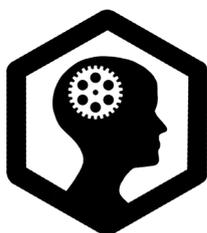


8.1.3 THEORIE- / ÜBUNGS- BLÄTTER ZU «BLENDER»



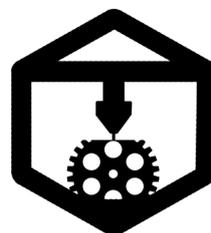
Dieses Lehrmittel besteht aus einzelnen Modulen, welche sich alle rund um das Thema «3D-Modellieren und 3D-Drucken» drehen. Das Material von diesen Modulen liegt entweder als Präsentationsfolie oder als A4-Ausdruck vor. Die Module sind in drei Hauptkategorien aufgeteilt, welche zu Gunsten der Übersicht mit einem Piktogramm versehen sind. Die Module «Theorie» vermitteln Fachwissen zum 3D-Druck sowie theoretisches Hintergrundwissen zur 3D-Computergrafik. Die Module «Übung» ermöglichen das erworbene Fachwissen mithilfe von einer Schritt-für-Schritt-Anleitung auszuprobieren und zu verfestigen. Die Module «Ausgabe» behandeln den Übergang vom virtuellen zum physischen Objekt und dessen Nachbearbeitung. Die schwarzen Balken oben rechts beinhalten jeweils den Modultitel, während die grauen Balken Untertitel, sowie Seitenzahlen aufzeigen. Unten links wird der Themenkreis und der Namen der Autorin genannt.



Theorie



Übung



Ausgabe

Nach Durcharbeiten dieses Lehrmittels sind Sie in der Lage mit Hilfe der erlernten Modellierungsarten eigene virtuelle Objekte zu konstruieren, deren Geometrie zu prüfen und schliesslich massgetreu für den 3D-Druck zu exportieren. Zudem verfügen Sie über Informationen bezüglich Eigenschaften, Chancen und Grenzen der aktuellen 3D-Drucker und können dank diesen eigene Projekte beurteilen und realisieren.



Blender ist der Name einer 3D-Computergrafik Software, welche in den 90er Jahren von dem Holländer Ton Roosendaal gegründet wurde. Im Jahr 2002 wurde die Lizenz freigekauft, seither ist Blender als Open-Source Software kostenlos zugänglich. Blender läuft auf allen gängigen Betriebssystemen (Windows, Mac, Linux). Rund um Blender existieren verschiedenste Internet-Communities, welche fortlaufend Werke oder / oder Tutorials (filmische Gebrauchsanweisungen) aufschalten. Beispiele für sehenswerte, aktive Communities sind <http://wiki.blender.org>, www.blenderpolis.de, www.blenderartists.org und www.blendernation.com.



Abb. 1

Die Software Blender dient dem Erstellen von 3D-Modellen, welche als Einzelbild oder als Animation gerendert oder mittels 3D-Drucker ausgedruckt werden können. Weiter verfügt die Software über eine Game Engine, welche ermöglicht interaktive Anwendungen in 3D zu realisieren.

Voreinstellungen: Blender kann gratis auf www.blender.org heruntergeladen werden, die

Installation verläuft selbsterklärend. Es empfiehlt sich das Programm auf Englisch zu lassen und nicht auf Deutsch umzustellen, in den meisten Tutorials sowie auch in diesem Lehrmittel werden stets die englischen Fachbegriffe und Funktionen verwendet.

Für die Arbeit mit Blender ist, neben der Tastatur, eine Dreitastenmaus empfehlenswert. Unter *File > User Preferences* können jegliche Anpassungen betreffend Erscheinungsform, Eingabe und Ähnlichem vorgenommen werden. Allerdings empfiehlt sich auch hier, wenn möglich nicht von den Standard-Einstellungen abzuweichen, da man sich sonst von der Blender-Community entfernt. Für dieses Lehrmittel müssen einzig die folgenden Veränderungen vorgenommen werden: *User Preferences > Input > Select with left*. So wird mit der linken Maustaste ausgewählt, anstatt mit der rechten. Mit links auszuwählen kennt man aus den meisten Programmen, während die Auswahl mit rechts eher ungewohnt wäre. Je nach Maus ist es nötig, *Emulate 3 buttons mouse* anzuwählen um alle nötigen Funktionen damit ausüben zu können. Wer je nach Tastatur keinen einzelnen Zahlenblock hat, muss weiter in den *User Preferences > Input > Emulate Numpad* aktivieren. So können die Zahlen oberhalb der



Buchstaben als Zahlenblock verwendet werden. Veränderungen in den *User Preferences* werden erst angewendet, wenn im Anschluss *Save User Settings* geklickt wird. (Abb.2)

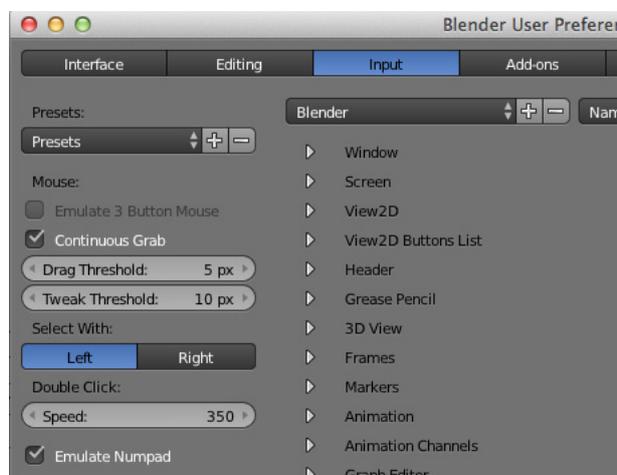


Abb. 2

Workflow: Blender gewährleistet dem Nutzer schnelles Arbeiten dank Tastenkürzeln, auch Hotkeys oder Shortcuts genannt. Alle gängigen Funktionen können in Blender über Tastenkürzel ausgeführt werden. Dies spart Zeit und unterstützt den Arbeitsfluss. Für Anfänger sind diese Tastenkürzel vorerst überfordernd, aber schon nach kurzer Zeit möchte man nicht mehr ohne diese arbeiten. Deshalb verwendet dieses Lehrmittel von Anfang an Tastenkürzel. Weiter wird der Arbeitsfluss durch die Verteilung der Funktionen unterstützt. Man findet an verschiedenen Stellen des Programms ein und die selben Funktionen, was vorerst unübersichtlich wirken mag, aber schliesslich

auch dem schnellen und individuellen Arbeiten dient. Zusätzlich können alle Funktionen über die Leertaste abgerufen werden, komplizierte Tastenkürzel müssen also nicht auswendig gelernt werden.

In diesem Lehrmittel werden Tastenkürzel wie folgt kommuniziert: soll eine einzelne Taste gedrückt werden, steht diese einzeln in eckigen Klammern, beispielsweise [R]. Sollen mehrere Tasten einzeln nacheinander gedrückt werden, so stehen diese ebenfalls in eckigen Klammern, unterteilt mit einem vertikalen Strich, zum Beispiel: [R | Z]. Sollen Tasten gleichzeitig gedrückt werden, wird dies mit einem Unterstrich gekennzeichnet, beispielsweise [ctrl_R]. Fachbegriffe aus Blender, wie *Object Mode*, werden kursiv geschrieben.

Navigieren: Beim Öffnen von Blender findet man zuerst eine Standard-Einstellung. Sichtbar ist der unbegrenzte dreidimensionale Koordinatenraum (X-, Y-, Z-Achsen), im Zentrum ein Würfel, eine Lichtquelle und eine Kamera. Diese ersten Elemente bilden zusammen bereits eine Szene. Mit dem Mousrad lässt sich in die Szene ein- und auszoomen, mit gehaltenem Klick auf dem Mousrad kann man um die Objekte drehen, respektive den Blickwinkel



ändern, und mit [shift_mittlere Maustaste] kann die Szene nach rechts, links, oben oder unten verschoben werden. Jeweils unten links in der 3D-View sind farbige Mini-Achsen, welche die Orientierung im dreidimensionalen Koordinatenraum vereinfachen. Wird der Blickwinkel geändert, drehen die Achsen mit.

