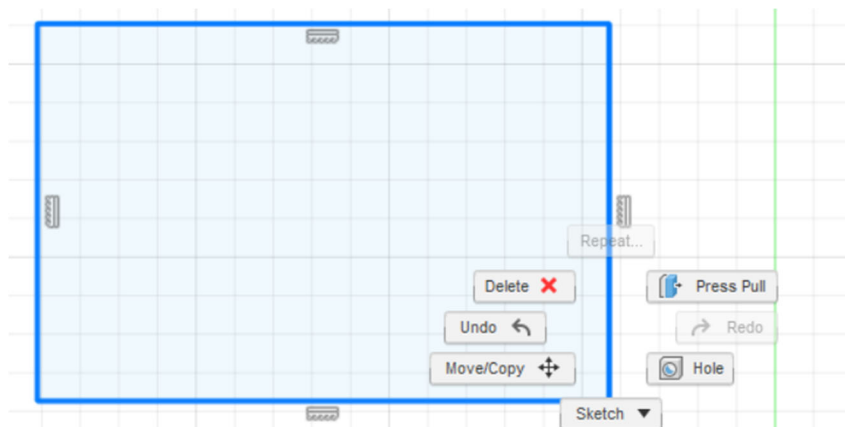
2. Im Bearbeitungsmodus bietet sich dem Anwender auch die Möglichkeit zum Kopieren einer Skizze. Zudem kann das Verschieben sehr präzise durch Eingabe genauer Parameter erfolgen.

Wurde der Bearbeitungsmodus durch Klick auf die Schaltfläche „Skizze Fertigstellen“ beendet, muss dieser erneut geöffnet werden. Hierzu wird die betreffende Skizze in der Browserpalette durch Mausklick aktiviert. Anschließend wird durch Klick auf die rechte Maustaste das Kontextmenü, das in Abbildung 22 dargestellt wird, geöffnet. Hier muss die Option „Skizze bearbeiten“ (engl. Edit Sketch) ausgewählt werden.



**Abbildung 22 Browserpalette und geöffnetes Kontextmenü**

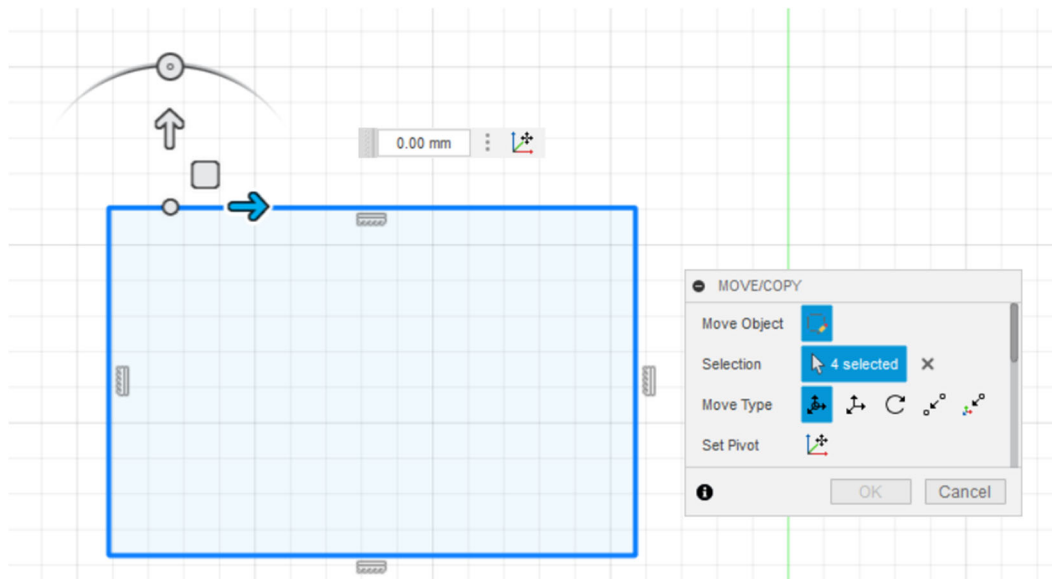
Nach Öffnen des Bearbeitungsmodus muss die zu verschiebende Skizze wie unter Punkt 1 beschrieben markiert werden. Allerdings wird nun durch rechten Mausklick auf eine der Skizzenlinien das Kontextmenü geöffnet. Dieses bietet im oberen Bereich die Option „Verschieben/Kopieren“ (engl. Move/Copy).



**Abbildung 23 Kontextmenü im Bearbeitungsmodus Skizze**

Diese Option muss mittels Mausklicks ausgewählt werden. Neben der Skizze erscheint nun das sogenannte „Bewegungs-Widget“. Dieses Widget besteht, wie in Abbildung 24 ersichtlich, aus zwei Verschiebe-Pfeilen sowie einem Winkel-Kreis. Durch Anklicken eines Pfeiles mit der Maus kann die Skizze nun auf der Achse verschoben werden. Wird ein Verschiebe-Pfeil angeklickt, öffnet sich zudem ein Textfeld. Hier kann ein gewünschter Wert eingegeben werden, gemäß dessen die Skizze anschließend in die Richtung des Pfeiles verschoben wird. Wird ein negativer Wert eingegeben, wird die Skizze in die entgegengesetzte Richtung verschoben. Diese Art des Verschiebens einer Skizze ist wesentlich präziser als das Verschieben mit der Maus, da letztere vom Zoomfaktor abhängig ist. Bei geringem Zoom können Skizzen mit der Maus nur wesentlich unpräziser verschoben werden.

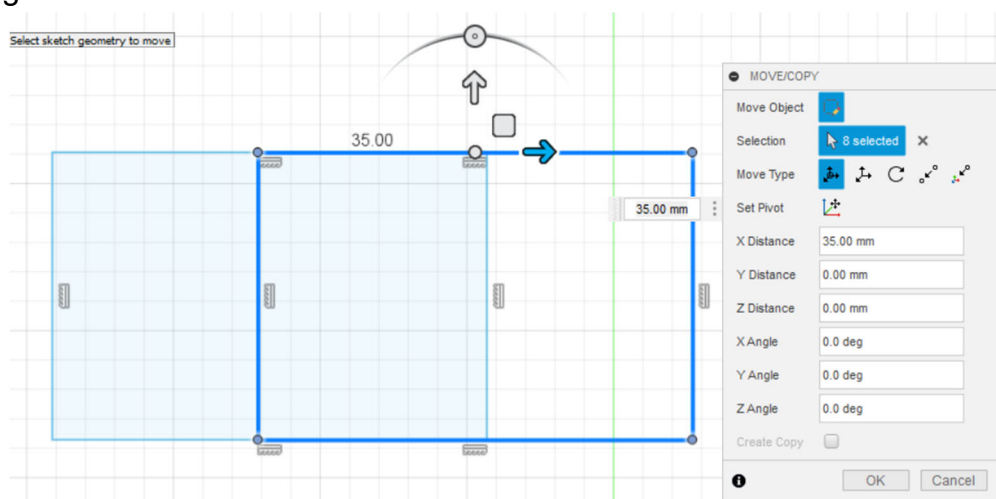
Wird der sich auf einem Bogen befindenden Winkel-Kreises angeklickt, kann die Skizze gedreht werden. Aber auch hier öffnet sich ein Textfeld, dass die Eingabe eines genauen Winkelmaßes erlaubt.



**Abbildung 24 „Bewegungs-Widget“ in der Ansicht „Von-Oben“**

Das Bewegungs-Widget hängt von der Ansichtsebene einer Skizze ab. In Abbildung 24 wurde die Ansicht „Von Oben“ gewählt. Somit ist ein Verschieben mit den Pfeilen nur in der X- und Y- Achse möglich. Wählt man jedoch im View-Cube die Ansicht „Vorne“, „Hinten“, „Links“ oder „Rechts“, lässt sich die Skizze auch zusätzlich in der Z-Achse verschieben.

Das Kopieren einer Skizze erfolgt ebenso über das Kontextmenü. Hierzu muss anstelle der Option „Verschieben/Kopieren“ im unteren Menübereich die Option „Kopieren“ (engl. Copy) gewählt werden. Anschließend muss die Maus auf den Platz, an dem die Kopie eingefügt werden soll, bewegt werden. Mit Klick auf die rechte Maustaste wird erneut das Kontextmenü geöffnet. Es muss nun die Option „Einfügen“ (engl. Paste) ausgewählt werden, um die Kopie am gewünschten Platz einzufügen.



**Abbildung 25 Einfügemodus nach Aktivierung der Option „Einfügen“ im Kontextmenü**

In Abbildung 25 ist das Bewegungs-Widget zu sehen, mit dem eine Skizze verschoben werden kann. Wurde eine Skizze erfolgreich verschoben, muss der Vorgang durch Betätigen der Schaltfläche „Skizze Fertigstellen“ beendet werden.

#### 4.1.4 Die Funktion „Versatz“ und „Stutzen“

Im „Skizze-bearbeiten“-Modus stehen im Bereich „Ändern“ zwei wichtige Funktionen zur Verfügung, die besonders bei der Erstellung von Lagekarten und Grundrissen äußerst hilfreich sind.

Stellen Sie sich vor, Sie zeichnen eine kurvenreiche Straße für einen Standortplan. Dazu verwenden Sie natürlich die Funktionen Spline und Linie. Um die gesamte Breite einer Straße zu zeichnen, müssten Sie jedoch eine exakt parallele Linie der Straßenlinie zeichnen. Um Ihnen diesen Vorgang zu erleichtern, benutzen Sie einfach die Funktion „Versatz“ (engl. Offset), die sich in der Werkzeugleiste „Ändern“ (engl. Modify) befindet.

Wurde die Versatz-Funktion ausgewählt, muss eine Referenzlinie mittels Mausklick ausgewählt werden. Es erscheint nun ein Dialogfenster mit Textfeld sowie eine rote Versatzlinie.

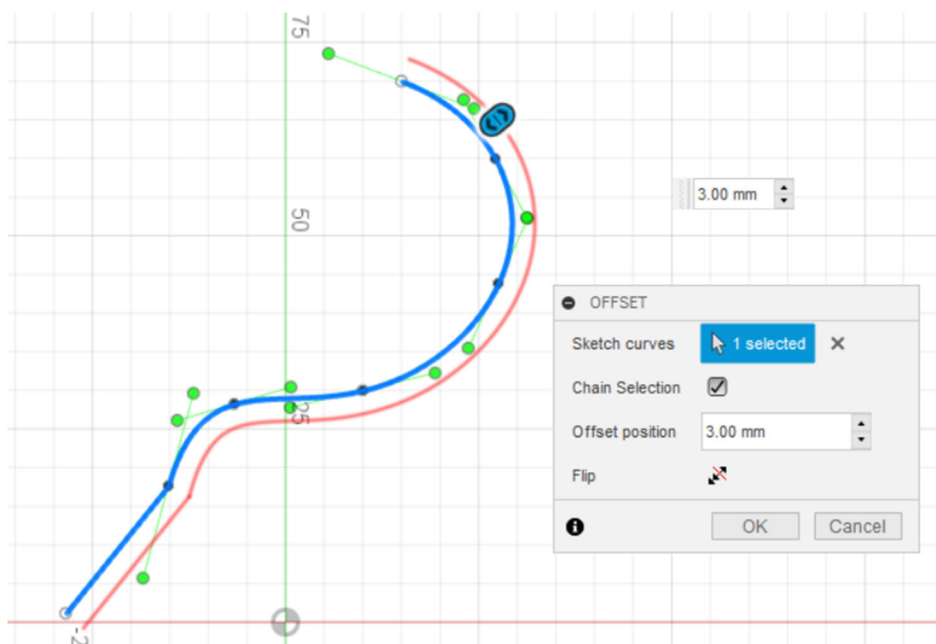
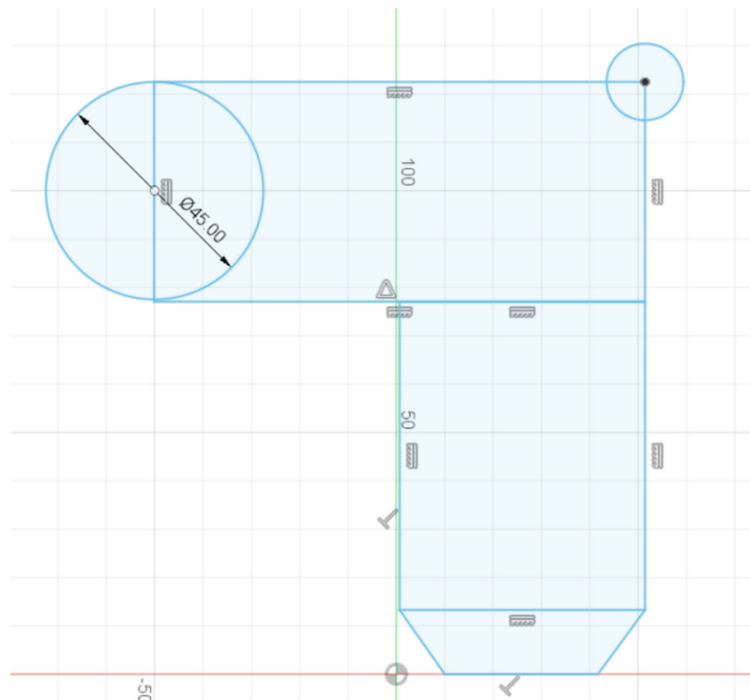


Abbildung 26 „Versatz“-Funktion nach Auswahl der Referenzlinie

Im Textfeld wird der Abstand zwischen den beiden Linien (Referenzlinie und Versatzlinie) eingegeben. Mit einem negativen Wert kann die Versatzlinie auf die andere Seite der Referenzlinie verlagert werden. Diese Funktion steht auch für alle anderen Skizzenelemente wie Quadrat, Kreis oder Polygon zur Verfügung.

Bei taktilen Lageplänen für Gebäude kann es vorkommen, dass sich verschiedene Skizzenelemente überlagern, sollte der Grundriss nicht rein quadratisch sein. In solchen Fällen kann folglich der Grundriss aus einer Kombination von Linien, Quadraten, Kreisen oder Polygonen bestehen (siehe: Abbildung 27). Ein Versatz für

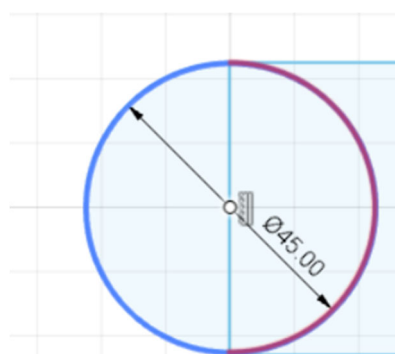
die gesamte Außenwand des Grundrisses ist in diesem Falle allerdings nicht möglich, da die Versatz-Funktion immer nur auf ein Skizzenelement anwendbar ist.




**Abbildung 27 Beispiel Grundriss aus mehreren Skizzenelementen**

Aus diesem Grund ist es sinnvoll, störende oder überflüssige Linien zu löschen. Dies erfolgt kann mit der Funktion „Stutzen“ (engl. Trim), die ebenfalls im Werkzeugkasten-Abschnitt „Ändern“ (engl. Modify) zu finden ist, vorgenommen werden.

Hierzu müssen nach Auswahl der Stutzen-Funktion die zu löschenden Linien lediglich mit der Maus angeklickt werden. Sobald sich der Mauszeiger auf einer löschbaren Linie befindet, ändert sich deren Linienfarbe. Durch Klick auf die linke Maustaste wird die Linie gelöscht.



**Abbildung 28 „Stutzen“-Funktion und markierte Linie**

Auf diese Weise können nacheinander alle überflüssigen Linien gelöscht werden. Rückgängig kann dies mit der entsprechenden Schaltfläche  oder der Tastenkombination Strg + Z gemacht werden.

## 4.2 Anordnen von Skizzen

Das Erstellen wiederkehrender Elemente auf einem Kreis unter Einhaltung gleicher Abstände wäre ohne die Funktion „Runde Anordnung“ (engl. Circular Pattern) nur sehr aufwändig zu realisieren. Als Beispiel hierfür soll ein Uhrenziffernblatt erstellt werden. Dabei sollen 12 Kreise, die für die Uhrzeiten stehen, auf einer Kreislinie angeordnet werden. Hierfür muss zunächst mit der Skizzenfunktion ein Kreis mit dem gewünschten Durchmesser der Kreislinie gezeichnet werden, auf der im nächsten Schritt die Stundenziffern angeordnet werden. Anschließend muss ein weiterer, kleinerer Kreis in der Größe der Ziffern auf die Kreislinie gezeichnet werden. Bei Bedarf kann hier anstelle eines Kreises auch eine andere Form für die Ziffern gewählt werden. Als nächstes muss die Funktion „Runde Anordnung“ (engl. Circular Pattern) im Skizzenmenü ausgewählt werden.

Im Dialogfenster dieser Funktion gilt es nun in der Zeile „Objekte“ (engl. Objects) den Kreis für die Stundenziffer mittels linken Mausklick auf den gewünschten kleinen Kreis auszuwählen. Daraufhin muss in der Zeile „Mittelpunkt“ (engl.: Center Point) die große Kreislinie (das Ziffernblatt) ausgewählt werden. Im Textfeld „Anzahl“ (engl. Quantity) wird „12“ eingegeben, da insgesamt 12 Stundenziffern am Ziffernblatt erscheinen sollen. Es wird sofort eine Vorschau der Skizze angezeigt. Durch Klick auf die Schaltfläche „OK“ wird die Anordnung abgeschlossen.