Ansichten: Mit [1] wird die Ansicht von vorne eingeschaltet, mit [3] die Ansicht von rechts, mit [7] die Ansicht von oben. [ctrl_1] zeigt die Ansicht von hinten, [ctrl_3] die Ansicht von links, [ctrl_7] die Ansicht von unten. Mit [5] wechselt man von der orthogonalen (parallelperspektivischen) zur fluchtpunktperspektivischen Sicht und umgekehrt. [0] wechselt in die Kamerasicht und wieder zur aktuellen Sicht zurück. Mit [ctrl_alt_Q] lässt sich in die *Quad View* wechseln (und wieder zurück). In der *Quad View* sind gleichzeitig 4 Fenster sichtbar, diese zeigen die orthogonalen Risszeichnungen (Aufriss, Seitenriss, Grundriss) und die aktuelle Ansicht. All diese verschiedenen Ansichten können auch unten links beim Menü *View* geholt werden.

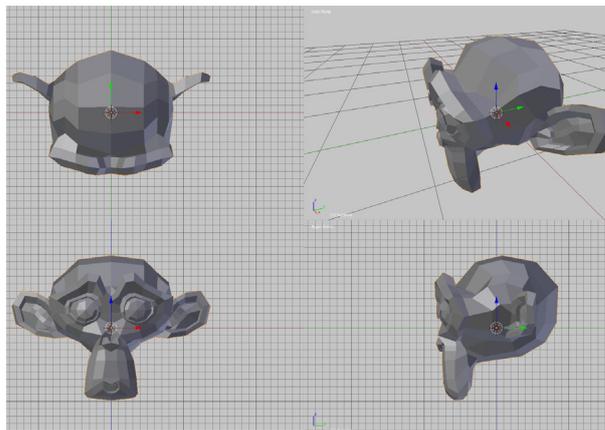


Abb. 3

Fenster: Ansichtsfenster können nach persönlichen Bedürfnissen angepasst werden. An den Trennlinien können Fenster gepackt und in der Größe verändert werden. Weiter kann in der rechten oberen Ecke ein Fenster unterteilt, in der Größe verändert und wieder vereint werden. (Wieder vereinen: Wieder oben links in der gestrichelten Ecke packen und über das zu löschende Fenster ziehen). Ganz in der Mitte befindet sich die 3D-View, eine dreidimensionale Raumdarstellung (Abb. 4). Oben am rechten Rand befindet sich der *Outliner*, dieser listet die Objekte der aktuellen Szene auf. Ebenfalls am rechten Rand, gleich unter dem *Outliner*, befindet sich der *Properties Editor*, wo die meisten Einstellungen getätigt werden können. [T] holt, respektive versteckt, das *Tool Shelf* auf der linken Seite. Darauf befinden sich Transformations-Werkzeuge. [N] holt, respektive versteckt, das *Properties Shelf*, auf wel-



chem Objekte direkt mit numerischen Werten manipuliert werden können. Optional können diese beiden Fenster mit dem kleinen Pluszeichen aktiviert werden. Zum wieder Verstecken das offene Fenster am Rand packen und zur Seite schieben. Am unteren Rand ist die *Timeline* sichtbar, welche bei Animationen von Bedeutung wird.

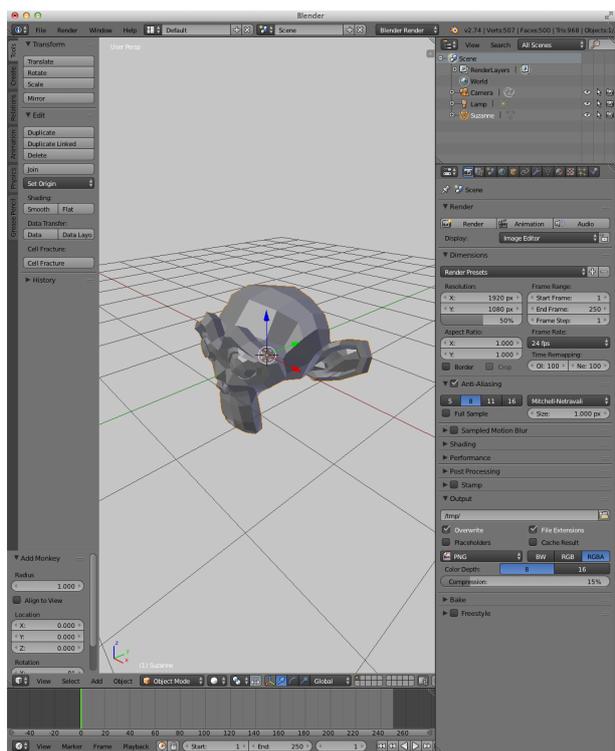


Abb. 4

Object Mode: Standardmässig befindet man sich vorerst im *Object Mode*. Hier werden Objekte zueinander gesetzt, belichtet und gerendert. Mit [shift_A] öffnet sich das *Add-Menü*, unter *Mesh* können der Szene Grundkörper hinzugefügt werden. Diese *Meshes* sind 3D-

Gittermodelle, bestehend aus Flächen, Kanten und Punkten. Die neuen Objekte erscheinen dort wo sich der *3D-Cursor*, Fadenkreuz mit rot-weissem Kreis, aktuell befindet. Mit den oben genannten Einstellungen in den *User Preferences* kann dieser *3D-Cursor* mit Rechtsklick verschoben werden. Wurde er aus Versehen verschoben, kann er mit [shift_S] wieder ins Zentrum zurück gebracht werden (*Cursor to Center*).

Auswahl: Ist ein Objekt mit der linken Maustaste ausgewählt, erscheint es orange umrandet. Mit [A] können ausgewählte Objekte wieder abgewählt werden. Ist nichts ausgewählt, kann mit [A] alles ausgewählt werden. Mehrfach-Auswahlen gelingen mit zusätzlich gehaltener Shift-Taste. Mit [B] (*Border Select*) kann mithilfe von einem Rechteck die Auswahl getroffen werden. Analog funktioniert die *Circle Select* [C], der Auswahlbereich kann mit dem Mausrad verändert werden. Unten links im Menü *Select* stehen die oben genannten sowie weitere Auswahloptionen, wie zum Beispiel *Random* für zufällige Auswahlen, zur Verfügung.

Manipulationen: Ausgewählte Objekte können direkt mit der Maus verschoben werden.



Es empfiehlt sich, an den farbigen Pfeilen zu ziehen um das Objekt auf der entsprechenden Achse zu bewegen. Direkt oberhalb der *Timeline* kann zwischen 3 verschiedenen Manipulationspfeilen ausgewählt werden (einer zum Verschieben, einer zum Rotieren, einer zum Skalieren, Abb. 5).

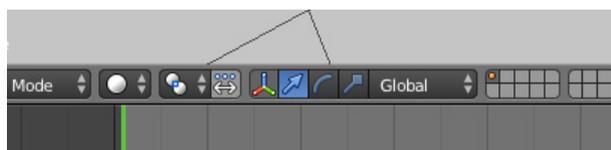


Abb. 5

Ständig diese Pfeile zu wechseln wäre umständlich, daher empfiehlt es sich für diese Grund-Manipulationen Tastenkürzel zu verwenden. Mit [G] und der Mausbewegung kann das Objekt verschoben werden. Mit [S] und der Bewegung der Maus kann das Objekt skaliert werden. Mit [R] und der Mausbewegung wird das Objekt rotiert. Jede Veränderung ist von der Position der Maus abhängig. Befindet sich der Mauszeiger in der Nähe des Objekts, fallen die Bewegungen heftig und unkontrolliert aus. Wenn sich der Mauszeiger weiter weg vom Objekt befindet, werden langsame und gut kontrollierbare Veränderungsschritte möglich. Wird [S] und anschliessend eine Zahl eingegeben, skaliert Blender das Objekt nach diesem Faktor. Beispielsweise [S | 0.5] halbiert das Objekt. Dasselbe beim Verschieben, [G] und eine Zahl

verschiebt das Objekt um die entsprechende Zahl (in Blender-Einheiten). [R] und eine Zahl rotiert den Körper um die entsprechende Anzahl Grad. Soll eine Veränderung nur auf einer bestimmten Achse stattfinden, kann zwischen dem Befehl und der Zahl noch die erwünschte Achse genannt werden. Beispielsweise [S | Y | 2] verdoppelt das Objekt einzig auf der Y-Achse. Wird [S | shift_Z] gedrückt, findet die Manipulation einzig auf den X- und Y-Achsen statt, die Z-Achse ist so blockiert. Auf dieselbe Weise kann rotiert oder verschoben werden. Wenn schrittweise verschoben, rotiert oder skaliert werden soll, wird die Steuerungstaste gleichzeitig gedrückt, so verändern sich die Schritte in Fünfteln. Für Zehntel-Schritte wird zusätzlich die Shift-Taste gedrückt. Alle Befehle können entweder mit Linksklick oder mit [Enter] abgeschlossen werden.

Aufräumen: Verschiebt sich ein Objekt ins nirgendwo, kann die Operation über [ctrl_Z] widerrufen oder das angewählte Objekt über [alt_G] zum Zentrum gebracht werden. Links im *Tool Shelf* findet man unter *History* auch die Möglichkeit, Schritte rückgängig zu machen. Mit [shift_S] öffnet sich das *Snap*-Menü, hier kann die Auswahl zum *3D-Cursor* bewegt werden. (Abb. 6)

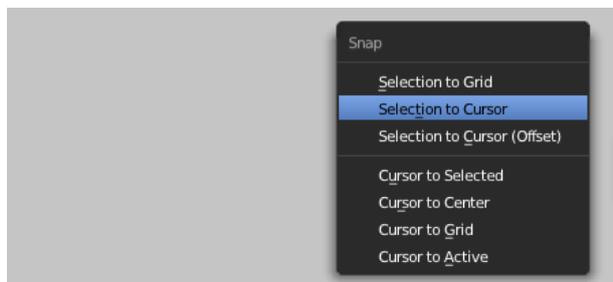


Abb. 6

Muss ein Objekt gelöscht werden, wird es angewählt und mit [X] entfernt. Es gilt zu beachten, dass jegliche Tastenkürzel-Befehle nur erteilt werden können, wenn sich die Maus über dem entsprechenden Fenster befindet. Ein neues *File* kann mit [ctrl_N] geladen werden.

Edit Mode: Ist ein Objekt angewählt, kann man mit der Tabulator-Taste vom *Object Mode* in den *Edit Mode* wechseln. Zurück gewechselt wird ebenfalls mit [Tabulator]. Im *Object Mode* wird die gesamte Szene gestaltet, die Objekte werden verschoben, belichtet und gerendert. Hingegen im *Edit Mode* wird nur das angewählte Objekt verändert, respektive an der Geometrie des Objekts gearbeitet. Knapp oberhalb der *Timeline* ist es möglich zwischen *Vertex* (Punkt), *Edge* (Kante) und *Face* (Fläche) *-Select* auszuwählen. (Abb. 7)



Abb. 7

Beim *Face-Select* kann an einzelnen Flächen eines Objekts herumgezogen werden. Analog kann an einzelnen *Vertices* oder *Edges* gezogen werden. Mit gehaltener Shift-Taste können mehrer Modi gleichzeitig aktiviert werden. Auch hier kann die Veränderung auf einzelne Achsen beschränkt werden ([X], [Y], [Z]). Mit der Funktion *Subdivide* links im *Tool Shelf* kann die Anzahl Gitterpunkte verdoppelt oder vervielfacht werden. So ergeben sich mehr Möglichkeiten zur Veränderung. Eine der beliebtesten Funktionen im *Edit Mode* ist das Extrudieren [E]. Eine ausgewählte Fläche (oder auch Kante, Punkt) kann mit [E] in die Tiefe gezogen werden. (Abb. 8)

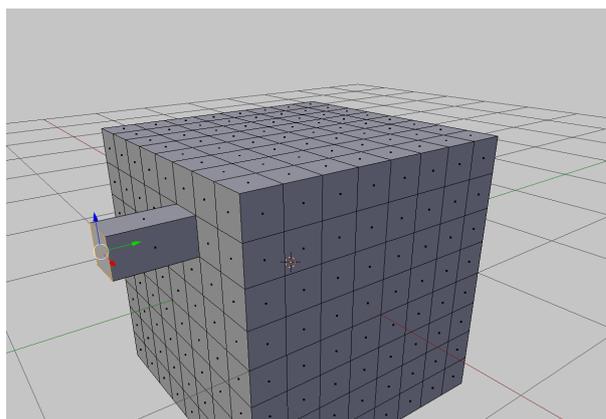


Abb. 8



Zuerst sollte unter *File > User Preferences > Input > Select with Left* eingestellt werden. Verfügt die Tastatur über keinen einzelnen Zahlenblock, so muss am selben Ort *Emulate Numpad* aktiviert werden. Vor dem Schliessen dieses Fensters auf *Save User Settings* klicken. (Abb. 1)

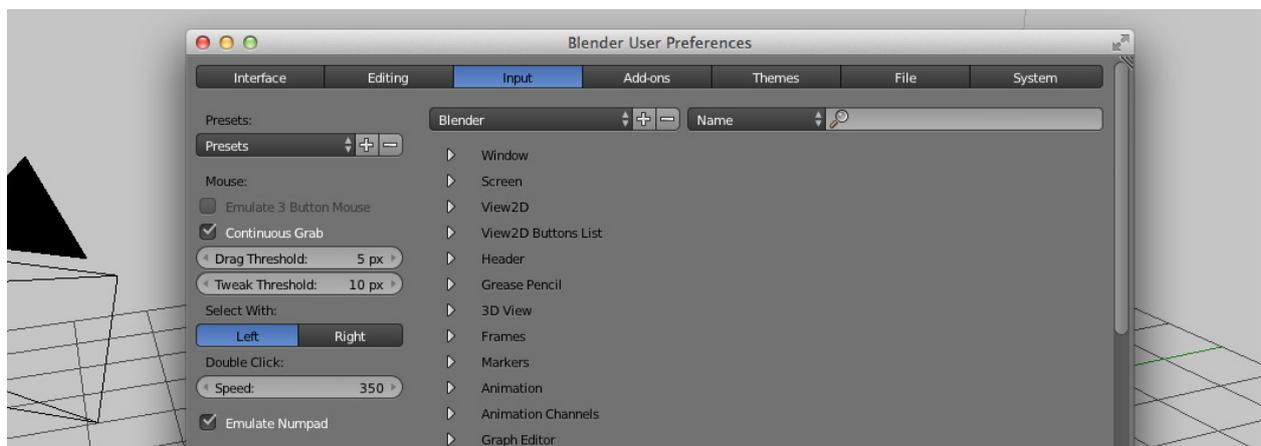


Abb. 1

Navigieren

- [Mausrad scrollen] in Szene ein- / auszoomen
- [Mausrad drücken & halten] Blickwinkel ändern
- [shift_Mausrad drücken] Szene nach oben / unten / rechts / links schieben

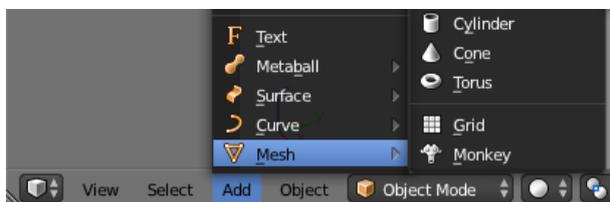


Abb. 2

Objekte hinzufügen Im *Add-* Menü (unten links, Abb. 2) können unter *Mesh* verschiedene Grundformen gewählt und in die Szene eingefügt werden.