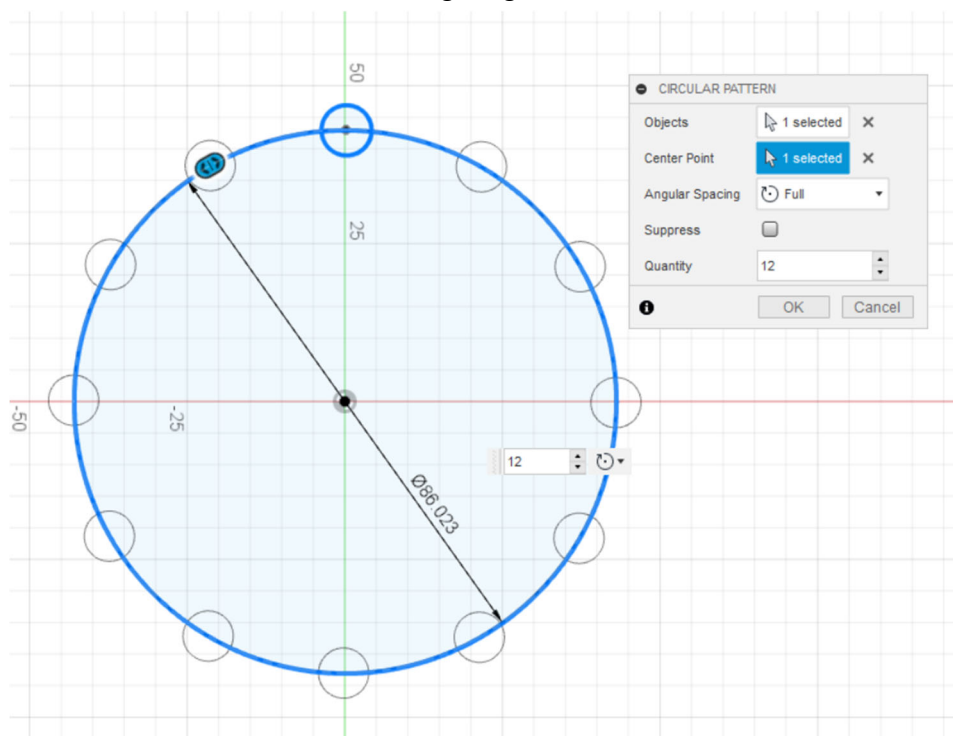


Abbildung 29 Funktion „Runde Anordnung“

Die Funktion „Rechteckige Anordnung“ (engl. Rectangular Pattern) funktioniert ähnlich wie die oben beschriebene runde Anordnung, mit dem Unterschied, dass eine Anordnung von Skizzenelementen entlang der X- und Y-Achse durchgeführt werden kann. Im Dialogfenster muss hierfür das anzuordnende Skizzenelement sowie die Richtung, in die es angeordnet werden soll, der Abstand zwischen den einzelnen Kopien sowie die Anzahl, wie oft das gewählt Element, eingefügt werden soll, ausgewählt werden.



### 4.3 Von der Skizze zum 3D-Körper

Skizzen bilden die Grundlage für 3D-Konstruktionen und müssen lediglich in Volumenkörper umgewandelt werden. Hierzu dient die Funktion „Extrusion“ im Werkzeugkasten „Volumenkörper“ (engl. Solid). Diese Funktion kann auch mit dem Tastenbefehl „e“ aufgerufen werden. Nach Aufruf der Funktion muss die Skizze, die umgewandelt werden soll, mit der Maus markiert werden. Es sei angemerkt, dass nur geschlossene Skizzen (d.h. Skizzen mit hellblauem Hintergrund) extrudiert werden können. Genauere Details können im Dialogfenster „Extrusion“ ausgewählt werden.

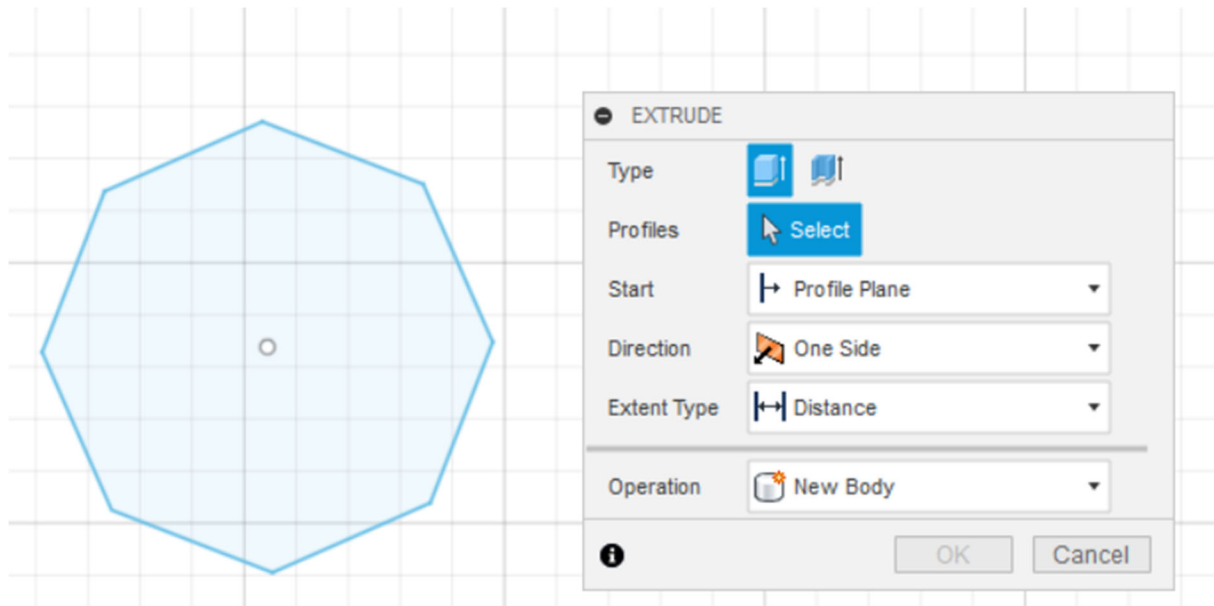


Abbildung 30 Dialogfenster „Extrusion“

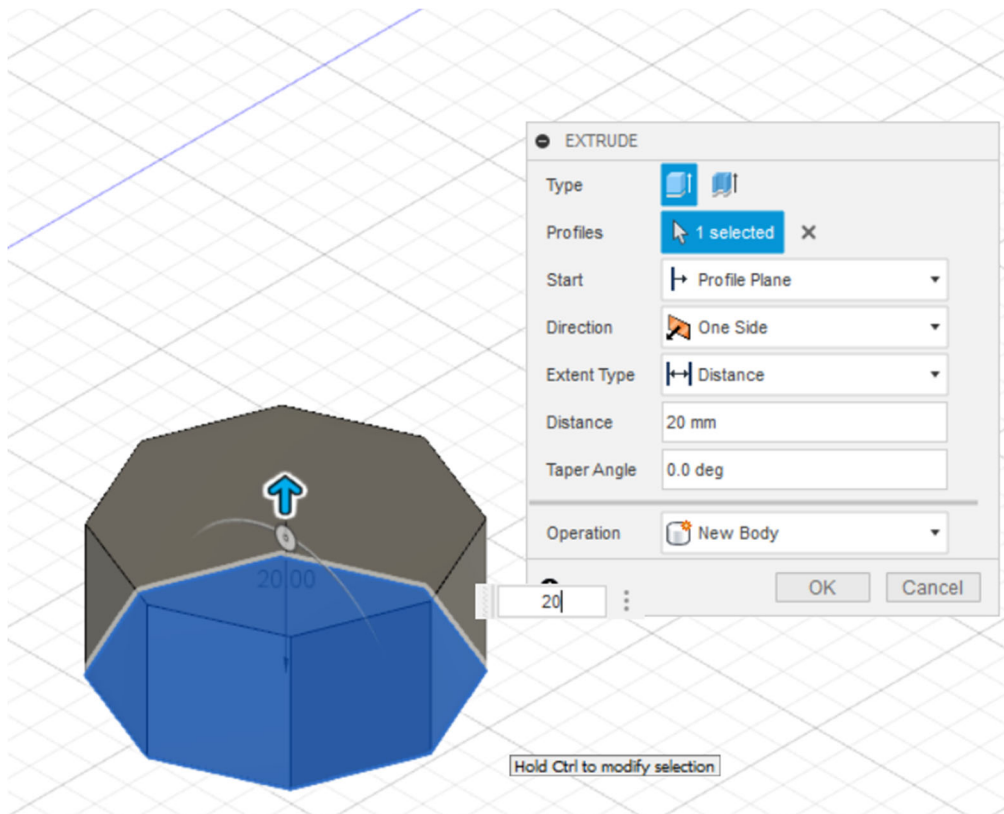
Zur Herstellung taktiler Lernmaterialien sind die automatische Voreinstellung dieser Funktion völlig ausreichend.

Wurde eine Skizzen-Innenfläche mit der Maus angeklickt, wird das Dialogfenster um zwei Textfelder erweitert. Im Textfeld „Abstand“ (engl. Distance) muss die Höhe der Extrusion in Millimeter angegeben werden. Im Beispiel in Abbildung 31 wird die Skizze um 20mm erhöht. Bei einem negativen Wert (d.h. mit „-“ als Vorzeichen), erfolgt die Extrusion in die entgegengesetzte Seite.

Volumenkörper besitzen eine graue Schattierung, die diese somit von blau schattierten Skizzen unterscheiden. Mithilfe der selten benötigten Eingabemöglichkeit „Verjüngungswinkel“ (engl. Taper Angle) erhält ein Körper bei positiven Winkelwerten eine Trichterform, bei negativen Werten eine Kegelform.

Die so erstellten Elemente werden in Fusion360 als „Volumenkörper“ bezeichnet.





**Abbildung 31 Extrusion-Dialogfenster**

Sobald ein Volumenkörper erstellt wurde, ist dieser auch in der linken Browserpalette sichtbar und fortlaufend nummeriert (als Körper 1, Körper 2 etc).

Mit jeder geschlossenen Skizze kann mit der Funktion „Extrusion“ wie oben beschrieben verfahren werden. Auch Text kann auf dieselbe Weise zum Volumenkörper umgewandelt werden. Hierfür wird ebenfalls zuerst die Funktion „Extrusion“ aufgerufen und anschließend mit der Maus der umzuwandelnde Buchstabe ausgewählt. Im Textfeld „Abstand“ muss die gewünschte Höhe des zu erstellenden Körpers eingegeben werden. Nach Betätigen der Schaltfläche „OK“ ist die Textskizze als Volumenkörper sichtbar. Jeder Buchstabe bzw. jedes Zeichen stellt hierbei einen separaten Volumenkörper dar und ist auch in der Browserpalette als solcher aufgeführt.

#### **4.4 Erstellen von Volumenkörpern ohne Skizzenfunktion**

Fusion360 bietet zudem die Möglichkeit komplexe Volumenkörper direkt zu erzeugen. So können etwa Quader und Zylinder erstellt werden, ohne, dass zuvor ein Rechteck oder Kreis gezeichnet werden muss.

Interessant sind diesbezüglich vor allem die Funktionen „Kugel“ (engl. Sphere) und „Torus“ (engl. Torus). Beide Funktionen sind sehr einfach in der Anwendung. Wurde die Funktion „Kugel“ (engl.: Sphere) aktiviert, muss lediglich die gewünschte Position des Volumenkörpers mit der Maus markiert und anschließend ein Durchmesser angegeben werden.

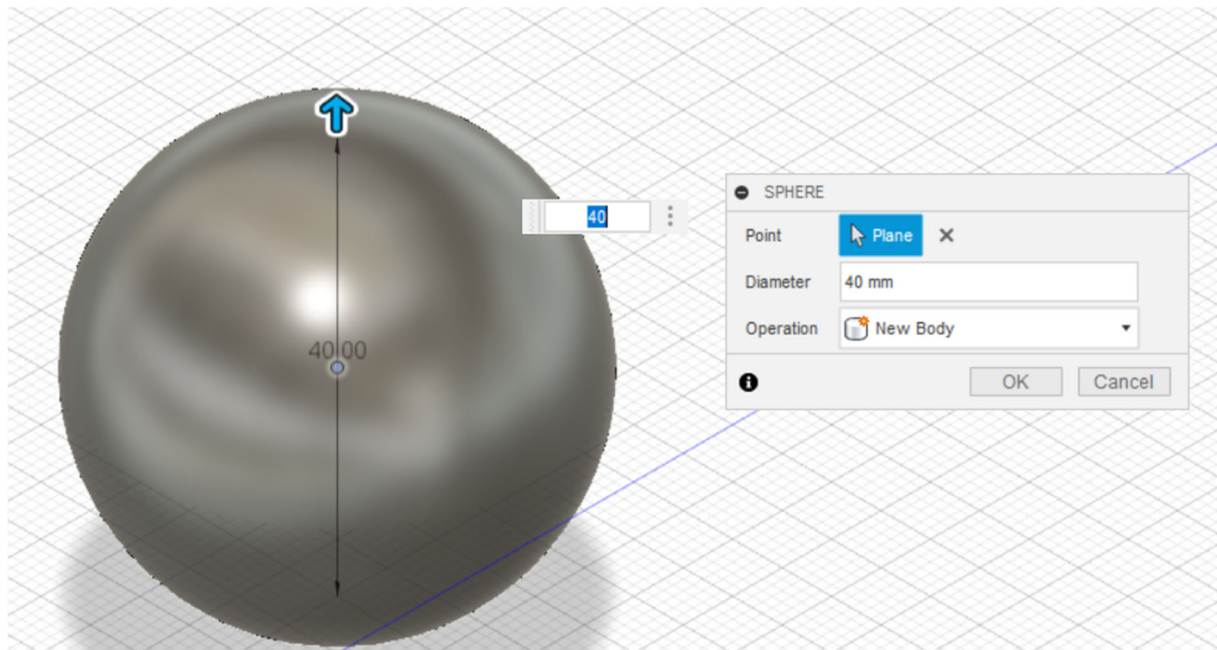


Abbildung 32 „Kugel“-Funktion

Mit der Funktion „Torus“ können Volumenkörper erstellt werden, die sich vor allem zur Darstellung von Kreisverkehren eignen. Mittels Skizzenfunktion wäre es aufwändig einen derartigen Volumenkörper zu konstruieren.

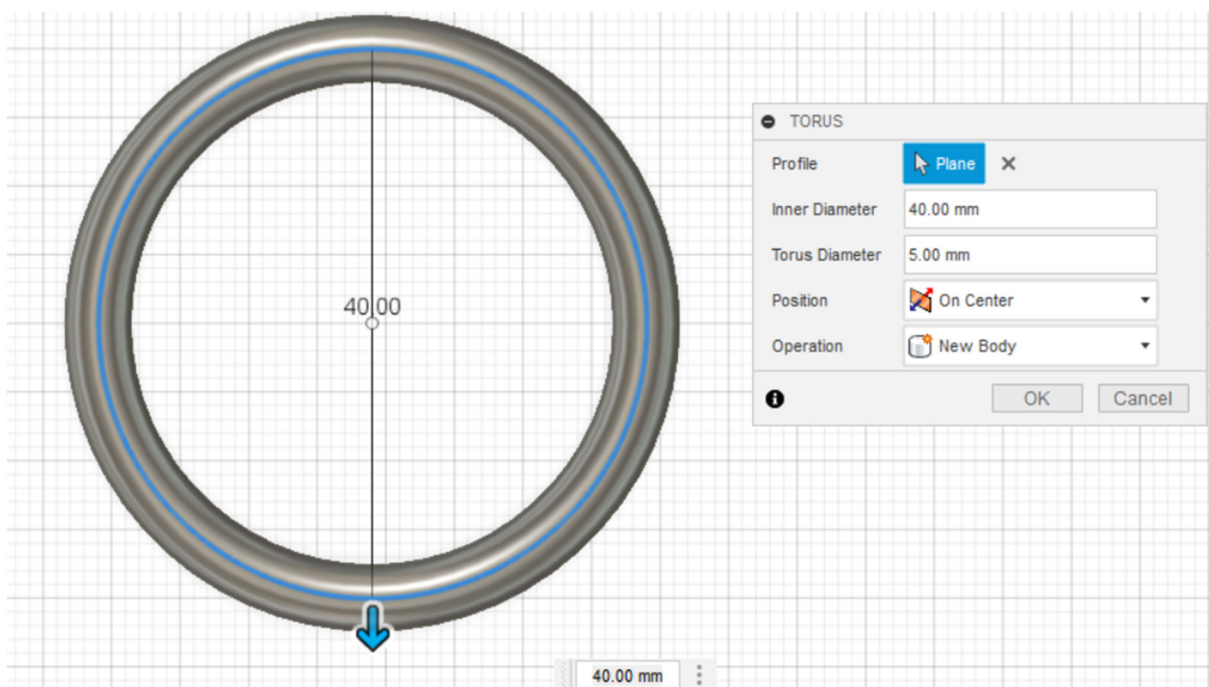


Abbildung 33 „Torus“-Funktion

Um einen solchen Torus-Körper zu konstruieren, muss im ersten Textfeld lediglich der Durchmesser sowie im zweiten Textfeld die Stärke des Torus eingegeben werden. Es sei darauf hingewiesen, dass der Innendurchmesser in der Standardeinstellung dem Durchmesser entspricht, der durch den Mittelpunkt des Torus verläuft. Im Auswahlfeld „Position“ kann der Messpunkt des Durchmessers allerdings verändert werden.

#### 4.5 Verschieben und Kopieren von Volumenkörpern

Das Verschieben und Kopieren von Volumenkörpern ist ebenso einfach, wie dies bei Skizzen der Fall ist. In dem in Abbildung 34 dargestellten Beispiel soll die Kugel auf die Spitze des Polyeders verschoben werden.

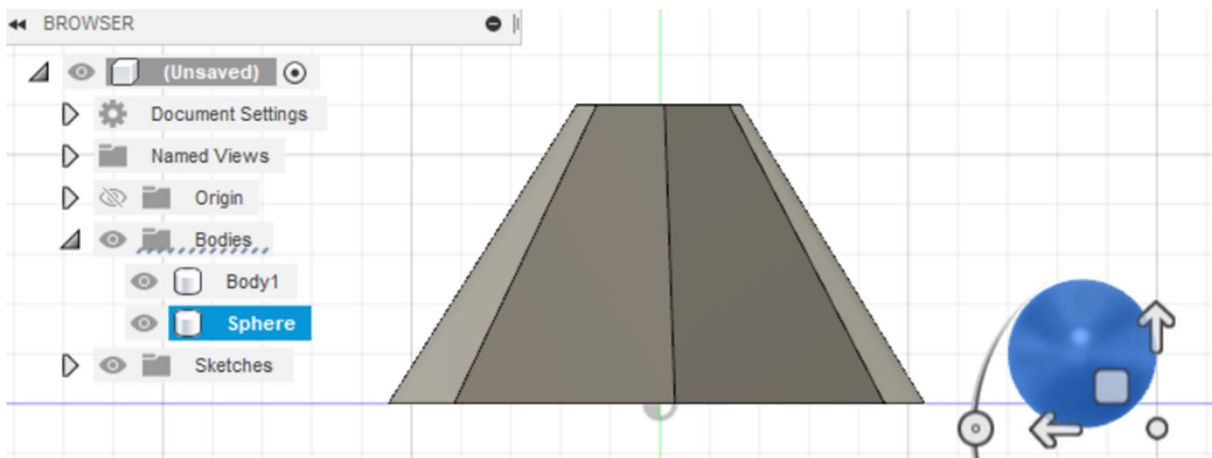


Abbildung 34 Verschieben von Volumenkörpern mithilfe des Bewegungs-Widgets

Hierzu wählt man am einfachsten in der Browserpalette mittels Mausklick den zu verschiebenden Körper aus. Dadurch wird, wie bei Skizzen, das Bewegungs-Widget eingeblendet. Durch Anklicken eines Richtungspfeils mit der Maus kann das gewählte Element in die entsprechende Richtung verschoben werden. Im oben gezeigten Beispiel kann die Kugel in der Ansicht nur entlang der Z- und X-Achse exakt verschoben werden. Um die Kugel aber mittig auf der Spitze des Polyeders zu platzieren, muss im View Cube die Ansicht „Oben“ (engl. Top) gewählt werden. Dies ermöglicht ein Verschieben des Volumenkörpers entlang der Y-Achse.