- [A] alles aus- / abwählen (optional unter *Select > (De)Select All*)
- [X] Auswahl löschen (optional unter *Object > Delete*)
- [shift_A] öffnet das *Add*-Menü ebenfalls



Abb. 3

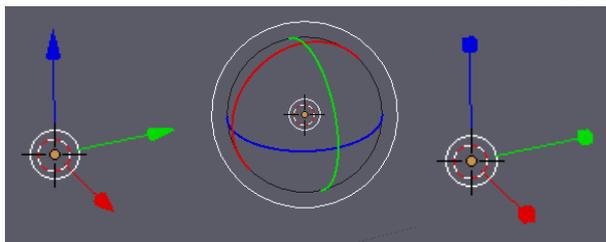


Abb. 4

Objekte verändern: Oberhalb der *Timeline* (Abb. 3) können verschiedene Arten von Pfeilen ausgewählt werden: Der gewöhnliche Pfeil ermöglicht das Objekt zu verschieben. Mit dem geschwungenen Pfeil kann das Objekt rotiert werden. Der Pfeil mit dem Würfel ermöglicht das Objekt in der Grösse zu verändern. (Abb. 4)

- [G] Verschieben der Auswahl (grab / Greifen)
- [R] Rotieren der Auswahl (rotate / Rotieren)
- [S] Skalieren der Auswahl (scale / Skalieren)

Ansicht: Über das *View*-Menü oder mit den folgenden Tastenkürzeln:

- [5] Wechsel zwischen orthogonaler und fluchtpunktperspektivischer Ansicht
- [1] Szene von vorne
- [3] Szene von rechts
- [7] Szene von oben

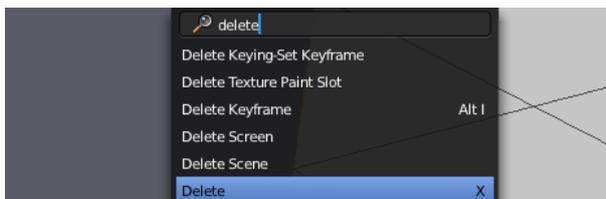


Abb. 5

[Leertaste] öffnet den Sucher: Alle Funktionen können über die Leertaste gesucht und direkt ausgeführt werden. (Abb. 5)



Diese Tastenkürzel bedingen folgende Änderungen in den *User Preferences*: *User Preferences* > *Input* > *Select with Left*. Je nach Tastatur: *Emulate Numpad* (Zahlenblock nachbilden) aktivieren.

Navigieren

[Mausrad scrollen]	ein- auszoomen in Szene
[Mausrad drücken & halten]	Blickwinkel in <i>3D-View</i> ändern
[shift_Mausrad drücken]	Szene nach oben / unten / rechts / links verschieben

Ansicht

[5]	Wechsel zwischen fluchtpunktperspektivischer und orthogonaler Ansicht
[1]	<i>Front</i> -Ansicht (Szene von vorne)
[3]	<i>Right</i> -Ansicht (Szene von rechts)
[7]	<i>Top</i> -Ansicht (Szene von oben)
[ctrl_1] (analog 3, 7)	Szene von hinten, links, unten
[0]	Wechsel zwischen Kamerasicht und aktueller Ansicht
[ctrl_alt_Q]	<i>Quad View</i> (4 Ansichten gleichzeitig: Aufriss, Seitenriss, Grundriss und aktuelle perspektivische Ansicht)
[4], [6]	aktuelle Ansicht in Gradschritten drehen (auf der Waagrechten)
[2], [8]	aktuelle Ansicht in Gradschritten drehen (auf der Senkrechten)



Wichtiges

[G]	Verschieben der Auswahl (<i>Grab</i>)
[R]	Rotieren der Auswahl (<i>Rotate</i>)
[S]	Skalieren der Auswahl (<i>Scale</i>)
[Linksklick], [Enter]	schliesst die laufende Aktion ab
[ctrl_G] (R,S)	die selben Aktionen in fixen Schritten
[G X], analog mit S, R und Y, Z	Aktionen werden auf Achse beschränkt, [G X] Objekt nur auf X-Achse verschoben
[G X 2] (analog mit S, R und Y, Z und Zahl)	führt die Aktion mit einem genauen Zahlenwert aus. [G X 2] verdoppelt entlang der X-Achse
[G shift_X] (analog mit R, S und Y, Z)	blockiert die gedrückte Achse, die Aktion findet auf den anderen beiden Achsen statt
[Tabulator]	wechselt zwischen <i>Object-</i> und <i>Edit Mode</i>
[Rechtsklick]	verschiebt den <i>3D-Cursor</i>
[shift_A]	öffnet das <i>Add-Menü</i> im <i>Object Mode</i>
[shift_D]	Auswahl duplizieren
[alt_D]	Auswahl verlinkt duplizieren
[X]	Löschen der Auswahl
[N]	holt / versteckt das <i>Properties Shelf</i>
[T]	holt / versteckt das <i>Tool Shelf</i>
[ctrl_Z]	einen Schritt zurück (<i>Undo</i>)
[shift_ctrl_Z]	den rückgängig gemachten Schritt wiederherstellen (<i>Redo</i>)
[E]	extrudieren, in den Raum ziehen (<i>Edit Mode</i>)
[Z]	Wechsel zwischen solider und Drahtgitter-Ansicht
[ctrl_S]	Datei als <i>Blender-File</i> speichern
[ctrl_N]	neues <i>File</i> öffnen



Auswahl

- [A] alles aus- / abwählen
- [B] *Border-Select*, Auswahl mit einem Rechteck
- [C] *Circle-Select*, Auswahl mit einem Kreis (Mausrad verändert den Radius)
- [shift_Links Klick] Mehrfach-Auswahl
- [ctrl_Rechts Klick] Lasso-Auswahl (*Edit Mode*)

Details

- [W] *Specials*-Menü (*Edit Mode*)
- [alt_C] Konvertieren von Objekten (*Object Mode*)
- [G | Y | Y], analog mit R und S, sowie mit allen Achsen] ermöglicht ein bereits rotiertes Objekt entlang seiner ursprünglichen Achse zu manipulieren
- [ctrl_R] *Loop Cut and Slide* (*Edit Mode*)
- [ctrl_tab] *Mesh Select Mode* (im *Edit Mode*, zum Bearbeiten der *Vertices*, *Edges*, *Faces*)
- [ctrl_J] Auswahl vereinen (*Join*)
- [P] *Separate*-Menü
- [shift_S] *Snap*-Menü
- [ctrl_B] *Bevel*, Kanten brechen (*Edit Mode*)
- [F] verbindet (mind. zwei) angewählte *Vertices*, *Edges* oder *Faces*
- [ctrl_T] Trianguliert die Auswahl
- [ctrl_A] *Apply*-Menü (Skalierung / Rotation anwenden)
- [ctrl_M_X] (analog Y, Z) Spiegeln entlang bestimmter Achse
- alt_Links Klick wählt einen Kantenring aus (*Edge Loops*, *Edit Mode*)



Eine Möglichkeit in Blender zu Modellieren besteht darin, Objekte aus den im Programm existierenden Grundformen (*Plane, Cube, Circle, UV Sphere, Ico Sphere, Cylinder, Cone, Torus, Grid, Monkey*) aufzubauen. Diese Grundformen sind unter dem Menü *Add* als *Mesh-Objekte* gruppiert. (Abb. 1) *Mesh* steht für Gitternetz-Objekte und beschreibt die Beschaffenheit dieser virtuellen Körper. (Abb. 2)

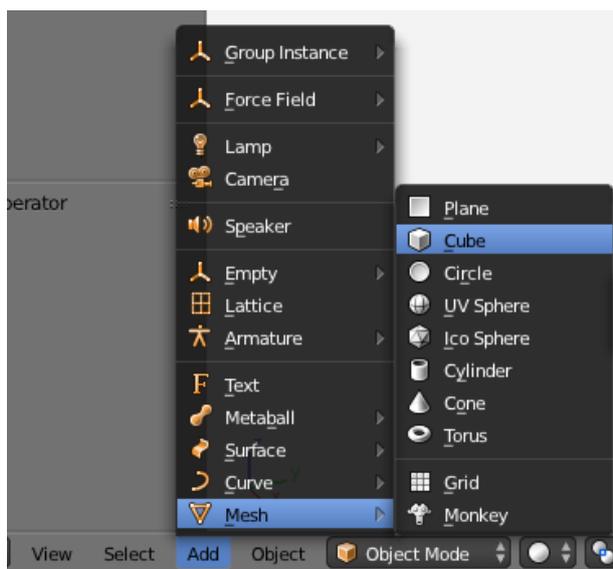


Abb. 1

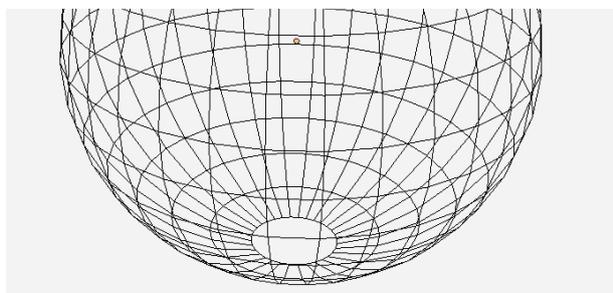


Abb. 2

Für den 3D-Druck müssen die einzelnen Formen korrekt mit dem *Boolean-Modifikator* zu

einem einzigen Objekt verbunden werden. Dieser Modifikator ist am rechten Rand bei den *Properties* zu finden (Icon: Schraubenschlüssel, Abb. 3).