Wie beim Verschieben von Skizzen öffnet sich neben dem Bewegungs-Widget ein Dialogfenster. Hier können die entsprechenden Werte auch manuell eingegeben werden. Soll der ausgewählte Volumenkörper **kopiert** werden, muss das Kontrollfeld „Kopie erstellen“ (engl. Create Copy), das sich im unteren Bereich dieses Dialogfensters befindet, angehakt werden.

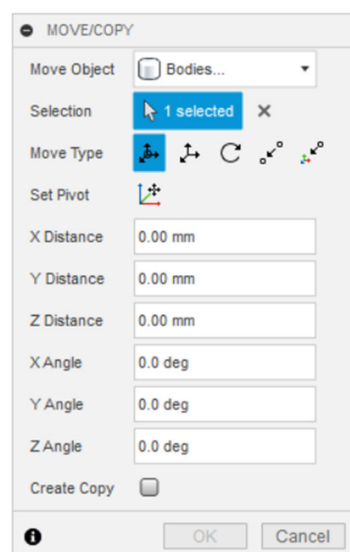


Abbildung 35 Dialogfenster „Verschieben/Kopieren“

## 4.6 Erstellen von Volumenkörpern mit den Funktionen „Drehen“ und „Sweep“

Fusion360 bietet weitere hilfreiche Funktionen, um Volumenkörper aus Skizzen zu erzeugen. Mithilfe der Funktionen „Drehen“ und „Sweep“ können Volumenkörper aus Skizzen erstellt werden, bei denen eine Rotationsachse oder ein Pfad verwendet wird.

### 4.6.1 „Drehen“-Funktion

Diese Funktion erlaubt die einfache Erstellung von runden Volumenkörpern, die um eine Achse gedreht werden. Im nachfolgenden Beispiel soll ein Sektglas erzeugt werden. Hierzu wird mit dem Skizzenwerkzeug „Linie“ zunächst nur eine Hälfte des Glases erstellt.

Anschließend muss im Werkkastenmenü „Erstellen“ (engl. Create) die Funktion „Drehen“ (engl. Revolve) ausgewählt werden. Daraufhin ist das zu drehende Profil zu markieren. Hierzu muss mit der linken Maustaste in den Flächenbereich der Skizze geklickt werden. Im nächsten Schritt muss die Drehachse, um die die Skizze rotieren soll, ausgewählt werden.

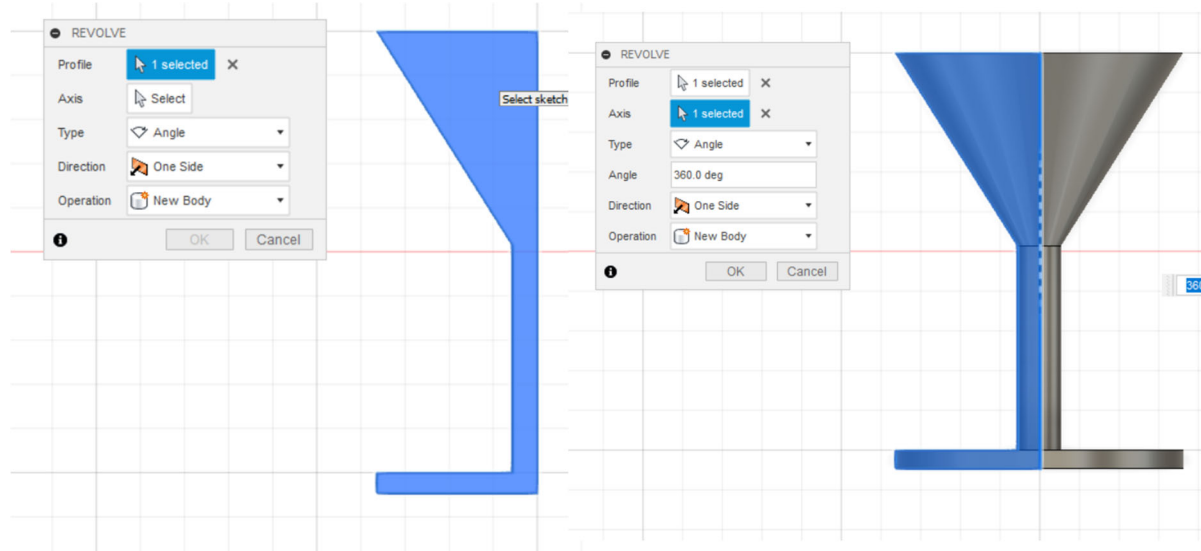


Abbildung 36 Funktion „Drehen“. Links: Auswahl des Profils. Rechts: Auswahl der Achse (rot)

Die Auswahl der Achse erfolgt ebenfalls mittels Klicks auf die linke Maustaste. Im Dialogfenster kann anschließend der Drehwinkel eingegeben werden. Im angegebenen Beispiel bleibt der Wert „360°“.



#### 4.6.2 „Sweep“-Funktion

Die Funktion „Sweep“ dient der Erzeugung von bogenförmigen, gewundenen oder winkelförmigen Volumenkörpern aus mindestens zwei Skizzenelementen. Ausgangspunkt sind hierfür meist:

1. eine Linie, die als Richtungspfad dient oder
2. eine geometrische Form, die rechtwinklig zum Pfad angeordnet ist.

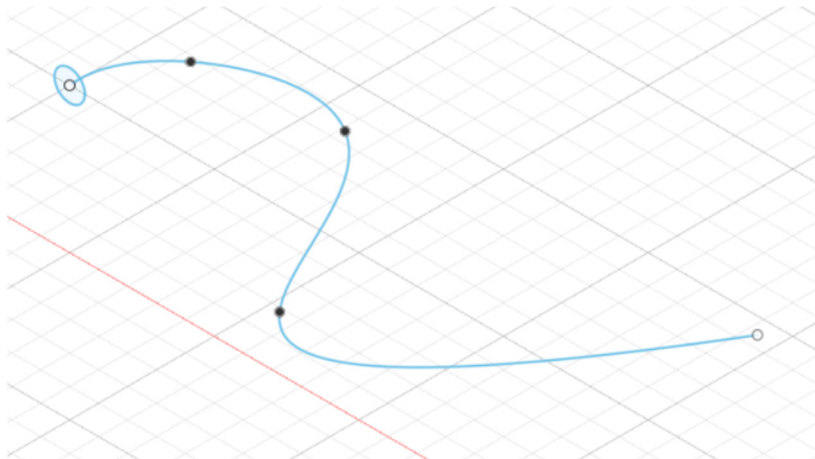


Abbildung 37 Grundlagen für die „Sweep“-Funktion

Die geometrische Form kann mit der Funktion „Sweep“ in Richtung der Linie, des Richtungspfades, extrudiert werden. Dafür muss zuerst der Menüpunkt „Erstellen“ (engl. Create) aus dem Werkzeugkasten und dann die Funktion „Sweep“ ausgewählt werden.

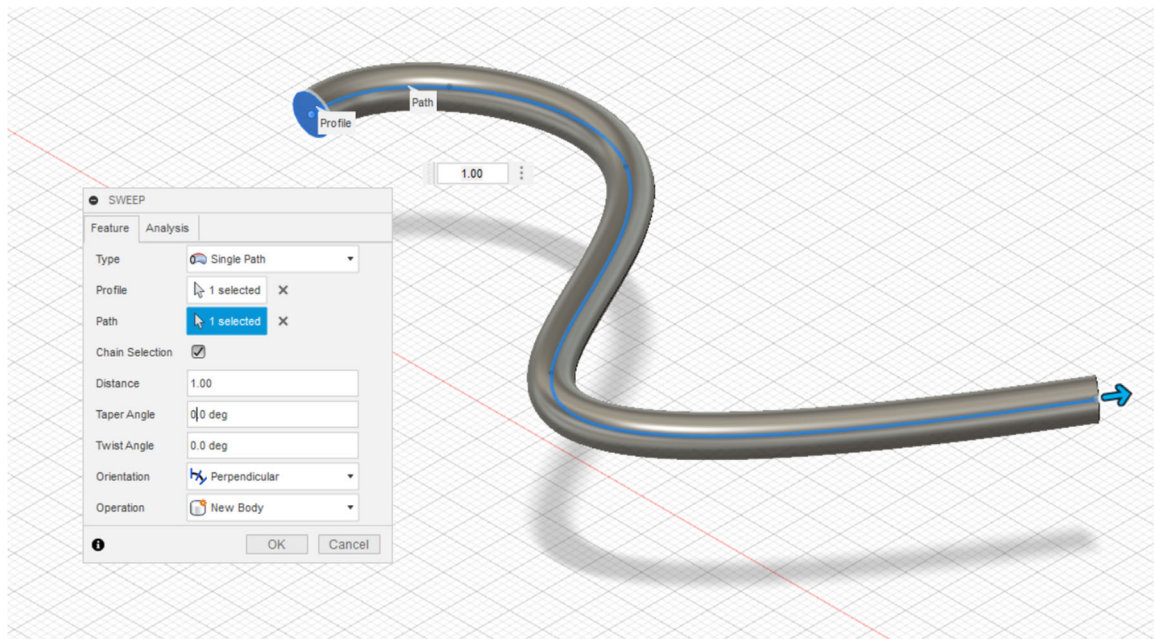


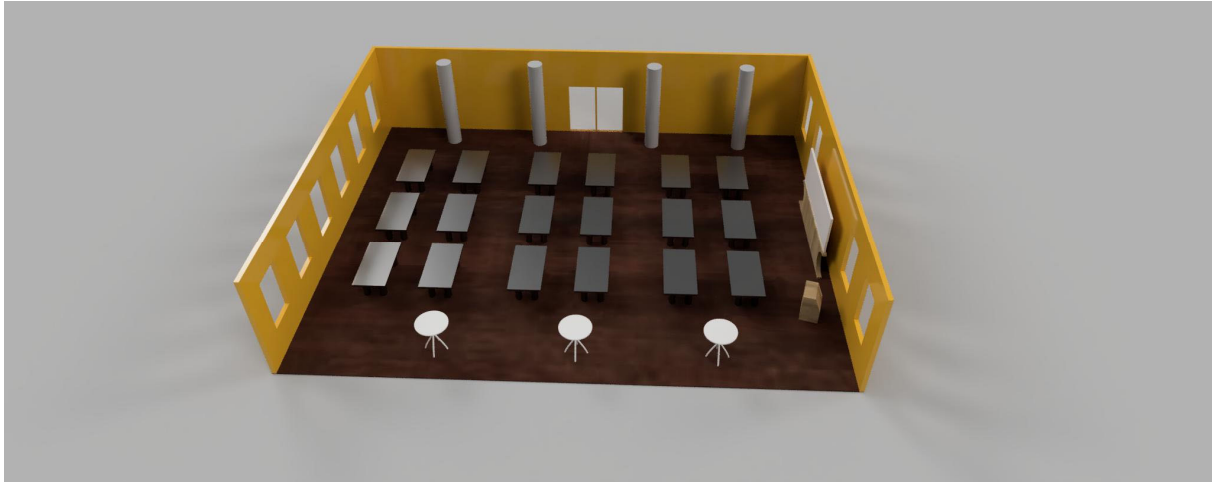
Abbildung 38 Dialogfenster der Funktion „Sweep“

Als erstes ist die Fläche der geometrischen Form als Profil zu markieren. Anschließend muss in der nächsten Zeile der Pfad mittels Klicks mit der linken

Maustaste auf die entsprechende Linie ausgewählt werden. Die Funktion wird durch die „OK“ Schaltfläche bestätigt.

## 5 Übungsaufgabe Grundriss

Die zuvor erläuterten Funktionen sind völlig ausreichend, um einen taktilen Raumplan zu erstellen. Ziel dieses Kapitels ist es, aufzuzeigen, wie ein taktiler Lageplan eines Konferenzraumes wie in Abbildung 39 abgebildet erstellt werden kann.



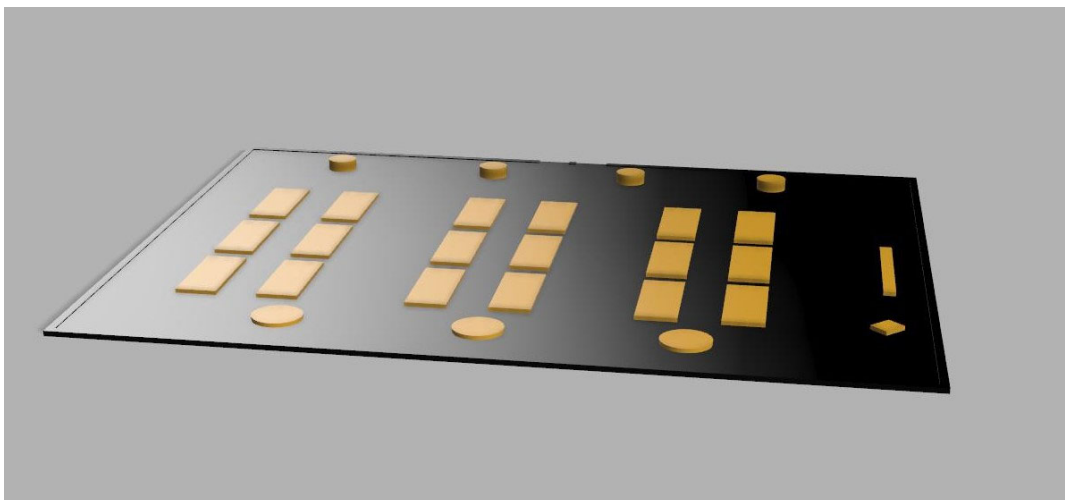
**Abbildung 39 Ansicht eines Konferenzraumes (Übungsaufgabe)**

Bei der Übung ist zu beachten, dass es nicht auf den genauen Maßstab des Grundrisses ankommt, sondern vielmehr auf die Anwendung der Funktionen von Fusion360.

Das Ziel ist die Erstellung eines taktilen Lageplans, der blinden Besuchern die Lage der:

- Eingangstüren,
- Tische und Tischanordnung,
- Säulen,
- Leinwand sowie des
- Rednerpults

aufzeigt.



**Abbildung 40 Aufgabenziel: Erstellung eines taktilen Lageplans**

Die verwendeten Abmessungen sind der Zeichnung im Anhang (Kapitel 12) zu entnehmen.

## 5.1 Grundriss und Bodenplatte

Die Grundplatte, auf der sich die darstellbaren Elemente befinden, bildet die Basis für taktile Lagepläne. In der Praxis wird oftmals die Größe des Lageplans durch die maximale Baugröße des 3D-Druckers vorgegeben. Je größer die Baugröße des 3D-Druckers ist, desto mehr Details können auf dem taktilen Lageplan dargestellt werden. In der Regel folgen auch die im 3D-Druck hergestellten taktilen Lagepläne den Darstellungsprinzipien, die von Plänen auf Schwellpapier oder dem Thermoformverfahren bekannt sind. Dies ist in den meisten Fällen ausreichend. Allerdings bietet das 3D-Druck-Verfahren auch die Möglichkeit, besondere Elemente vollständig und nicht nur im Grundriss darzustellen. In diesem Zusammenhang lernen auch Mobilitätstrainer, wie sie die neuen Möglichkeiten zu ihrem Vorteil nutzen können.

In der vorliegenden Übungsaufgabe soll lediglich ein flacher Lageplan erstellt werden.

Als Mindeststärke für die Grundplatte sollten 2 mm nicht unterschritten werden, um eine ausreichende Stabilität zu gewährleisten.

Für die praktische Übung wird von einer maximalen Baugröße des 3D-Druckers von 200x200 mm ausgegangen. Daher wurde eine Grundfläche von 200x158 mm für die Grundplatte gewählt. Um diese zu erstellen, muss in Fusion360 zunächst die Funktion „Skizze und Rechteck“ ausgewählt werden. Sodann muss ein Rechteck mit den Maßen 200x158 mm gezeichnet werden.

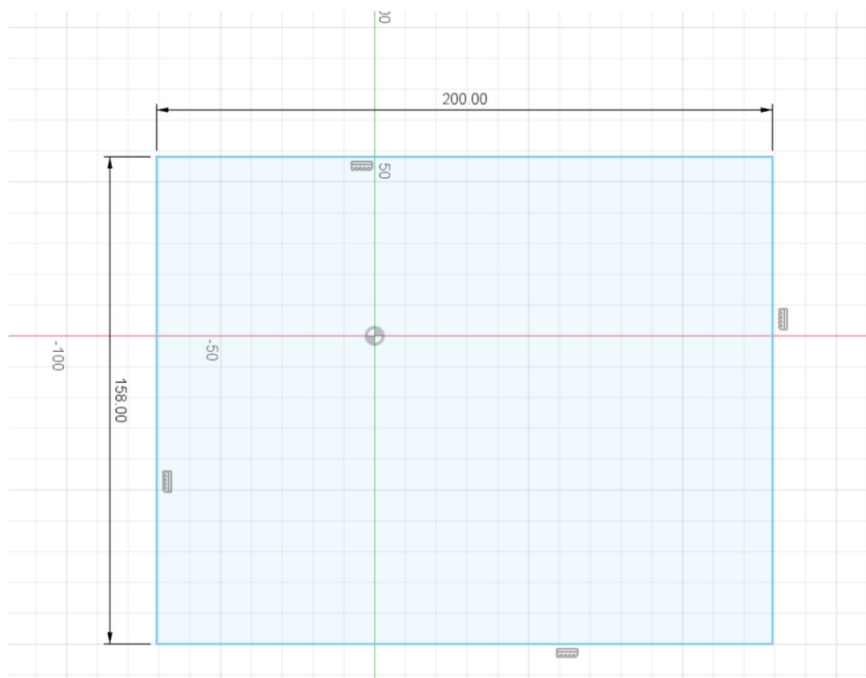
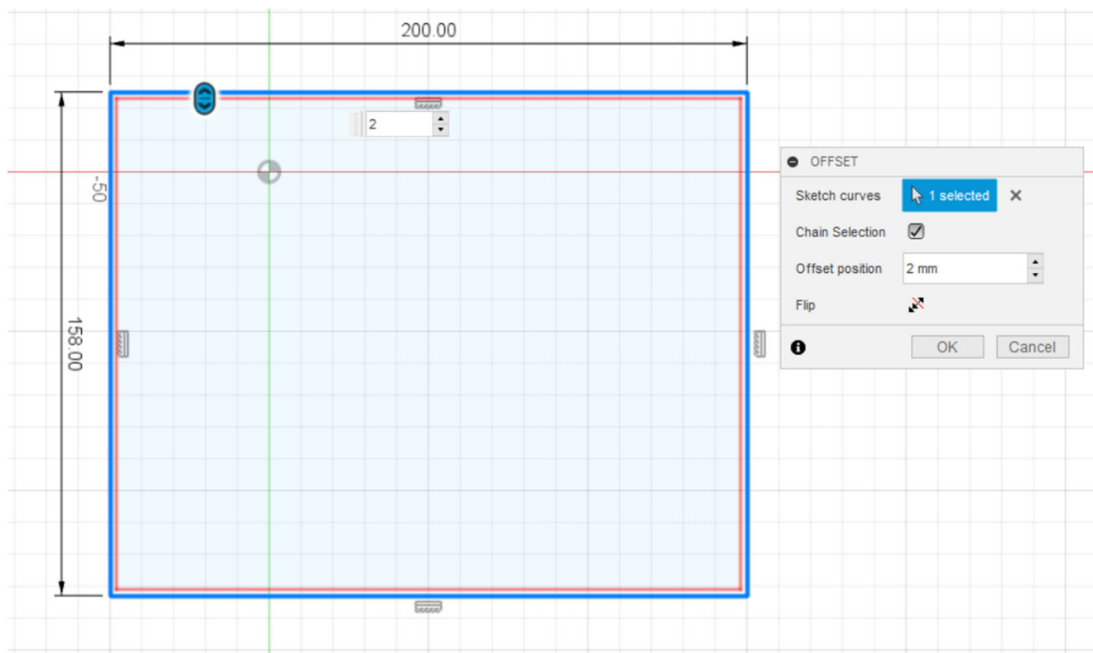


Abbildung 41 Rechteck für die Grundplatte

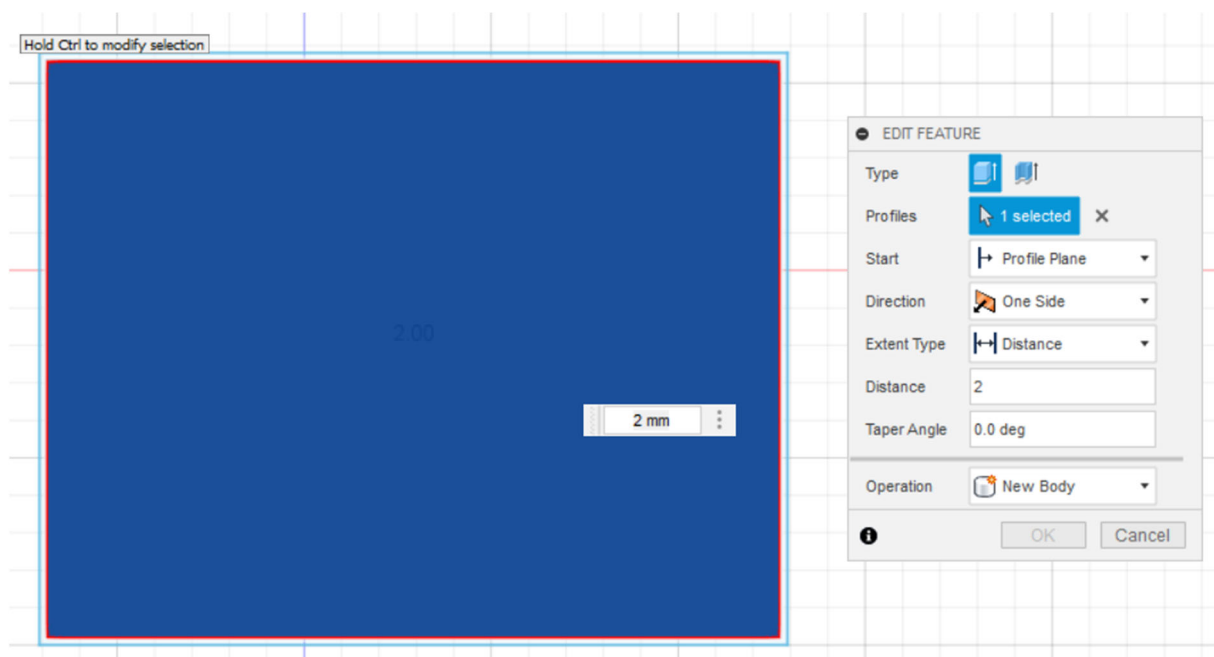


Bevor die Skizze fertiggestellt wird, ist im Werkzeugkasten unter „Ändern“ (engl. Modify) die Funktion „Versatz“ (engl. Offset) zu wählen. Als Versatz sind 2 mm einzugeben. Dieser Versatz dient der Darstellung der Wände.



**Abbildung 42 Versatz für die Wanddarstellung**

Der nächste Schritt besteht in der Extrusion der Bodenplatte sowie des Versatzes der Wände. Um die Grundplatte um 2 mm zu extrudieren, ist im Werkzeugkasten unter „Erstellen“ (engl. Create) die Funktion „Extrusion“ (engl. Extrusion) zu wählen. Anschließend muss das innere Quadrat mit der Maus angeklickt und im Textfeld „2 mm“ als Extrusionshöhe eingegeben werden.

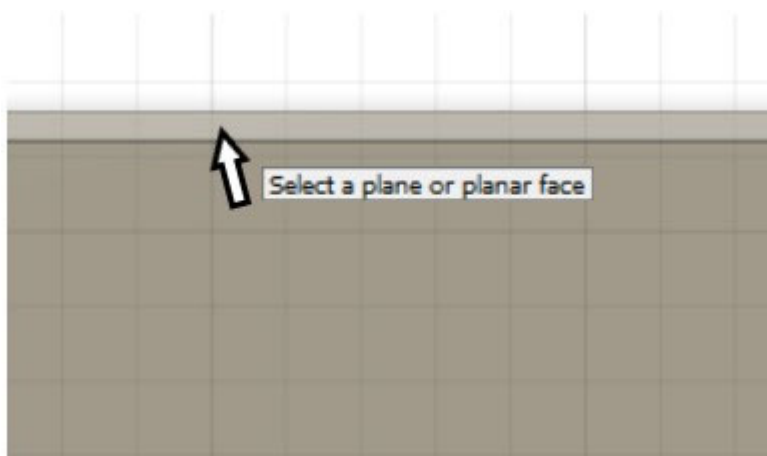


**Abbildung 43 2 mm-Extrusion der Bodenplatte**

Ebenso gilt es beim Versatz für die Wände vorzugehen. Nachdem die Funktion „Extrusion“ ausgewählt wurde, ist der Rahmen rund um die Grundplatte mit der linken Maustaste anzuklicken. Als Versatzgröße ist „3 mm“ einzutragen. Die Wand überlappt nun die Grundplatte um 1 mm.

Als nächstes gilt es die Aussparungen in der Stirnwand für die beiden Türen zu erstellen. Wie Abbildung 39 zu sehen ist, handelt es sich um eine Doppeltür mit einem Türpfosten in der Mitte. Um dies in der Konstruktion zu realisieren, muss zunächst eine Skizze mit zwei Rechtecken für die beiden Türblätter gezeichnet werden. Jede Tür soll 9 mm breit sein; der Türpfosten soll eine Breite von 1 mm besitzen.

Um die Aussparungen nun zu zeichnen, wird im Werkzeugkasten „Skizze erstellen“ ausgewählt. Anschließend wird die Oberfläche des Wandkörpers an der Kante der Grundplatte angeklickt.



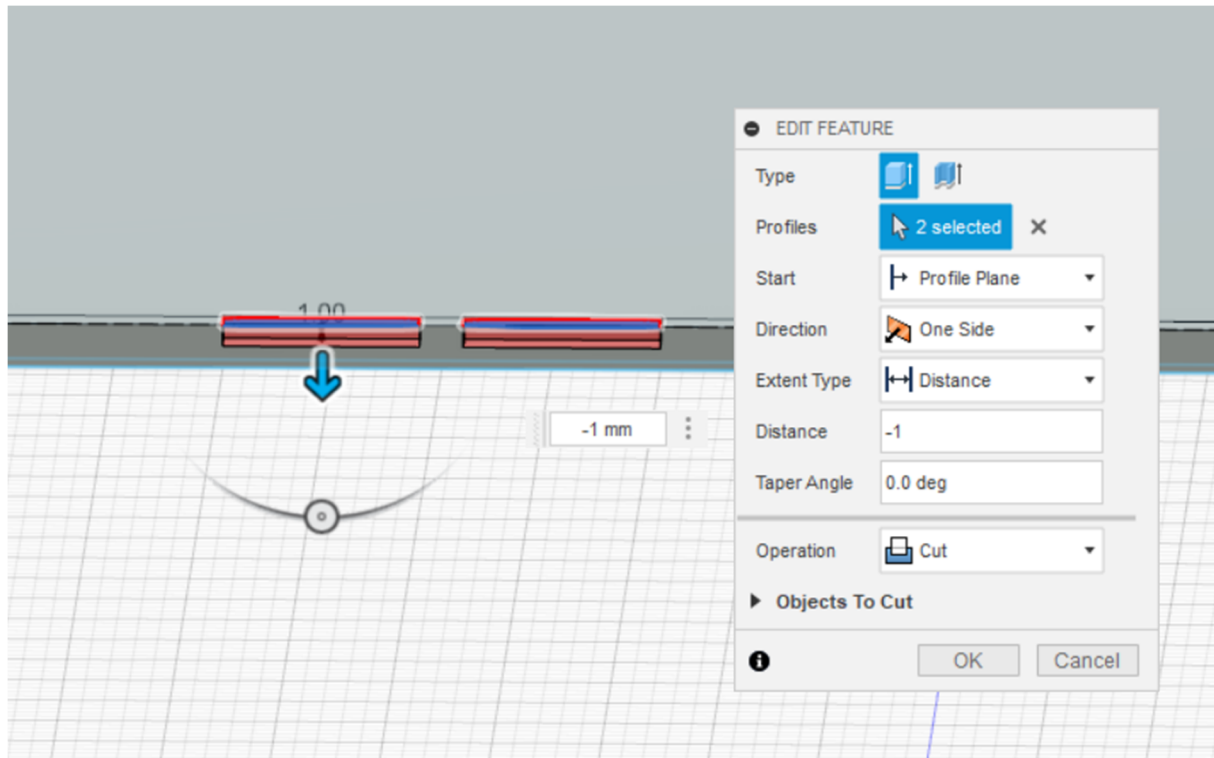
**Abbildung 44 Auswahl der Skizzenebene für Türen**

Dies bewirkt, dass die Skizze auf der Höhe der Wandoberfläche erstellt wird. Um den Mittelpunkt der Grundplatte sowie die Position der Türblätter zu ermitteln, kann das Hintergrundraster verwendet werden. Daraufhin werden die Rechtecke für die Türblätter entsprechend auf dem Wandkörper gezeichnet. Um den Vorgang zu beenden, muss die Schaltfläche „Skizze fertigstellen“ (engl. Finish sketch) aktiviert werden.



**Abbildung 45 Hilfsraster zur Positionierung der Türen**

Nach Fertigstellung der Skizze ist erneut die Funktion „Extrusion“ zu aktivieren und bei gedrückter STRG-Taste (engl. Ctrl) mit der linken Maustaste beide soeben gezeichneten Rechtecke auszuwählen.



**Abbildung 46 Extrusion mit negativen Werten zum Ausschneiden**

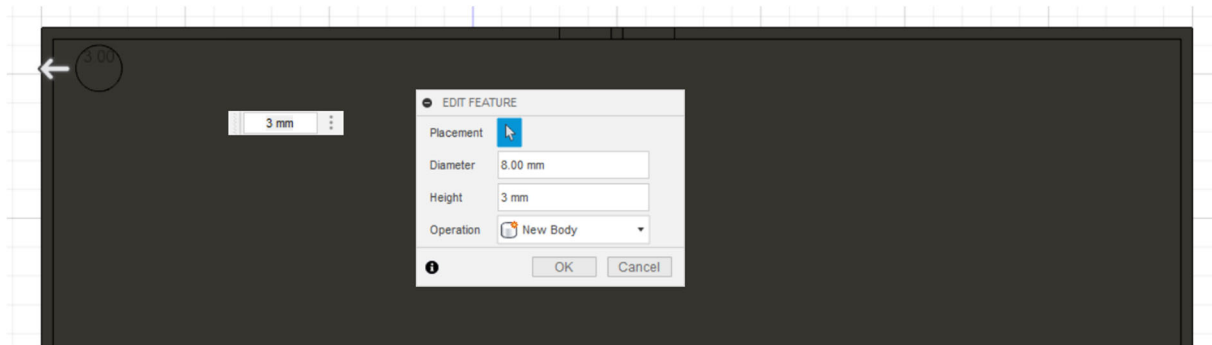
Im Textfeld ist nun für die Extrusion ein negativer Wert („-1 mm“) anzugeben. In der Ansicht wird nun ein roter Bereich unterhalb der Rechtecke angezeigt. In der Zeile „Vorgang“ (engl. Operation) steht diesmal nicht „Verbinden“ (engl. Join) oder „Neuer Körper“ (engl. New Body), sondern „Ausschneiden“ (engl. Cut). Diese Option wird bei Fusion360 immer voreingestellt, wenn eine Extrusion in einen Volumenkörper hineinragt. Deshalb eignet sich die „Extrusion“-Funktion auch zum Erstellen von Aussparungen.

Im vorliegenden Übungsbeispiel wird die Wand auf die Höhe der Bodenplatte gesetzt, wodurch die Aussparung für die beiden Türflügel erzeugt werden.

## 5.2 Säulen und Mobiliar

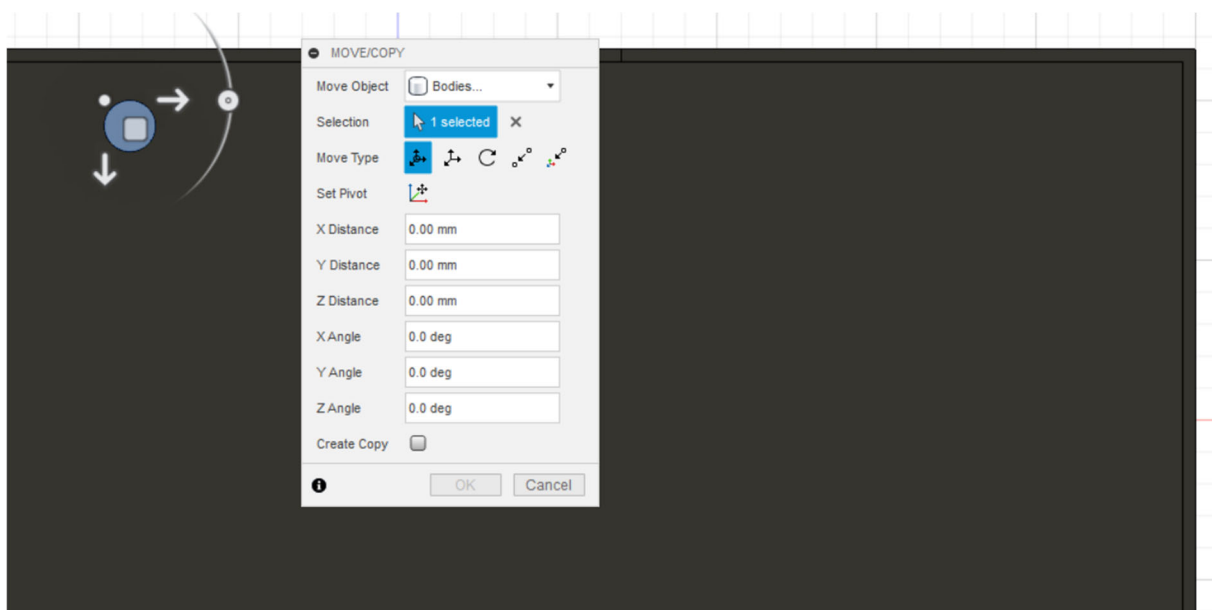
Als nächstes sollen die Säulen, Konferenztische, Leinwand, das Rednerpult und die Bistrotische erstellt werden. Dies funktioniert mithilfe der Volumenkörperfunktionen „Quader“ (engl. Box) und „Zylinder“ (engl. Cylinder) im Menü „Erstellen“.

Zunächst sind die vier Säulen im vorderen Bereich zu erzeugen. Hierzu wird die Funktion „Zylinder“ ausgewählt und der Mauszeiger auf der Bodenplatte positioniert. Mit gedrückter linker Maustaste wird nun der Durchmesser des Zylinders gezeichnet. Im Dialogfenster ist „8 mm“ als Durchmesser und „3 mm“ als Höhe einzutragen.



**Abbildung 47 Erste Säule, erzeugt mithilfe der „Zylinder“-Funktion, 8 mm Durchmesser, 3 mm Höhe**

Nun wird die Säule an die gewünschte Position verschoben. Das Hilfsraster im Hintergrund kann hierbei zur Hilfe genommen werden. Nun wird in der Browserpalette die Säule mittels linken Mausklicks ausgewählt. Anschließend ist mit der **rechten** Maustaste das Kontextmenü zu öffnen. Dort gilt es die Option „Verschieben/Kopieren“ (engl. Move/Copy) auszuwählen. Mit dem erscheinenden Bewegungs-Widget kann nun die Säule nach rechts verschoben werden. Hierzu muss einfach der nach rechts weisende Pfeil angeklickt werden.