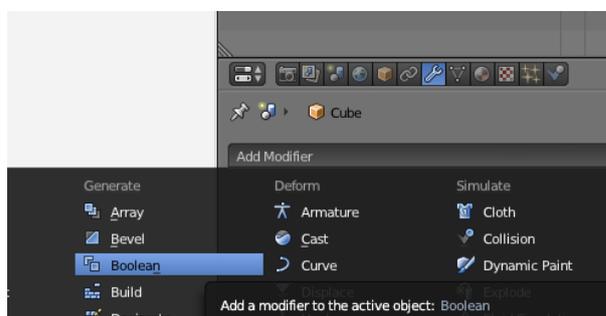


Abb. 3

Das Verbinden erfolgt mit der Operation *Union*. Mit dem *Boolean-Modifikator* können ausserdem Grundformen voneinander abgezogen (*Difference*) oder Schnittmengen gebildet werden (*Intersect*). Der Modifikator muss jeweils mit *Apply* angewendet werden. (Abb. 4)

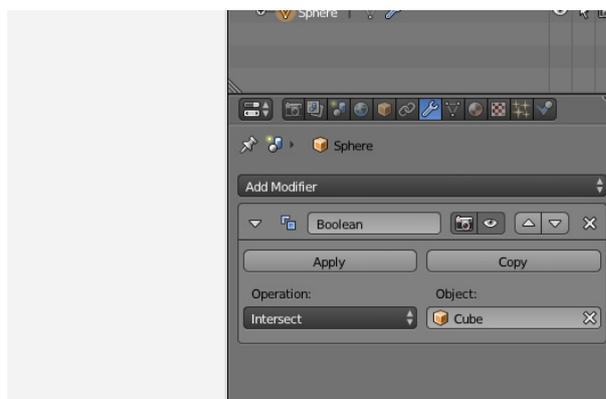


Abb. 4

Diese drei booleschen Operationen existieren in den meisten 3D-Computergrafik-Programmen.



- Den Standardwürfel (*Cube*) mit [X] löschen.
- Mit [shift_A] einen *Torus* hinzufügen und nicht verschieben.
- Links in *Tool Shelf* den *Torus* ändern: *Major Segments* 60, *Minor Segments* 22, *Major Radius* 3.5, *Minor Radius* .1 (Abb. 1)

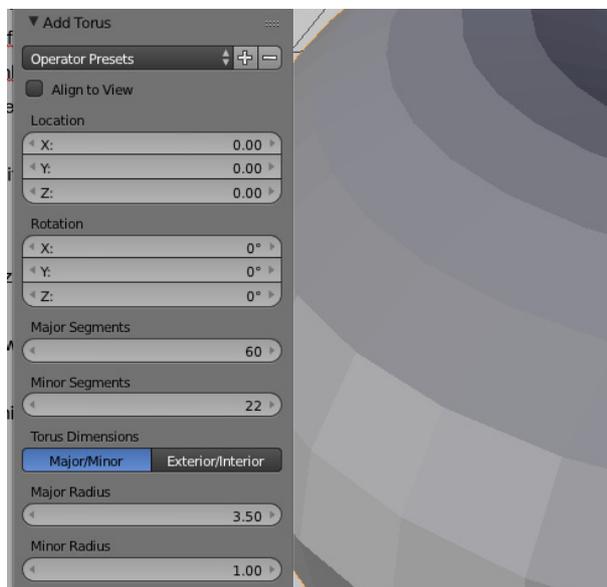


Abb. 1

- Das metrische System (der Szene) wird nicht eingeschaltet, sondern davon ausgegangen, dass eine Blendereinheit einem Zentimeter entspricht. [N] öffnet das Fenster für numerische Werte und zeigt bei diesen Angaben: X 9.000, also 9 cm. Hier können auch direkt Zahlenwerte eingegeben werden.
- Mit [shift_A] einen *Cylinder* hinzufügen und links unten im *Tool Shelf* folgendes einstellen: *Vertices* 8, *Radius* 0.475, *Depth* 17.000. (Diese Masse entsprechen Bleistiften, Farbstiften

- oder Stabilo-Stiften. Für dickere Stifte empfiehlt sich ein *Radius* von 0.6 und 12 *Vertices*.)
- Mit [5] und [3] in die orthogonale Seitenansicht wechseln und den *Cylinder* mit [R | 10] rotieren.
- Den *Cylinder* entlang der Z- und Y- Achse verschieben, so dass er sich mit dem *Torus* überschneidet. Dazu am besten mit [Z] die Gitternetz-Ansicht aktivieren. Optional mit diesen genauen Werten verschieben: [G | Z | 7.8] und [G | Y | 4.8]. (Abb. 2)

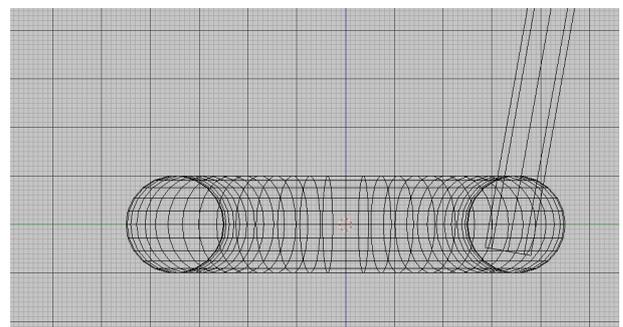


Abb. 2

- Mit [5] und [7] in die orthogonale *Top*-Ansicht wechseln.
- Den *Cylinder* mit [shift_D] und [Enter] duplizieren.
- Beim Duplikat im *Properties Shelf* unter *Location* das Vorzeichen vom Y- Wert wechseln, sowie das Vorzeichen von der X- *Rotation*.
- Beide *Cylinder* anwählen und mit [shift_D] duplizieren, diese Aktion mit [Enter] abschließen und beide *Cylinder* mit [R | 36] rotieren. Diesen Schritt 7-mal wiederholen.



- Mit [3] in die Seitenansicht wechseln, mit [B] (*Border-Select*) alle *Cylinder* auswählen und mit [ctrl_J] verbinden.
- Dem *Torus* einen *Boolean Modifier* hinzufügen, die *Operation* auf *Difference* stellen und als Hilfsobjekt die vereinten *Cylinder* auswählen. Den Vorgang mit *Apply* anwenden.
- Das Hilfsobjekt (die vereinten *Cylinder*) mit [X] löschen. (Abb. 3)

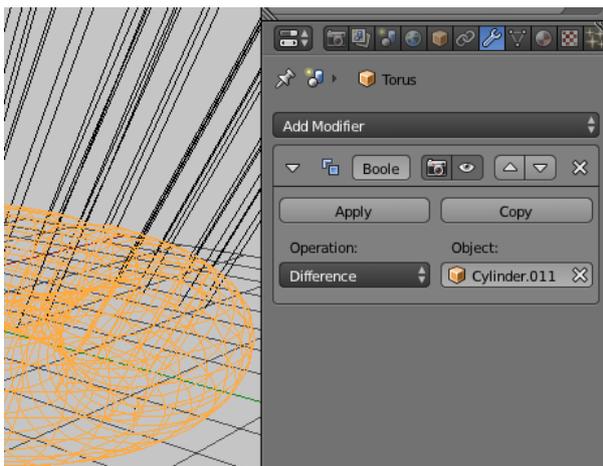


Abb. 3

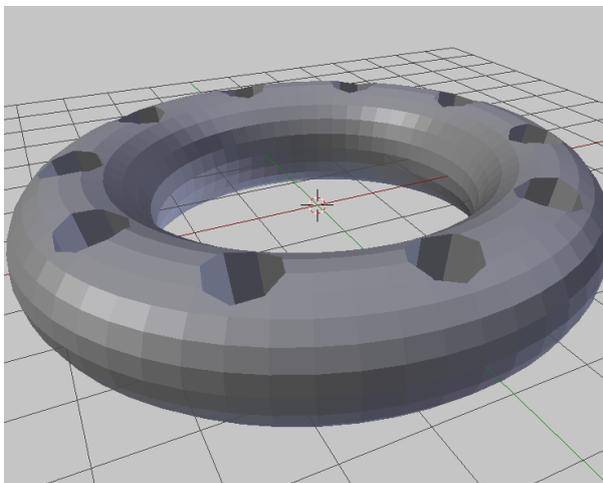


Abb. 4



- Den Standardwürfel (*Cube*) mit [S | X | 1.5], [S | Y | 5] und [S | Z | 0.15] skalieren.
- Diesen flachen Quader mit [shift_D] duplizieren und die Aktion mit [Enter] abschliessen.
- Mit [5] und [1] in die orthogonale Ansicht von vorne wechseln.
- Einen von diesen Quadern mit [R | Y | 2] rotieren und dann mit [G | Z | 0.25] verschieben. Dieser rotierte Quader dient als Hilfsquader. (Abb.1)

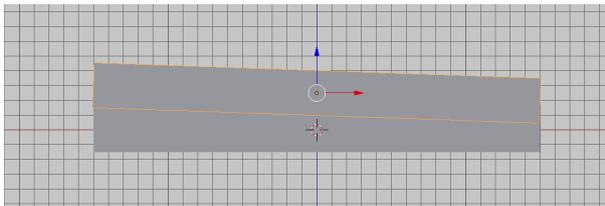


Abb. 1

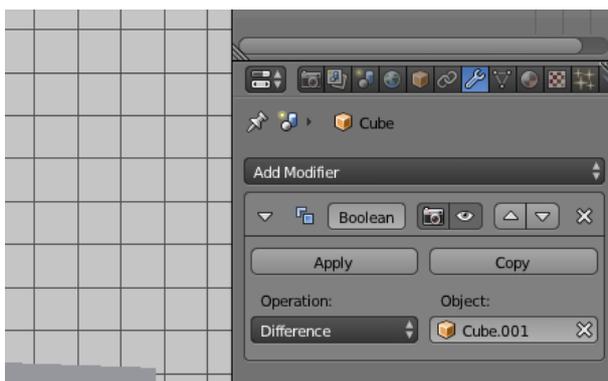


Abb. 2

- Den nicht rotierten Quader anwählen und beim Schraubenschlüsselsymbol den *Modifier* namens *Boolean* holen. Die *Operation* auf *Difference* stellen und als *Object* den Hilfsquader wählen. Die *Operation* mit *Apply* ausführen. (Lässt sich die *Operation* nicht / nur fehlerhaft

- ausführen, dann muss der Hilfsquader noch mit [S | X] und [S | Y] vergrößert werden, damit die Überschneidung deutlich wird. Abb. 2)
- Den Hilfs-Quader mit [X] löschen. (Abb. 3)

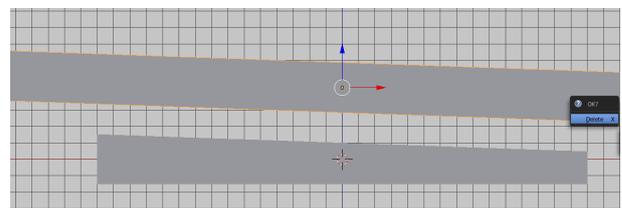


Abb. 3

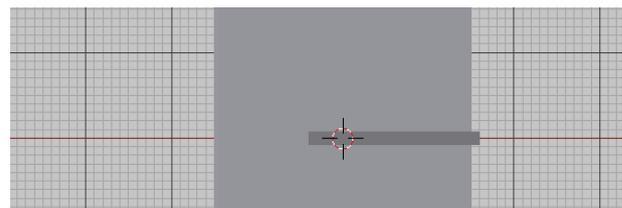


Abb. 4

- Mit [7] in die orthogonale Ansicht von oben wechseln.
- Mit [shift_A] einen *Cube* holen.
- Diesen *Cube* mit [S | Y | 0.08] und [S | Z | 0.2] skalieren. (Abb. 4)
- Den *Cube* mit [G | X | 0.6] verschieben.
- Den *Cube* jeweils mit [shift_D] duplizieren, diese Aktion mit [Enter] abschliessen und mit [G | Y | 0.3] verschieben. Diesen Schritt 14 mal wiederholen. (insgesamt 15 *Cubes*)
- All diese *Cubes* mit gehaltener Shift-Taste auswählen (oder mit [B]) und mit [ctrl_J] verbinden.
- Die 15 *Cubes* anwählen und mit [shift_D] duplizieren, diese Aktion mit [Enter] abschliessen.



- Die neuen *Cubes* mit [G | Y | -4.2] verschieben. (Abb. 5)

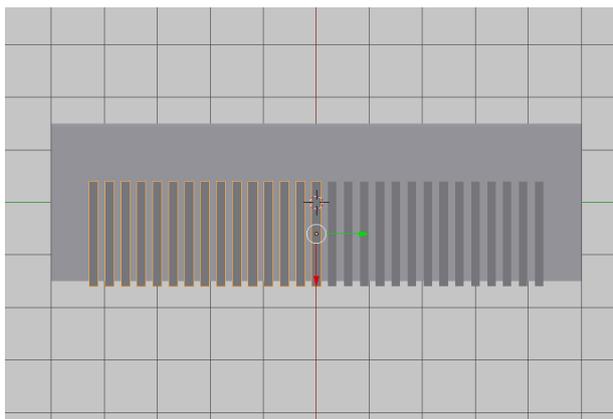


Abb. 5

- Den *Boolean Modifier* mit *Apply* anwenden und die Hilfsobjekte mit [X] löschen. (Abb. 7)

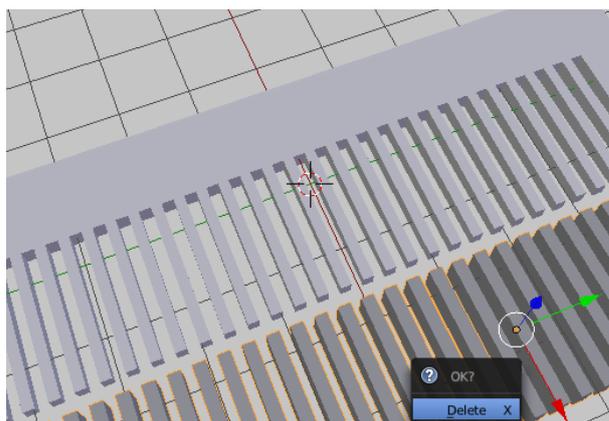


Abb. 7

- All diese *Cubes* nochmals anwählen und mit [ctrl_J] verbinden.
- Optional zum Duplizieren kann mit dem *Array-Modifier* gearbeitet werden.
- Den grossen Quader anwählen und rechts beim Schraubenschlüsselsymbol den Modifikator namens *Boolean* holen. Die *Operation* auf *Difference* stellen und als Hilfsobjekt die vereinten *Cubes* einstellen. (Abb. 6)