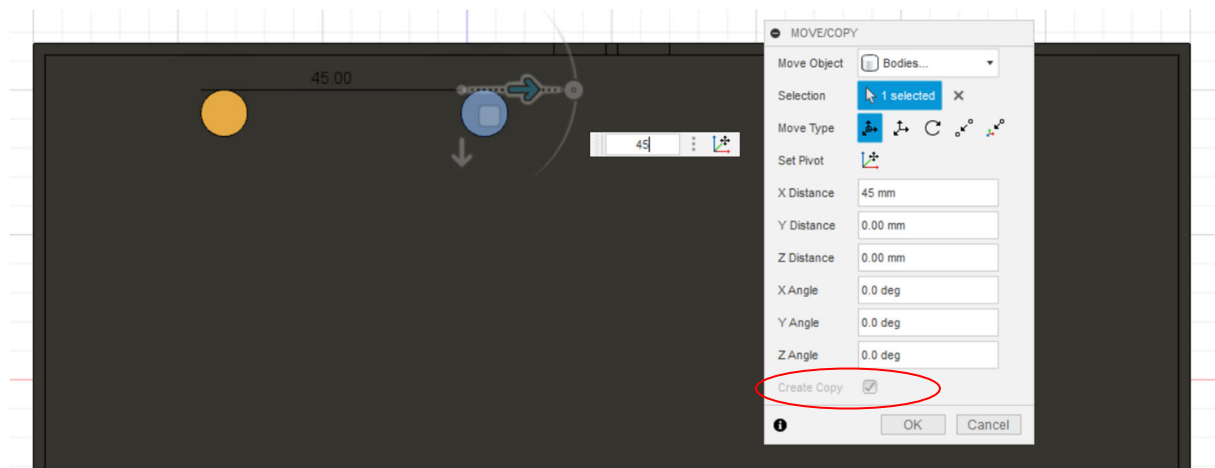


**Abbildung 48 Verschieben der Säule mittels Bewegungs-Widget**

Der Verschiebungsvorgang kann entweder mit der Maus oder durch Eingabe des X-Achsen-Wertes im Dialogfenster erfolgen. Nachdem die erste Säule an die korrekte Position verschoben wurde, müssen die verbleibenden drei Säulen erstellt werden. Statt den oben beschriebenen Vorgang dreimal zu wiederholen, ist es einfacher, nun die Funktion „Kopieren“ anzuwenden, da so nicht jedes Mal die Säulengröße angegeben werden muss. Um die Säule zu kopieren, muss wie oben beschrieben der Säulenkörper über die Browserpalette mit der linken Maustaste ausgewählt werden und anschließend mittels **rechtem** Mausklicks das Kontextmenü geöffnet werden. Es ist erneut die Funktion „Verschieben/Kopieren“ auszuwählen, wobei nun

zusätzlich das Kontrollfeld „Kopie erstellen“ (engl. Create Copy) anzuhaken ist. Da die Kopie um „45 mm“ auf der X-Achse verschoben werden soll, ist dieser Wert ebenfalls im entsprechenden Feld anzugeben.

Durch Betätigen der OK-Taste wird eine Kopie der Säule erstellt, die 45 mm rechts von der ursprünglichen Säule positioniert wird.

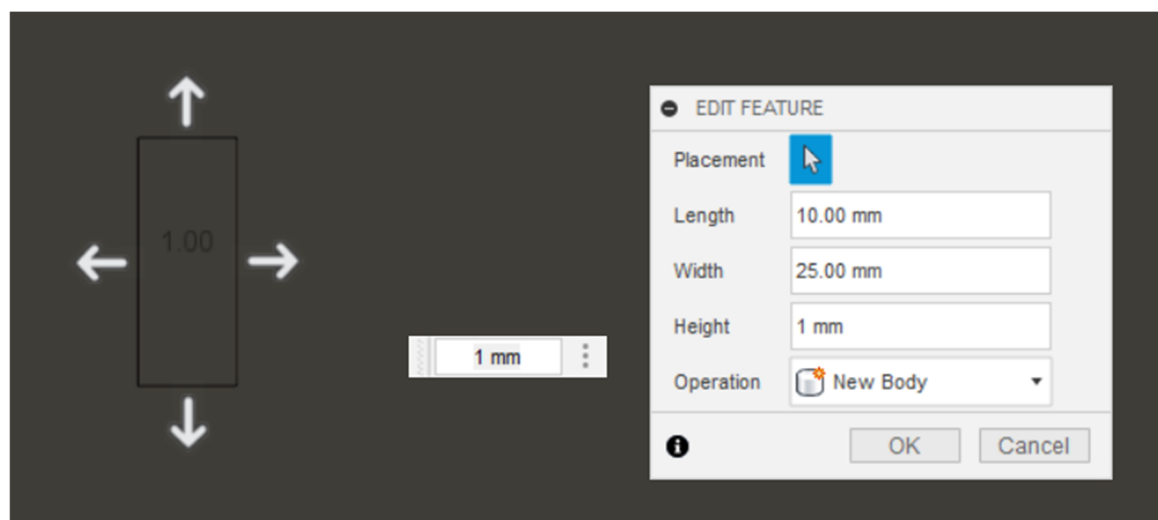


**Abbildung 49 Kopieren eines Volumenkörpers und gleichzeitiges Verschieben**

Dieser Vorgang nun noch zweimal wiederholt werden. Anschließend sind alle vier Säulen vorhanden.

Nun geht es an die Erstellung der 18 Konferenztische. Hierfür wird – ähnlich wie bei den Säulen – zunächst ein Tisch mit der Funktion „Quader“ (engl. Box) erstellt und anschließend kopiert.

Nachdem die Funktion „Quader“ aktiviert und die Maus unterhalb der ersten Säule positioniert wurde, ist ein Rechteck mit den Maßen 10x25 mm zu ziehen. Die Höhe soll „1 mm“ betragen. In der Zeile „Vorgang“ (engl. Operation) ist darauf zu achten, dass die Option „Neuer Körper“ (engl. New Body) ausgewählt wurde. Durch Betätigen der Schaltfläche „OK“ wird die Funktion beendet.



**Abbildung 50 Tisch erstellt mithilfe der „Quader“-Funktion**

Der so erzeugte Tisch kann nun mehrfach kopiert und verschoben werden, wobei für das vorliegende Übungsbeispiel der Tisch zunächst einmal kopiert und nach unten verschoben wird. Dies ist dann ein weiteres Mal zu wiederholen. So wird die linke 3er-Tischreihe erzeugt.

Im Detail ist hier folgendermaßen vorzugehen: Als erstes wird in der Browserpalette der erste Tisch mittels linken Mausklicks ausgewählt. Der Tisch sollte der letzte verfügbare Körper in der Liste sein. Durch Betätigen der rechten Maustaste wird sodann das Kontextmenü geöffnet, wo die Funktion „Verschieben/Kopieren“ auszuwählen ist. Wichtig hierbei ist, dass das Kontrollfeld „Kopie erstellen“ (engl. Create Copy) angehakt wird. Da der Tisch auf der Z-Achse verschoben werden soll, ist im entsprechenden Feld der Wert „30 mm“ einzugeben.

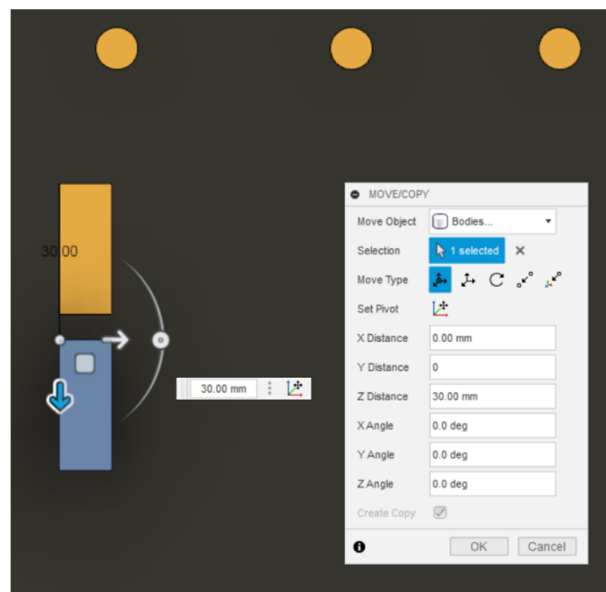
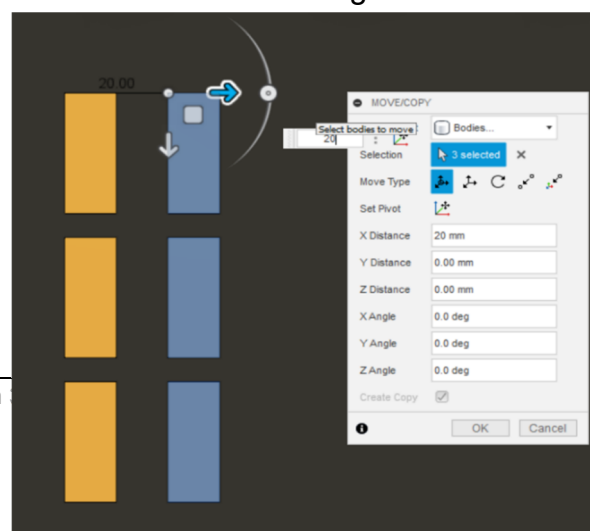


Abbildung 51 Kopieren des ersten Tisches auf der Z-Achse

Dieser Vorgang ist mit dem soeben erzeugten zweiten Tisch zu wiederholen. So entsteht die erste Tischreihe. Diese kann anschließend als Ganzes kopiert und nach rechts verschoben werden, wodurch der erste Tischblock entsteht. Hierzu müssen allerdings die drei Tische in der Browserpalette **gleichzeitig** markiert werden. Dies gelingt, indem die letzten drei Einträge „Körper.“ bei gedrückter Umschalttaste mit der linken Maustaste angeklickt werden. Diese werden sodann in blauer Farbe dargestellt. Das Kontextmenü kann mit der rechten Maustaste geöffnet werden. Achtung: Das Kontrollfeld „Kopie erstellen“ (engl. Create Copy) muss angehakt werden. Da die Tischgruppe auf der X-Achse um 20 mm verschoben werden soll, ist der Wert in der entsprechenden Zeile einzutragen.



### Abbildung 52 Kopieren mehrerer Körper

Dieser 6er-Tischblock kann nun auf die gleiche Weise als Ganzes kopiert und verschoben werden, indem alle sechs Tische markiert, kopiert und auf der X-Achse versetzt werden. Als Wert zum Verschieben auf der X-Achse ist „54 mm“ anzugeben. Nach erfolgreichem Kopier- und Verschiebevorgang sollte nun der zweite 6er-Tischblock ersichtlich sein. Dieser Kopier-Vorgang ist nun erneut zu wiederholen, um auch den dritten 6er-Tischblock zu erstellen.

Es verbleiben noch die Leinwand sowie das Rednerpult. Auch in diesen Fällen wird die Funktion „Quader“ (engl. Box) angewandt. Die Leinwand wird auf die gleiche Art und Weise erstellt, wie auch der erste Tisch erstellt wurde. Die Leinwand soll über die folgenden Maße verfügen: Länge: 3 mm, Breite: 34 mm, Höhe: 1 mm.

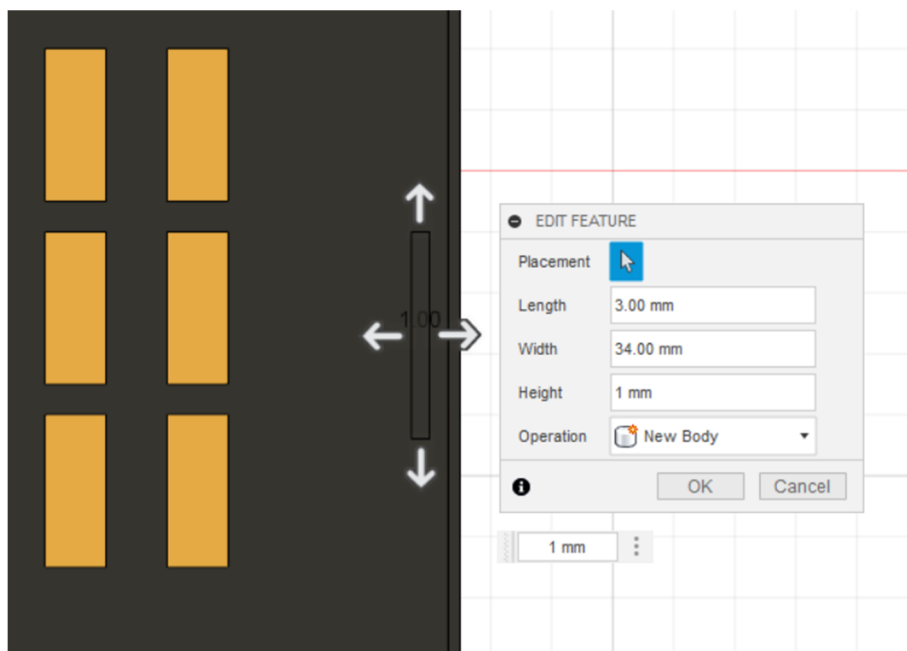
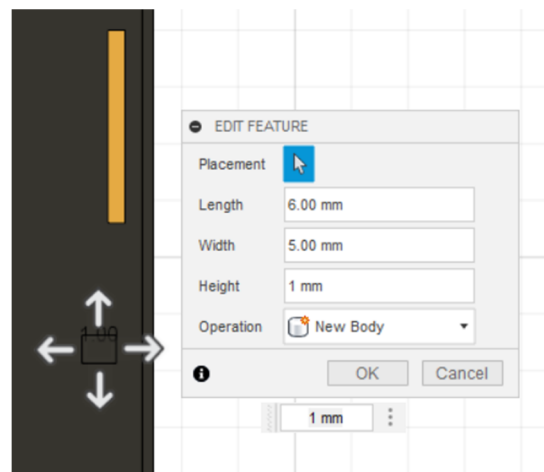


Abbildung 53 Erzeugen der Leinwand

Um das Rednerpult zu erzeugen, muss identisch vorgegangen werden, wobei die folgenden Maße zu wählen sind: Länge: 6 mm, Breite: 5 mm, Höhe: 1 mm.





### Abbildung 54 Erzeugen des Rednerpultes

Das Erstellen der Bistrotische erfolgt analog zu den Tischgruppen. Es muss zunächst ein Bistrotisch gezeichnet werden, der anschließend zweimal kopiert und jeweils um 47mm nach rechts verschoben wird. Jeder Bistrotisch soll über die folgenden Maße verfügen: Durchmesser: 12 mm, Höhe: 1 mm.

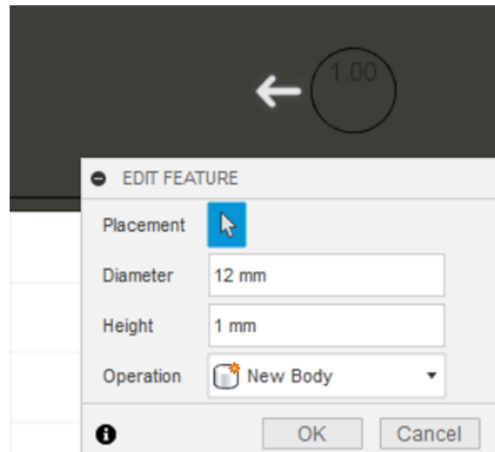
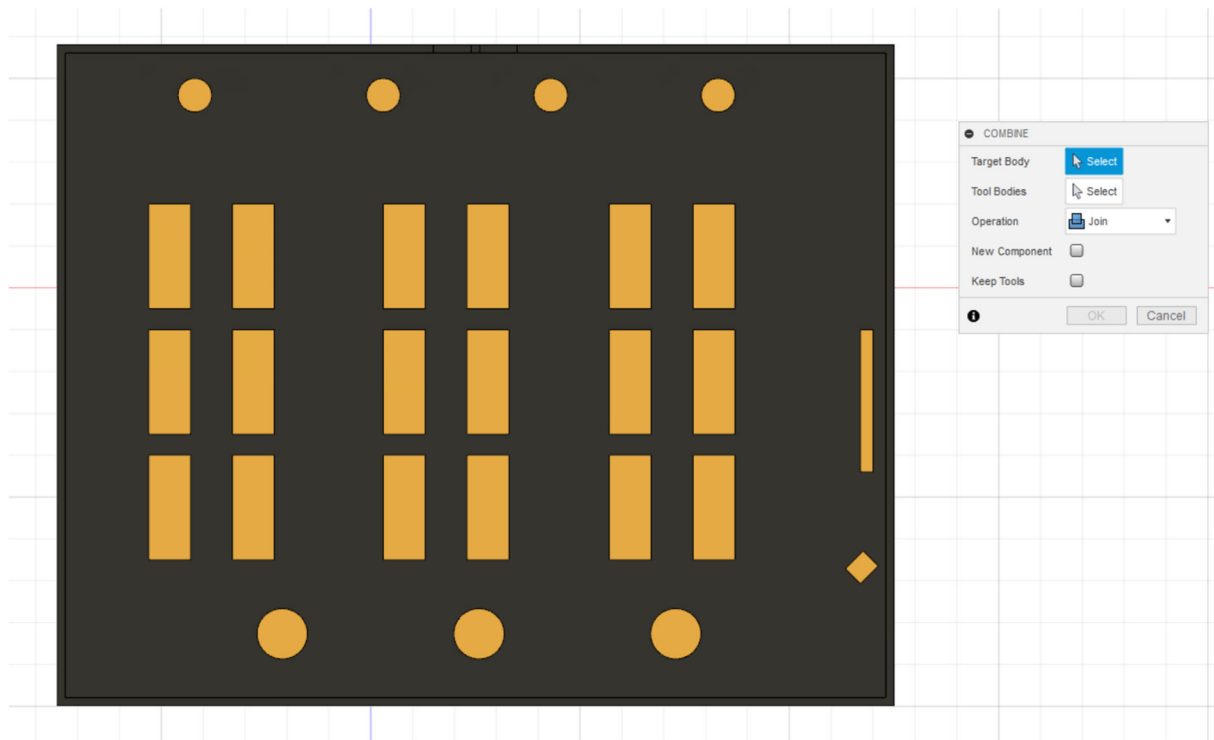


Abbildung 55 Maße der Bistrotische

### 5.3 Kombinieren der Volumenkörper

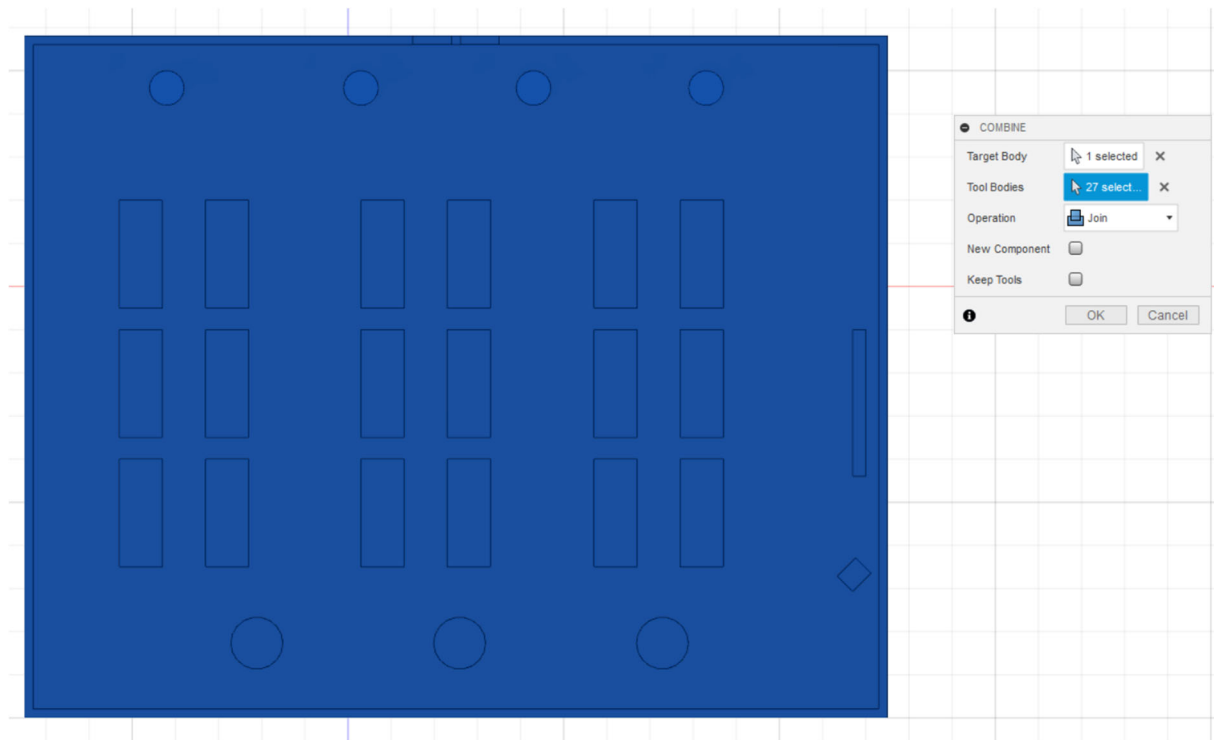
Damit die Elemente, die auf der Grundplatte angeordnet sind, kopiert werden können, wurden diese als „Neuer Körper“ (engl. New Body) erstellt. Entsprechend sollten in der Browserpalette nun 28 Körper (engl. Body) aufgeführt sein. Bevor das erzeugte Modell jedoch als STL-Datei exportiert werden kann, müssen die 28 Körper zunächst miteinander kombiniert werden. Hierzu wird das „Ändern“-Menü (engl. Modify) aus der Werkzeugpalette benötigt. Dieses Menü kann durch Klick auf das gleichnamige Drop-Down Dreieck geöffnet werden. Hier muss nun die Funktion „Kombinieren“ (engl. Combine) ausgewählt werden, woraufhin ein Dialogfenster neben dem Grundriss erscheint.



**Abbildung 56 „Kombinieren“-Funktion**

Im Dialogfenster ist in der Zeile „Zielkörper“ (engl. Target Body) jener Volumenkörper auszuwählen, in den die anderen Körper integriert werden sollen. Dazu muss mit der linken Maustaste auf die Grundplatte geklickt werden. Sogleich erscheint in der Zeile „Zielkörper“ der Wert „1 Ausgewählt“ (engl. 1 selected). In der Zeile „Werkzeugkörper“ (engl. Tool Bodies) werden die zu integrierenden Körper ausgewählt. Hierzu klickt man mit der linken Maustaste alle sich auf der Grundplatte befindenden Elemente an. Die Elemente werden nach dem Klick blau dargestellt. In der Zeile „Werkzeugkörper“ erhöht zudem sich die Zahl der ausgewählten Körper. Die Auswahl der Werkzeugkörper kann auch über die Browserpalette erfolgen.

Wenn alle Elemente markiert sind, sollte die Konstruktion wie unten gezeigt aussehen:



**Abbildung 57 Ziel und Werkzeugkörper vollständig ausgewählt**

Durch Betätigen der „OK“-Schaltfläche werden die ausgewählten Körper vereint. In der Browserpalette sollte sodann nur noch ein einziger Körper zu sehen sein. Sind jedoch weiterhin mehrere Körper zu sehen, bedeutet dies, dass diese Körper entweder vor dem Kombinieren nicht ausgewählt wurden oder nicht kombinierbar sind, da die Körper nicht miteinander verbunden sind. Letzteres bedeutet beispielsweise, dass eine Lücke zwischen zwei Körpern bestehen könnte. Dies muss aus verschiedenen Perspektiven überprüft werden und gegebenenfalls ein Körper mittels „Verschieben/Kopieren“-Funktion entsprechend neu positioniert werden.

## 6 Erstellen von STL-Dateien

STL-Dateien aus einer Konstruktion in Fusion360 zu generieren, ist relativ einfach. Es ist jedoch wichtig, dass der umzuwandelnde Körper so kombiniert/zusammenhängend wie möglich ist. Besteht dieser nämlich aus mehreren, nicht miteinander kombinierten Volumenkörpern, kann es zu Fehlern in der STL-Datei kommen. Außerdem kann es passieren, dass einzelne Volumenkörper nicht exportiert werden.

Das Modell aus Kapitel 5 erfüllt die genannten Voraussetzungen. Sofern noch nicht geschehen, muss die Datei in Fusion360 geladen werden. Nachdem die Konstruktion geladen ist, muss der Menüpunkt „Werkzeuge“ (engl. Tools) aus dem Werkzeugkastenmenü geöffnet werden. In der nun veränderten Anzeige ist die Funktion „3D-Druck“ (engl.: 3D Print) aus dem Menü „Erstellen“ (engl. Make) geöffnet werden.

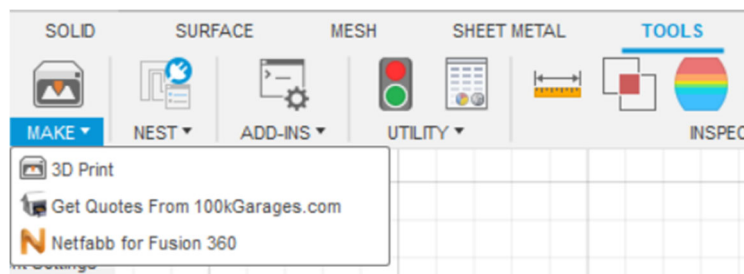


Abbildung 58 Funktion „3D-Druck“ im Menü „Erstellen“

Es erscheint ein neues Dialogfeld. Sollte dort im unteren Bereich das Kontrollfeld „An 3D-Dienstprogramm senden“ (engl. Send to 3D Print Utility) aktiviert sein, ist dieses zu deaktivieren. Anschließend wird mit der linken Maustaste auf den Grundriss geklickt. Die Anzeige ändert sich und die Konstruktion wird als Mesh angezeigt.

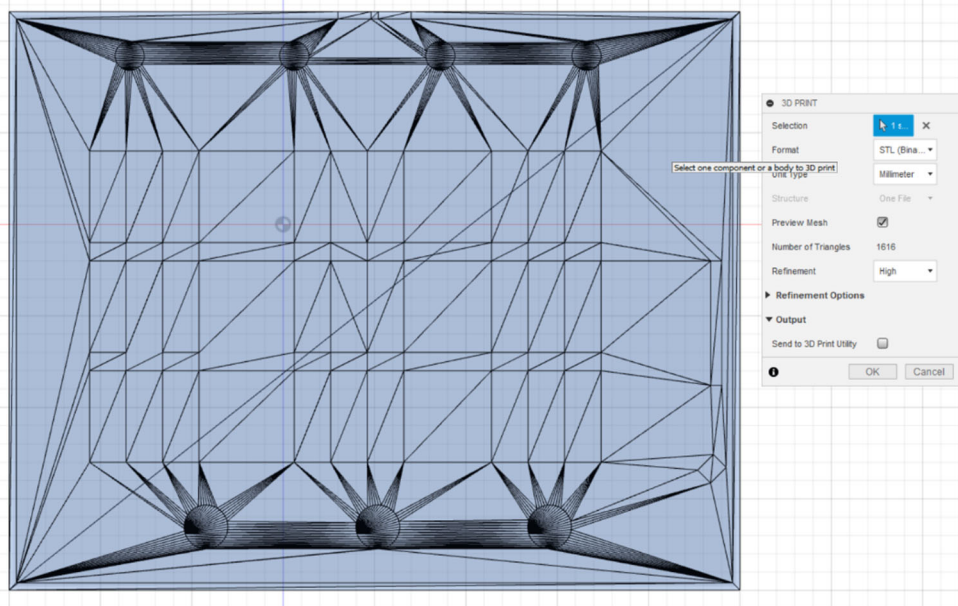


Abbildung 59 Funktion „3D-Druck“ nach Auswahl des betreffenden Körpers

Nach Betätigen der „OK“-Schaltfläche kann der Dateiname und Speicherort für die STL-Datei eingegeben werden.

## 7 Erstellen von taktilen Lageplänen aus Grafiken

In Fusion360 besteht auch die Möglichkeit, Grafiken wie Grundrisse oder Fotos als Grundlage für die Konstruktion von Lageplänen einzubinden. Im Prinzip wird eine Grafik als Vorlage zum Nachzeichnen mit der Skizzenfunktion verwendet.

Als Übungsbeispiel soll der Grundriss des Konferenzraumes aus Kapitel 5 in Fusion360 eingebunden und anschließend nachgezeichnet werden.

Hierzu muss als erstes ein Rechteck von ungefährender Größe des Grundrisses in einem neuen Projekt gezeichnet werden. Im vorliegenden Beispiel ist dies ein Rechteck in der Größe von 200x158 mm. Nachdem das Rechteck erstellt wurde, kann die Skizze durch Klick auf die Schaltfläche „Skizze Fertigstellen“ geschlossen werden.

Anschließend ist im Werkzeugkasten der Menüpunkt „Einfügen“ (engl. Insert) auszuwählen. Hier wiederum muss die Funktion „Ansichtsbereich“ (engl. Canvas) gewählt werden. Daraufhin öffnet sich ein Datenfenster, in dem das Quellverzeichnis ausgewählt wird, in dem die Grafik des Grundrisses liegt. Nach Auswahl der Grafik erscheint erneut der Bearbeitungsbereich von Fusion360 samt geöffnetem Dialogfenster. In der ersten Zeile ist der Dateiname der soeben gewählten Grundriss-Grafik zu sehen. Nun muss mit der linken Maustaste das eben gezeichnete Rechteck angeklickt werden. So wird Fusion360 mitgeteilt, dass hier die Grafik erscheinen soll.

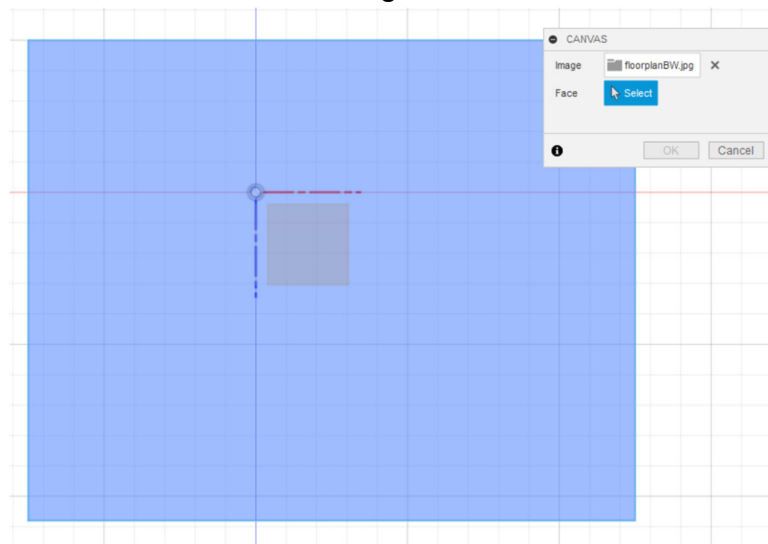
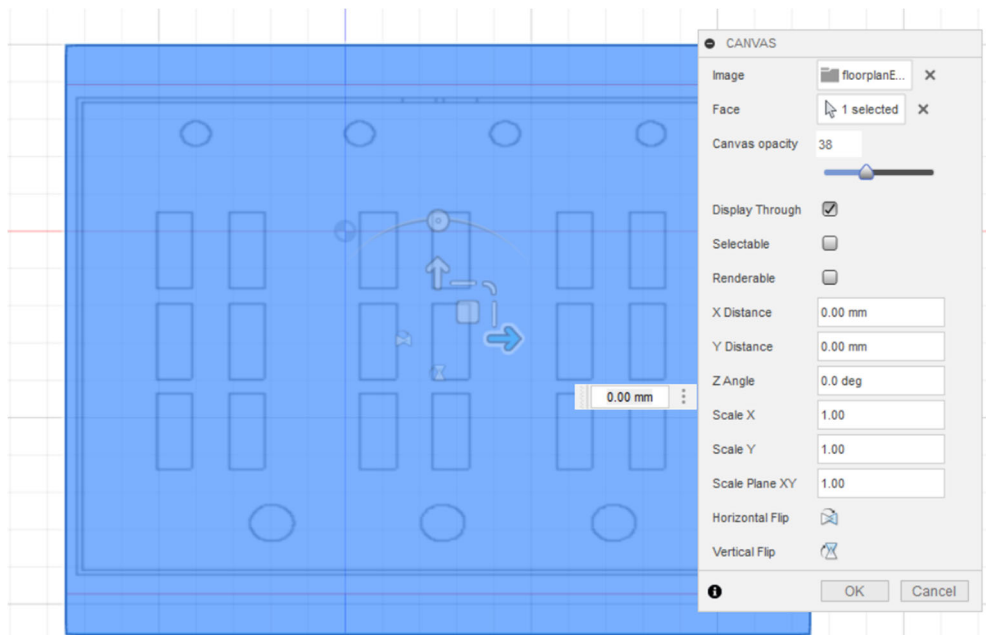


Abbildung 60 Auswahlfenster für den Ansichtsbereich

Anschließend öffnet sich die gewählte Grafik im markierten Ansichtsbereich. In dem erscheinenden Dialogfenster können Feinabstimmungen zu Position und Schatten der Grafik eingestellt werden. Mit der Schaltfläche „OK“ wird der Einfügevorgang abgeschlossen.



**Abbildung 61 Einstellungen für die eingefügte Grafik**

Nachdem die Grafik eingefügt wurde, kann der Grundriss mit der „Skizzen“-Funktion nachgezeichnet werden. Mit den bereits beschriebenen Funktionen „Extrusion“ (engl. Extrusion) und „Volumenkörper“ (engl. Solid) kann so eine taktile Lagekarte erstellt werden.

## 8 Erstellen von taktilen Braille-Modellen

Das Erstellen von Volumenkörpern mit Brailleschrift ist in Fusion360 zwar möglich, erfordert aber ein kostenpflichtiges Add-In (eine App) aus dem Autodesk-Store. Um dieses Addin zu installieren, muss im Werkzeugkasten das Menü „Werkzeuge“ (engl. Tools) ausgewählt werden. Anschließend ist in der Menüleiste die Funktion „Add-Ins“ auszuwählen und hier die Option „Fusion360 App Store“.

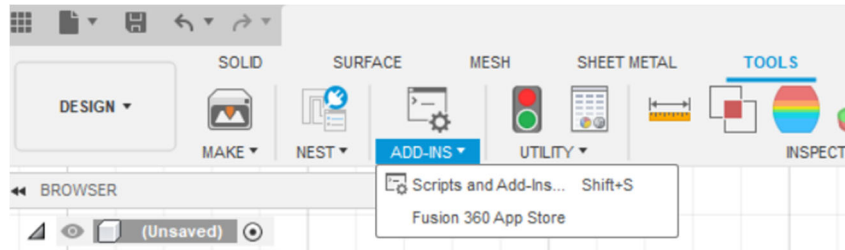


Abbildung 62 Funktion „Add-Ins“

Im Suchfeld des Autodesk-Stores genügt es das Wort „braille“ einzugeben. Die integrierte Autokorrektur schlägt zum eingegebenen Begriff sogleich automatisch das verfügbare Add-in „Braille-Creator“ vor. Dieses wird mit der linken Maustaste angeklickt, woraufhin die Seite mit der Beschreibung des Add-ins erscheint. Aktuell (Stand September 2022) kostet das Add-in 2,99US\$ und lässt sich nur für Microsoft Windows betriebene Computer beziehen.

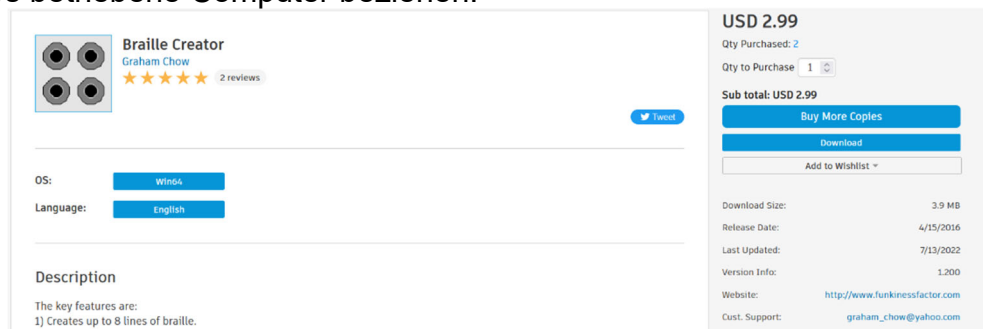


Abbildung 63 Add-in-Store mit Braille Creator

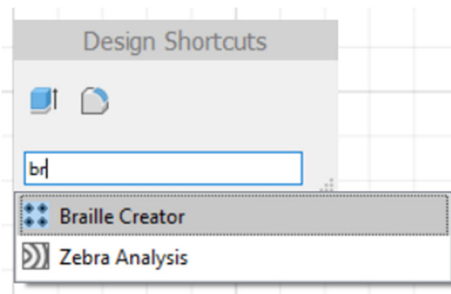
Nach Kauf der Vollversion oder Auswahl der 30-Tage-Testversion erhält man eine Installationsdatei zum Download. Bevor die Installation gestartet wird, muss Fusion360 geschlossen werden.