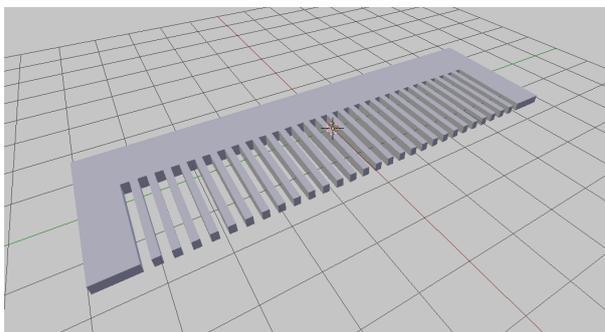


Abb. 8

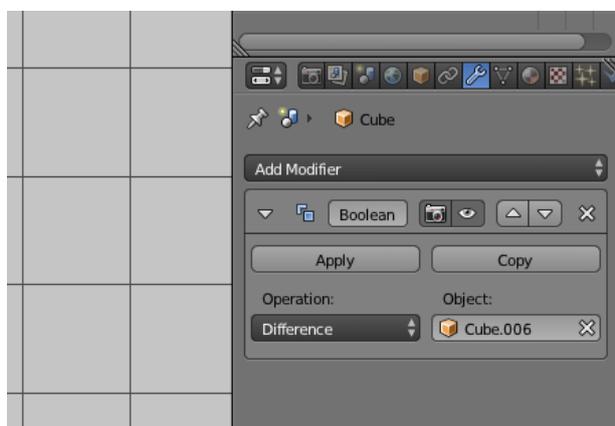


Abb. 6



- Den Standardwürfel mit Linksklick anwählen und mit [S | 6] vergrößern.
- Unter *Add* (oder mit [shift_A]) eine *Sphere* hinzufügen und links im *Tool Shelf* unter *Size 4* einstellen. (Abb. 1)
- Diese *Sphere* mit [G | Z | 6] entlang der Z-Achse um 6 Blender-Einheiten verschieben.
- Rechts bei den *Properties* auf das Schraubenschlüsselsymbol klicken und den Modifikator namens *Boolean* auswählen. Die *Operation* auf *Difference* stellen und als *Object* den *Cube* definieren. Die Operation mit *Apply* ausführen lassen. (Abb. 2)

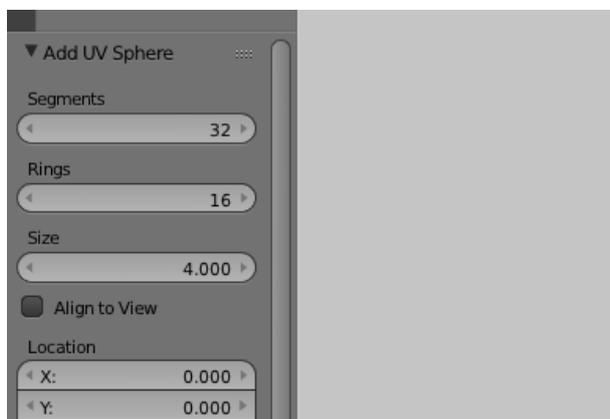


Abb. 1

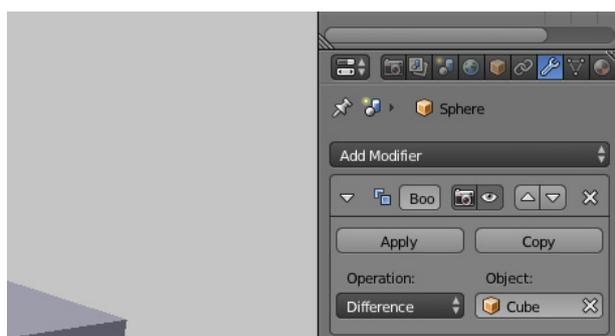


Abb. 2

- Den *Cube* anwählen und mit [X] löschen. (war nur ein Hilfsobjekt)
- Mit [N] das *Properties Shelf* aktivieren. (oder auf dem kleinen Pluszeichen rechts oben bei der *3D-View*)

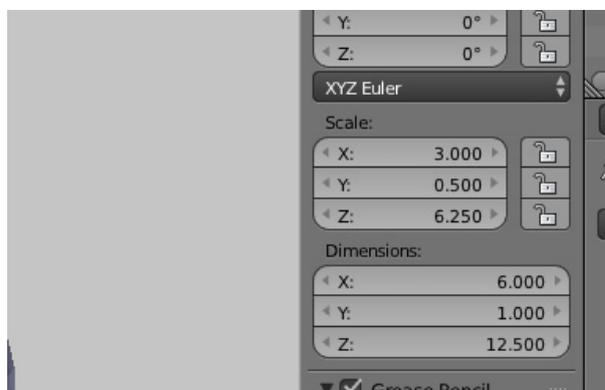


Abb. 3

- Mit [shift_A] einen neuen *Cube* hinzufügen und im *Properties Shelf* unter *Dimensions* die Masse des eigenen Smartphones eingeben. Jeweils einen Millimeter hinzugeben. Die Zahlen können als Zentimeter angenommen werden. (Die Zahlen in der Abb. 3 sind für das iPhone 5S)
- Dieses virtuelle Smartphone mit [R | Y | 10] rotieren. (10 Grad entlang der Y-Achse)
- Mit Hilfe der Achsenpfeile das Smartphone in die Halbkugel verschieben. (Optional mit genauen Zahlenwerten [G | Z | 13] und [G | X | 1])
- Nach Belieben die Halbkugel entlang der X- oder Y-Achse skalieren. [S | X] / [S | Y]
- Die Halbkugel mit Linksklick anwählen und beim Schraubenschlüsselsymbol den *Boolean*



Modifier hinzufügen. Die *Operation* auf *Difference* stellen und als Hilfsobjekt das virtuelle Smartphone definieren. Mit *Apply* anwenden.

- Das Hilfsobjekt mit [X] löschen. (Abb. 4)

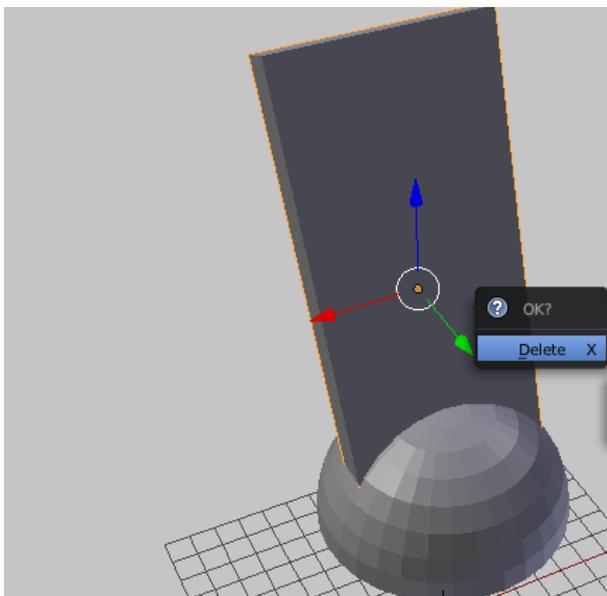


Abb. 4

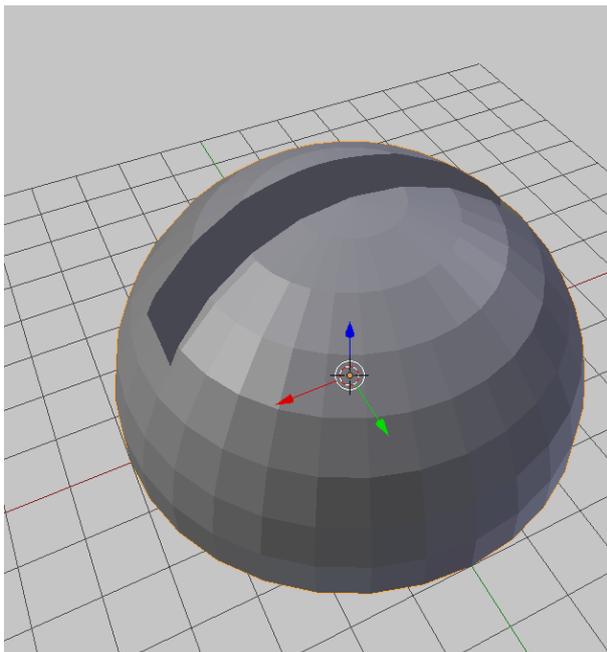


Abb. 5



- Den Standardwürfel (*Cube*) mit [X] löschen.
- Mit [shift_A] einen *Torus* hinzufügen und nicht verschieben.
- Unten links im *Tool Shelf* die *Major* und *Minor Segments* nach Wahl einstellen (ergibt Form).
- Mit [5] und [7] in die orthogonale Ansicht von oben und mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln.
- Mit [Z] die *Wireframe*-Ansicht einstellen.
- Mit der *Border Select* [B] eine Hälfte auswählen und mit [G | X] zu einer länglichen Form bringen. (z.Bsp. mit [G | X | 0.5], Abb. 1)
- Mit [Tabulator] zurück in den *Object Mode* wechseln.
- Beim *Array Modifier Object Offset* aktivieren und als Objekt das rotierte *Empty* einstellen. (Abb. 2)
- Gleich oberhalb noch den X-Wert verstellen, so dass es eine günstige Überschneidung gibt.
- Die Zahl *Count* beliebig hoch stellen. (Länge der Kette)
- Mit *Apply* den *Modifier* anwenden.