**Hinweis:** Dieses Add-in wurde **im Juli 2022** aktualisiert, nachdem die vorherige Version nach einem Update von Fusion360 nicht mehr funktionierte. Daher kann es erforderlich sein, die neue Version aus dem [Autodesk App Store](https://www.autodesk.com/autodesk-app-store/) herunterzuladen und den Installationsvorgang zu wiederholen. Um diesen Vorgang zu erleichtern, speichern Sie die Installationsdatei des Braille Creators auf einem Datenträger. Der Braille Creator unterstützt **Unified English Braille** und mittlerweile auch **französische und skandinavische Buchstaben**. Sonderzeichen, länderspezifische Zeichen und Umlaute aus anderen Sprachen werden noch nicht unterstützt. Die erzeugten Braillezeichen werden in den Standardmaßen erstellt.

Um den Braille Creator zu verwenden, kann die Modell-Toolbox einfach mittels „s“-Taste aufgerufen werden. Dort können die Buchstaben „br“ eingegeben werden,

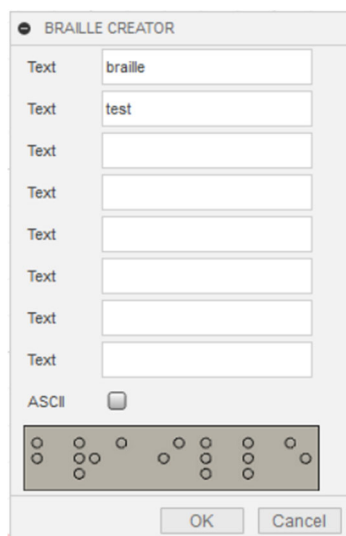


woraufhin dank Autokorrektur die verfügbaren Add-ins mit dieser Buchstabenkombination geöffnet werden.



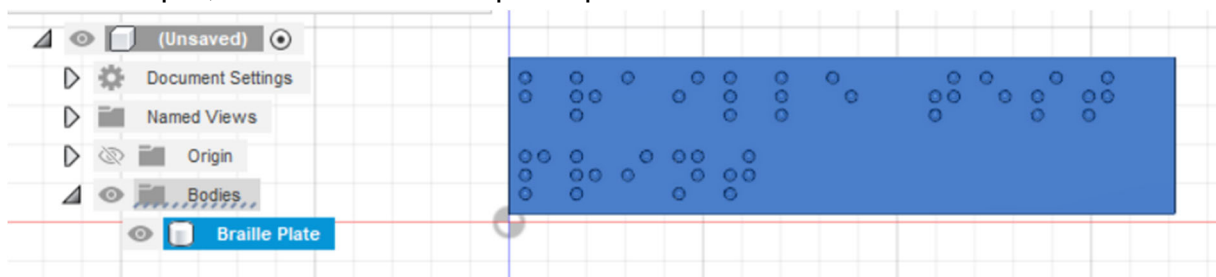
**Abbildung 64 Modell-Toolbox nach Betätigen der Taste „s“**

Der angezeigte Braille Creator kann mittels Mausklick gestartet werden. Es öffnet sich ein neues Dialogfenster.



**Abbildung 65 Braille Creator-Fenster**

In die jeweiligen Zeilen des Dialogfensters kann der gewünschte Text eingegeben werden. Mit der Schaltfläche „OK“ wird die Brailleschrift anschließend generiert und in Fusion360 eingefügt. Dieser Vorgang kann einige Augenblicke dauern, da das Add-in komplexe Prozesse durchführen muss, um die Braille-Punkte zu erzeugen. Der eingegebene Text wird als Platte in Fusion360 eingefügt und bildet einen Volumenkörper, der wie andere Körper kopiert oder verschoben werden kann.



**Abbildung 66 Erzeugte Brailleschrift und Darstellung in der Browserpalette**

## 9 Bearbeiten von STL-Dateien

Volumenkörper aus Netzdateien im STL- oder OBJ-Format können mit bestimmten Einschränkungen mit Fusion360 bearbeitet werden. Dies kann nützlich sein, wenn nur eine STL- oder OBJ-Datei zur Verfügung steht und die darin vorhandenen Körper geändert werden sollen. Das Problem ist jedoch, dass es sich hierbei um einen Körper handelt, der aus einem Netz von Polygonen besteht. Ein einfacher Quader in einer Netzdatei besteht dabei aus vielen miteinander verbundenen Polygonen. Ohne Umwandlung lassen sich diese Dateien nicht bearbeiten.

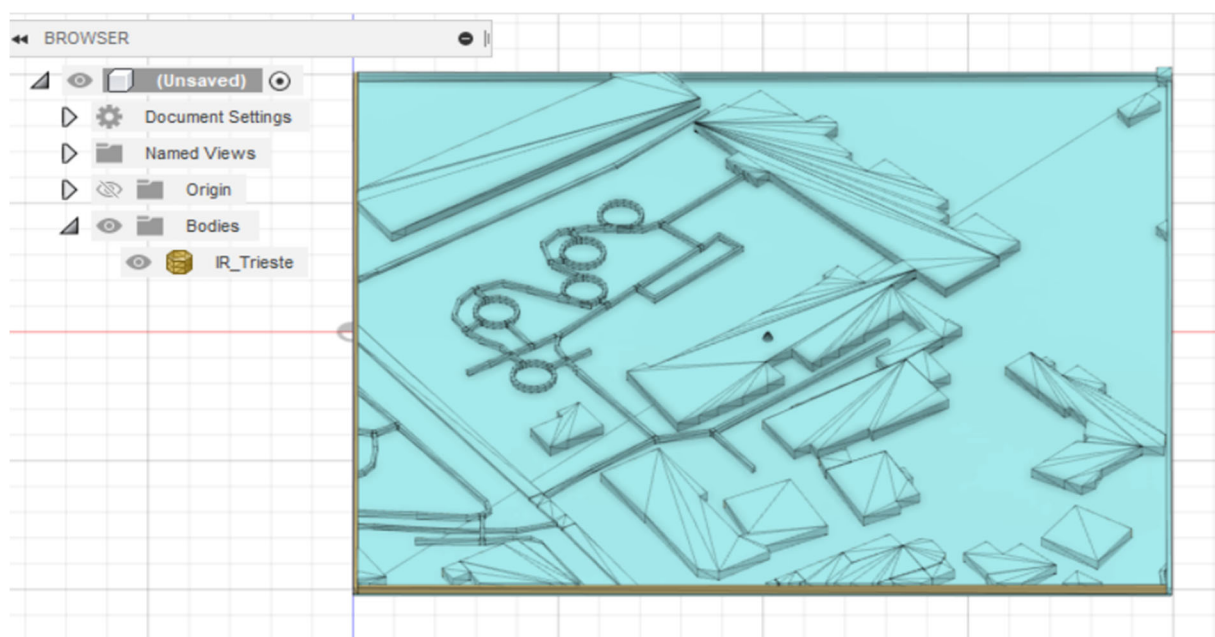
**Hinweis:** Bei großen Netzobjekten mit über 30.000 Polygonen kann die Bearbeitung mit Fusion360 problematisch werden.

Als Beispiel soll nun ein Lageplan des Institut Rittmeyer, der mit TouchMapper (<https://touch-mapper.org/en/area?map=B3f149e6b9b8ac55>) erstellt wurde, geändert werden.

Der Lageplan ist bereits als STL-Datei auf einem Datenträger gespeichert.

Um die Datei zu importieren, muss im Werkzeugkasten das Menü „Einfügen“ (engl. Insert) gewählt werden. Hier ist das Untermenü „Netz einfügen“ (engl. Insert Mesh) auszuwählen.

Nun öffnet sich ein Windows-Fenster zum Öffnen von Dateien, aus dem die betreffende Datei ausgewählt wird. Der Netzkörper erscheint in Fusion360 und wird in der Browserpalette unter der Rubrik „Körper“ (engl. Body) als Netzkörper angezeigt.



**Abbildung 67 Eingefügter Netzkörper und Ansicht in der Browserpalette**

Wie in Abbildung 67 ersichtlich werden die Wege als schmale Quader angezeigt. Zwischen den Hauptgebäuden sollen diese Wege nun gelöscht werden, ebenso wie der Kegel auf dem Dach des Zentralgebäudes.

Um Änderungen an Netzdateien in Fusion360 durchführen zu können, müssen entsprechende Funktionen ausgewählt werden.

Möchte man ausschließlich Elemente der Netzdatei löschen, bietet sich die Separierungsfunktion an. Sollen jedoch Körper zum Netzkörper hinzugefügt oder weitere Änderungen vorgenommen werden, muss der Netzkörper konvertiert werden.

Arbeiten an Netzkörpern werden mit dem Menü „Netz“ (engl. Mesh) im Werkzeugkasten durchgeführt.

### 9.1 Löschen von Netzelementen

Zum Löschen der Wege muss zunächst das Menü „Netz“ ausgewählt werden, woraufhin sich der Werkzeugkasten ändert. Hier gilt es nun das Menü „Ändern“ (engl. Modify) und anschließend die Funktion „Trennen“ (engl. Separate) auszuwählen.

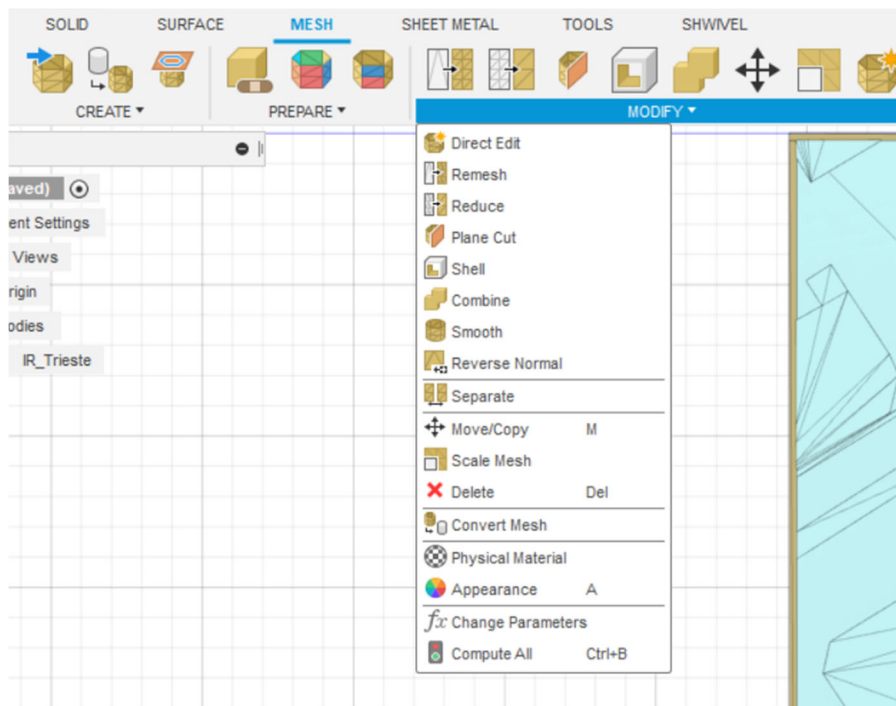
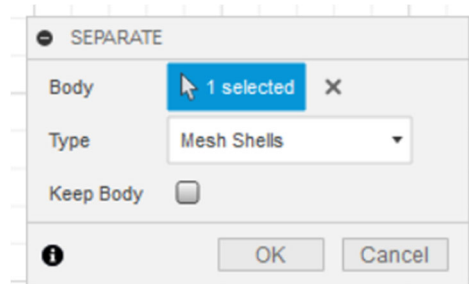


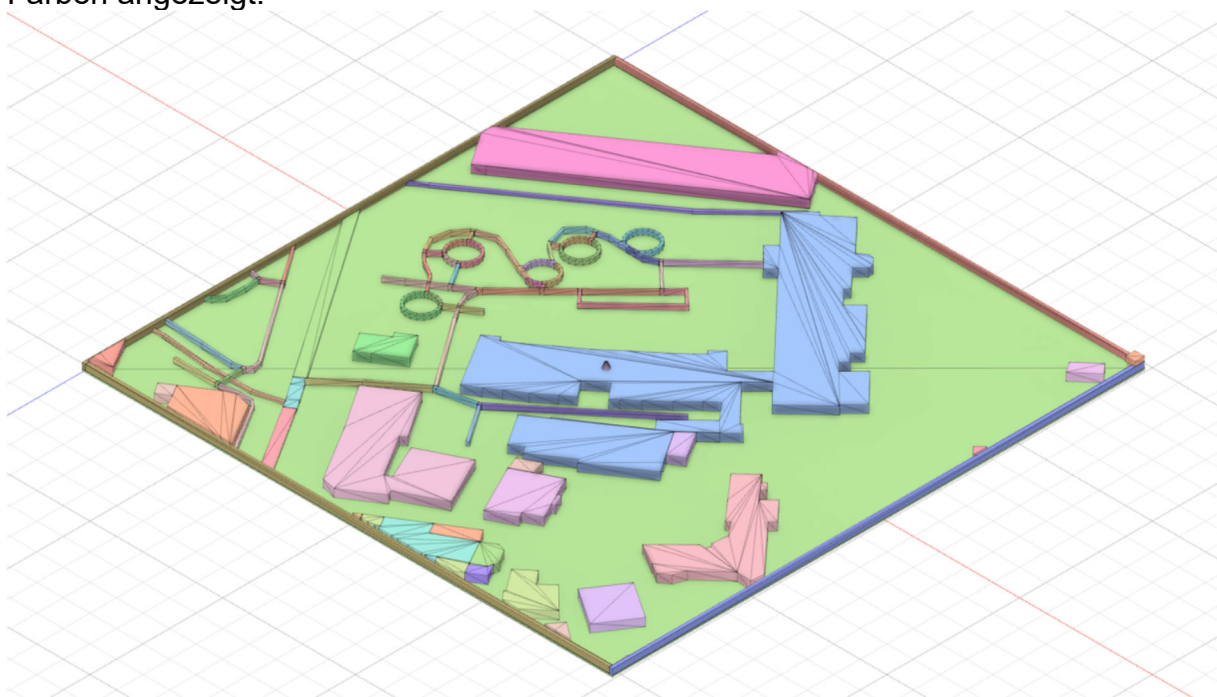
Abbildung 68 „Ändern“-Menü im Hauptmenü „Netz“

Erneut öffnet sich ein Fenster. Mit der linken Maustaste wird auf eine Fläche der Grundplatte des Netzkörpers geklickt, um diesen als zu trennenden Körper auszuwählen.



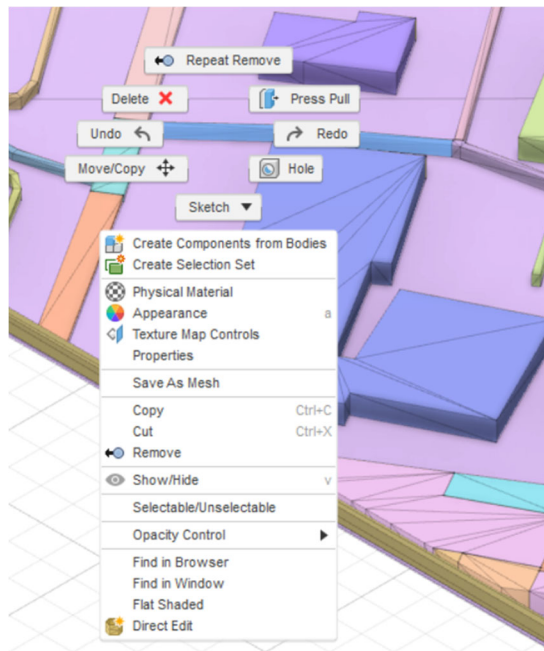
**Abbildung 69 „Trennen“-Fenster**

Nachdem das Feld „OK“ betätigt wurde, wird der Netzkörper in verschiedenen Farben angezeigt.



**Abbildung 70 Darstellung des Netzkörpers nach erfolgreicher Trennung**

Nun ist es möglich, die einzelnen Netzkörper mittels linken Mausklicks auszuwählen. Anschließend muss das Kontextmenü mit der rechten Maustaste geöffnet werden. Durch Auswahl der Funktion „Entfernen“ (engl. Remove) wird das gewählte Element gelöscht.



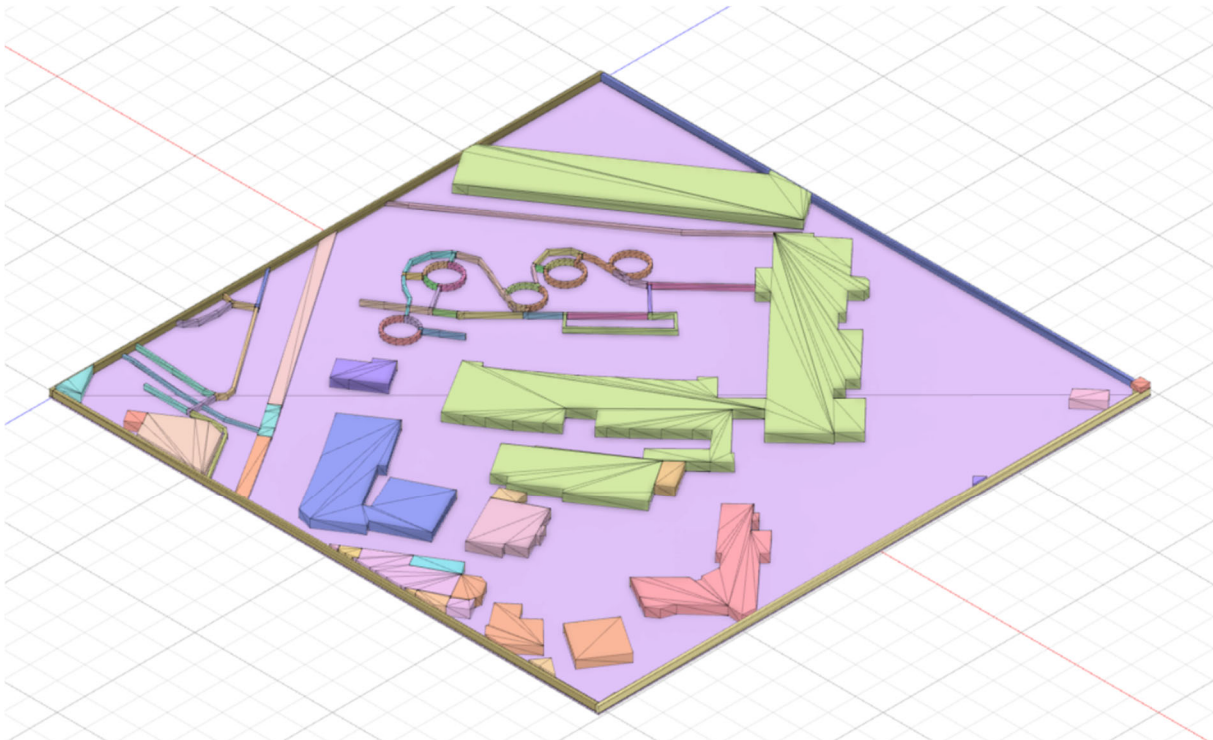
**Abbildung 71 „Entfernen“-Funktion im Kontextmenü nach Auswahl eines Elementes**

Wie in Abbildung 71 zu sehen ist, wurde das Straßenelement, das auf dem Plan zwischen den eingblendeten Menüpunkten „Undo“ („Rückgängig machen“) und „Redo“ („Vorgang wiederholen“) liegt, ausgewählt.

Mit den restlichen Straßenelementen ist ebenso zu verfahren.

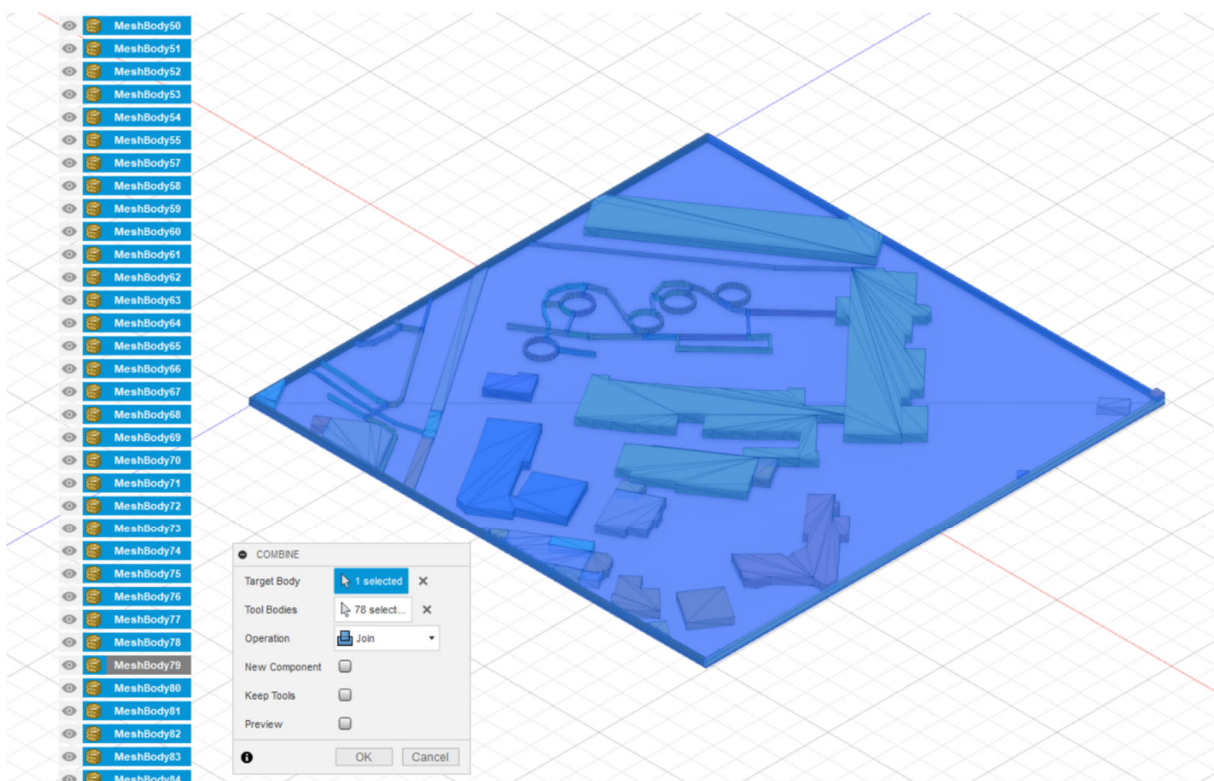
Anschließend muss der Kegel auf dem Dach markiert werden, damit dieser ebenfalls mit der im Kontextmenü enthaltenen Funktion „Entfernen“ (engl. Remove) entfernt werden kann. Am Ende bleibt so ein Netzkörper ohne Straßenelemente im Zentrum.





**Abbildung 72 Netzkörper mit gelöschten Elementen**

Damit der geänderte Netzkörper gedruckt werden kann, müssen zunächst erneut alle Netzelemente kombiniert werden. Hierzu ist im Menü „Ändern“ (engl.



**Abbildung 73 „Kombinieren“-Funktion**

Modify) die Funktion „Kombinieren“ (engl. Combine) zu wählen. Daraufhin erscheint ein Dialogfenster, dass dem der Funktion „Kombinieren“ in Kapitel 5.3 gleicht. Hier muss nun erneut der Zielkörper mit der linken Maustaste ausgewählt werden.



Anschließend sind die übrigen Elemente auf der Grundplatte ebenfalls mit der linken Maustaste als „Werkzeugkörper“ anzuklicken. Nach Klick auf die „OK“-Schaltfläche wird der Netzkörper vereint.

Mit im Werkzeugkasten enthaltenen Menü „Export“ wird der gleiche Vorgang zur Herstellung einer STL-Datei gewählt, wie er auch in Abbildung 58 dargestellt ist. So kann folglich eine neue STL-Datei erzeugt werden, die mit dem Slicer zum Druck vorbereitet werden kann.

## 9.2 Bearbeiten von Netzelementen

Um ein Netzelement in eine eigene Konstruktion integrieren zu können bzw. zusätzliche Volumenkörper damit verbinden zu können, muss zunächst der Netzkörper umgewandelt werden. Auch hier ist aus dem Hauptmenü „Netz“ (engl. Mesh) das Untermenü „Ändern“ (engl. Modify) auszuwählen. Anschließend muss hier die sich im unteren Bereich befindende die Funktion „Netz konvertieren“ (engl. Convert Mesh) ausgewählt werden.

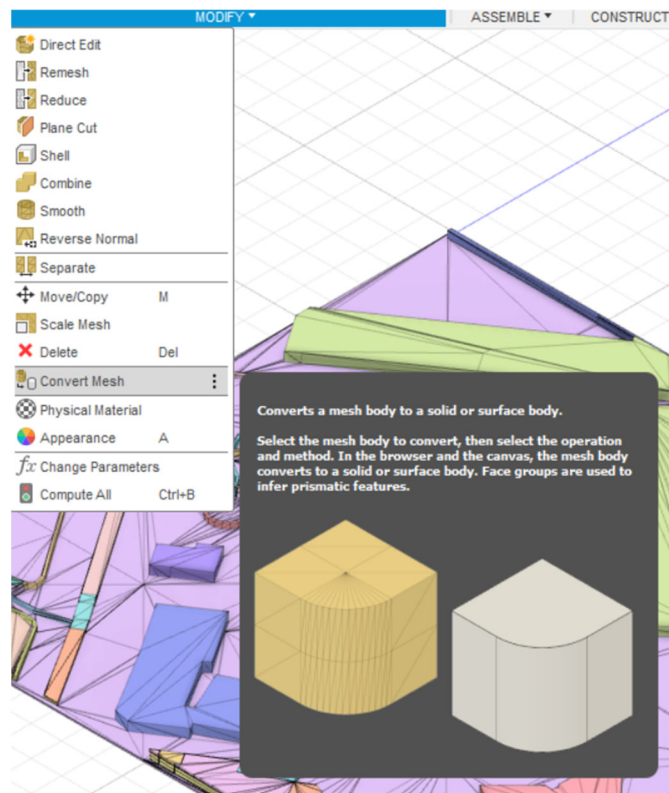
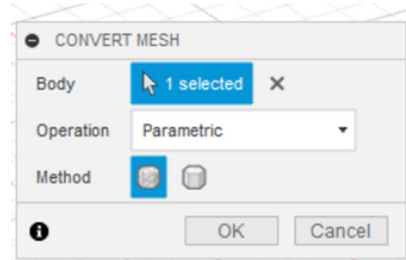


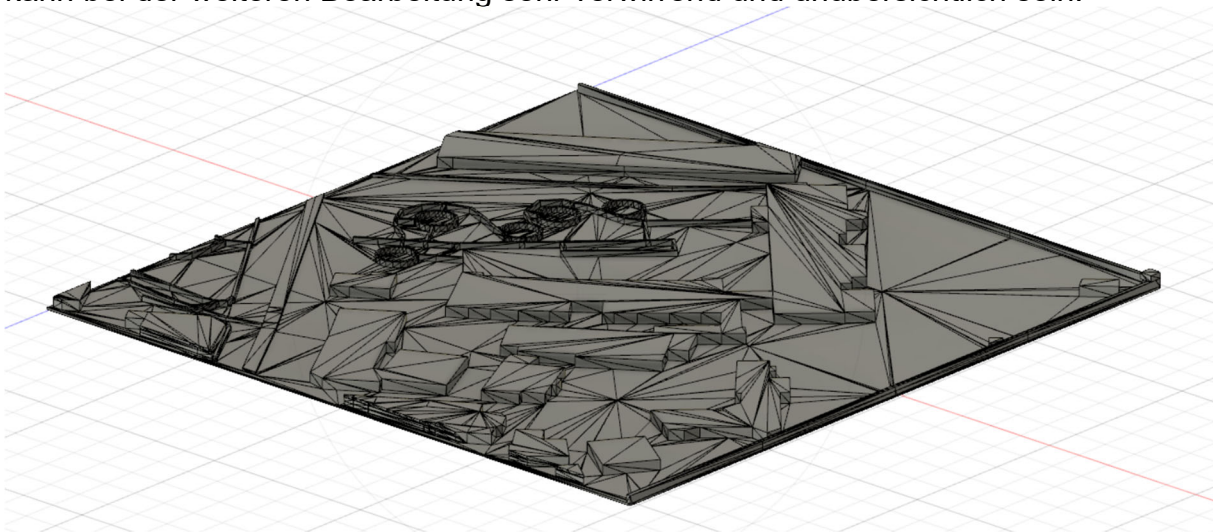
Abbildung 74 „Netz konvertieren“-Funktion

Nach Aktivierung dieser Funktion öffnet sich ein Dialogfenster. Es muss nun der Netzkörper mittels linken Mausklicks ausgewählt werden. Nach Betätigung der „OK“-Schaltfläche beginnt die Konvertierung.



**Abbildung 75 Dialogfenster „Netz konvertieren“**

Sobald die Konvertierung abgeschlossen ist, werden die Volumenkörper nicht mehr als einzelne Volumenkörper angezeigt, sondern in der Struktur der Polygone. Dies kann bei der weiteren Bearbeitung sehr verwirrend und unübersichtlich sein.



**Abbildung 76 Konvertierter Netzkörper**

Die weitere Bearbeitung erfolgt wie in Kapitel 4.3. beschrieben.

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Mit Fusion360 konstruiertes Gebäude .....	6
Abbildung 2 Benutzeroberfläche von Fusion360 .....	8
Abbildung 3 Schnellzugriffsleiste .....	9
Abbildung 4 Geöffnetes Gruppendaten Fenster mit Konstruktionen.....	10
Abbildung 5 Menüleiste der Dateifunktion .....	11
Abbildung 6 Dialogfenster „Speichern“ .....	12
Abbildung 7 Darstellung des Werkzeugkastens in der Einstellung „Volumenkörper“	13
Abbildung 8 Browserpalette. Links: Neues Arbeitsblatt, rechts: Zwei Elemente erstellt .....	14
Abbildung 9 Ansichtsänderungen mit dem View Cube .....	14
Abbildung 10 Zeitachse in Fusion360.....	15
Abbildung 11 Menü Erstellen.....	15
Abbildung 12 Angezeigte Konstruktionsebene .....	16
Abbildung 13 Werkzeugkasten und Skizzenmenü.....	16
Abbildung 14 Beispiel Grundriss mit sämtlichen Elementen als Teil einer Skizze ....	17
Abbildung 15 Skizzenwerkzeug mit Textfeld zur Größenangabe .....	18
Abbildung 16 Mit der Linienfunktion gezeichnetes Trapez .....	19
Abbildung 17 Polygon Außen .....	19
Abbildung 18 Spline-Skizze. Links: Ursprung einer Spline-Skizze. Rechts: Kreisbogen wurde links unten geändert .....	20
Abbildung 19 Textfunktion und Textpositionierung .....	21
Abbildung 20 Einstellungsmöglichkeiten für den Text .....	21
Abbildung 21 Markierung von Skizzenelementen. Links: per Mausklick auf die betroffenen Linien. Rechts: durch Auswahlrechteck.....	22
Abbildung 22 Browserpalette und geöffnetes Kontextmenü .....	23
Abbildung 23 Kontextmenü im Bearbeitungsmodus Skizze.....	23
Abbildung 24 „Bewegungs-Widget“ in der Ansicht „Von-Oben“ .....	24
Abbildung 25 Einfügemodus nach Aktivierung der Option „Einfügen“ im Kontextmenü .....	24
Abbildung 26 „Versatz“-Funktion nach Auswahl der Referenzlinie .....	25
Abbildung 27 Beispiel Grundriss aus mehreren Skizzenelementen .....	26
Abbildung 28 „Stützen“-Funktion und markierte Linie.....	26
Abbildung 29 Funktion „Runde Anordnung“.....	27
Abbildung 30 Dialogfenster „Extrusion“ .....	28
Abbildung 31 Extrusion-Dialogfenster .....	29
Abbildung 32 „Kugel“-Funktion .....	30
Abbildung 33 „Torus“-Funktion .....	30
Abbildung 34 Verschieben von Volumenkörpern mithilfe des Bewegungs-Widgets .	31
Abbildung 35 Dialogfenster „Verschieben/Kopieren“ .....	31
Abbildung 36 Funktion „Drehen“. Links: Auswahl des Profils. Rechts: Auswahl der Achse (rot).....	32
Abbildung 37 Grundlagen für die „Sweep“-Funktion .....	33
Abbildung 38 Dialogfenster der Funktion „Sweep“ .....	33
Abbildung 39 Ansicht eines Konferenzraumes (Übungsaufgabe).....	35
Abbildung 40 Aufgabenziel: Erstellung eines taktilen Lageplans.....	35

Abbildung 41 Rechteck für die Grundplatte .....	36
Abbildung 42 Versatz für die Wanddarstellung .....	37
Abbildung 43 2 mm-Extrusion der Bodenplatte .....	37
Abbildung 44 Auswahl der Skizzenebene für Türen .....	38
Abbildung 45 Hilfsraster zur Positionierung der Türen .....	39
Abbildung 46 Extrusion mit negativen Werten zum Ausschneiden .....	39
Abbildung 47 Erste Säule, erzeugt mithilfe der „Zylinder“-Funktion, 8 mm Durchmesser, 3 mm Höhe .....	40
Abbildung 48 Verschieben der Säule mittels Bewegungs-Widget .....	40
Abbildung 49 Kopieren eines Volumenkörpers und gleichzeitiges Verschieben .....	41
Abbildung 50 Tisch erstellt mithilfe der „Quader“-Funktion .....	41
Abbildung 51 Kopieren des ersten Tisches auf der Z-Achse .....	42
Abbildung 52 Kopieren mehrerer Körper .....	43
Abbildung 53 Erzeugen der Leinwand .....	43
Abbildung 54 Erzeugen des Rednerpultes .....	44
Abbildung 55 Maße der Bistrotische .....	44
Abbildung 56 „Kombinieren“-Funktion .....	45
Abbildung 57 Ziel und Werkzeugkörper vollständig ausgewählt .....	46
Abbildung 58 Funktion „3D-Druck“ im Menü „Erstellen“ .....	47
Abbildung 59 Funktion „3D-Druck“ nach Auswahl des betreffenden Körpers .....	47
Abbildung 60 Auswahlfenster für den Ansichtsbereich .....	48
Abbildung 61 Einstellungen für die eingefügte Grafik .....	49
Abbildung 62 Funktion „Add-Ins“ .....	50
Abbildung 63 Add-in-Store mit Braille Creator .....	50
Abbildung 64 Modell-Toolbox nach Betätigen der Taste „s“ .....	51
Abbildung 65 Braille Creator-Fenster .....	51
Abbildung 66 Erzeugte Brailleschrift und Darstellung in der Browserpalette .....	51
Abbildung 67 Eingefügter Netzkörper und Ansicht in der Browserpalette .....	52
Abbildung 68 „Ändern“-Menü im Hauptmenü „Netz“ .....	53
Abbildung 69 „Trennen“-Fenster .....	54
Abbildung 70 Darstellung des Netzkörpers nach erfolgreicher Trennung .....	54
Abbildung 71 „Entfernen“-Funktion im Kontextmenü nach Auswahl eines Elementes .....	55
Abbildung 72 Netzkörper mit gelöschten Elementen .....	56
Abbildung 73 „Kombinieren“-Funktion .....	56
Abbildung 74 „Netz konvertieren“-Funktion .....	57
Abbildung 75 Dialogfenster „Netz konvertieren“ .....	58
Abbildung 76 Konvertierter Netzkörper .....	58

## 11 Literaturverzeichnis

Cline L. S. (2019): *Fusion 360 für Maker*, Heidelberg, dpunkt.verlag, 1. Auflage

Ridder D. (2019): *Autodesk Fusion 360*, Frechen, mitp Verlags GmbH, 1. Auflage

Tickoo S. (2018): *Autodesk Fusion360 A Tutorial Approach*, Schererville, CAD/CIM Technologies



## 12 Anhang