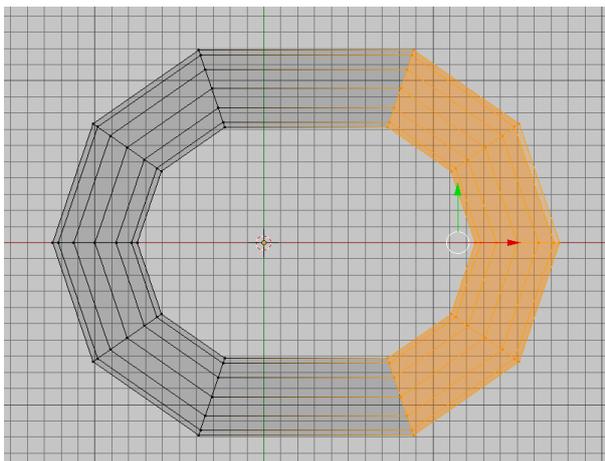


Abb. 1

- Mit [shift_A] ein *Empty Arrow* hinzufügen und mit [R | X | 90] rotieren.
- Den *Torus* anwählen und beim Schraubenschlüsselsymbol den *Modifier* namens *Array* hinzufügen.

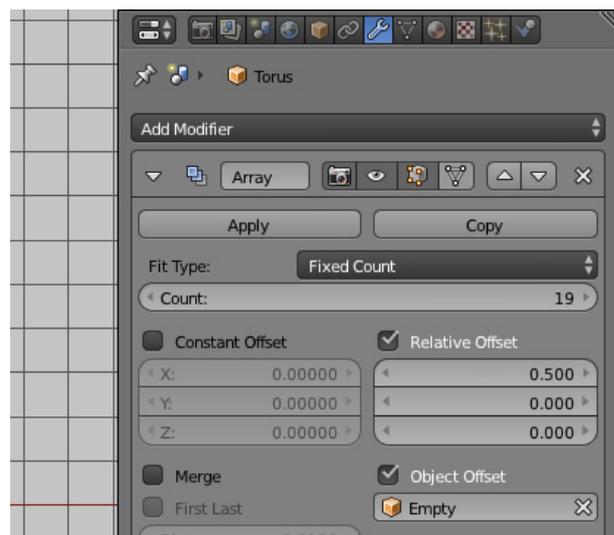


Abb. 2

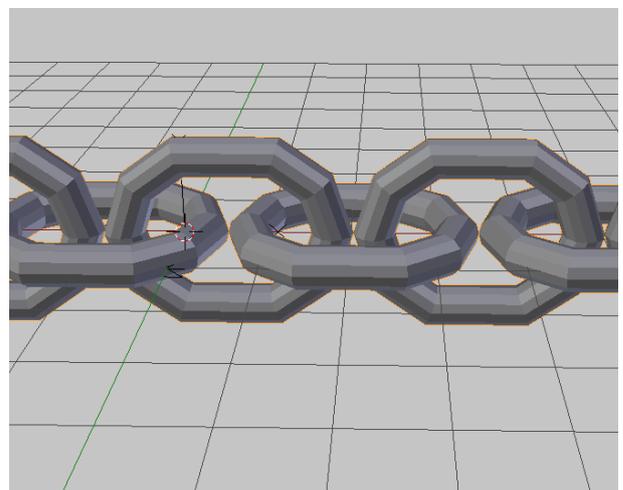


Abb. 3



Falls der *Boolean Modifier* nicht, oder nur fehlerhaft, funktioniert, können die folgenden Tipps helfen:

- Beide Objekte um ein paar Millimeter verschieben und erneut probieren.
- Die Reihenfolge der Auswahl ändern. (beispielsweise zuerst Hilfsobjekt auswählen und erst dann das Hauptobjekt eingeben)
- Überschneidungen deutlich machen. (keine deckungsgleichen Flächen, Abb. 1)

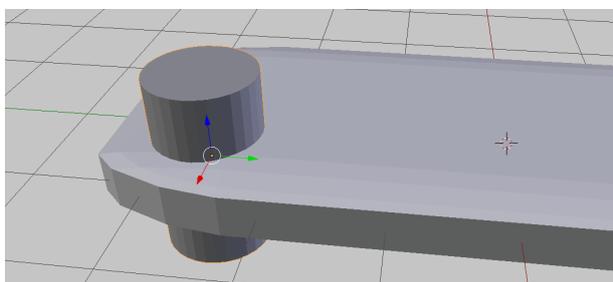


Abb. 1

- Mit [ctrl_A] die Skalierung und Rotation anwenden. (*Object Mode*)
- Im *Edit Mode* mit [A] alles auswählen und die Funktion *Remove Doubles* anwenden (*Tool Shelf*, Abb.2)

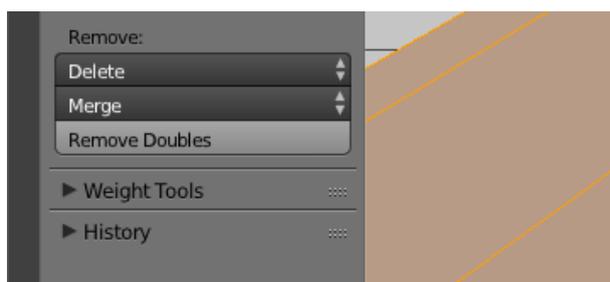


Abb. 2

- Im *Edit Mode* mit [A] alles anwählen und mit [ctrl_N] die Flächennormalen auf der Aussen-seite Neuberechnen lassen. (diese Funktion ist auch unten links im Menü *Mesh > Normals > Recalculate Outside* zu finden, Abb. 3)

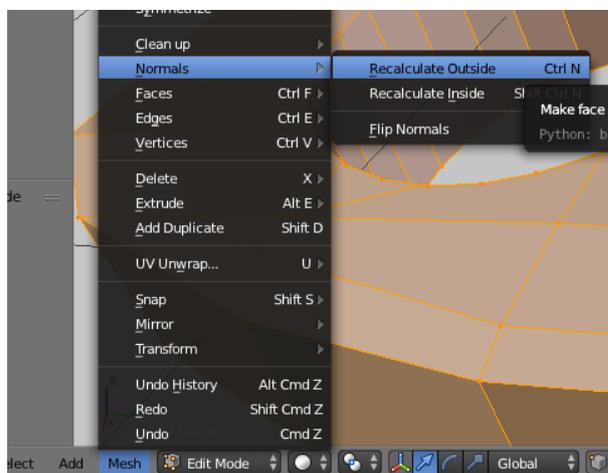


Abb. 3

- Falls das Gitternetz ungünstig unterteilt ist, kann es (oder einzelne Flächen) mit [ctrl_T] trianguliert werden.
- zur Not: beide Objekte auf www.tinkercad.com hochladen. Die booleschen Operationen *Union* und *Difference* können dort ausgeführt werden. Schnittmengen zu bilden ist in Tinkercad allerdings nur über Umwege möglich.



Eine Modellier-Variante ist das Boxmodeling. Ausgehend von dem Standardwürfel, der Box, oder anderen einfachen Grundformen (wie *Sphere*, *Cylinder*, etc.) kann fast alles modelliert werden. Flächen werden wenn nötig unterteilt, mittels *Loop Cut and Slide* oder über *Subdivide*. Beide Funktionen sind im *Edit Mode* auf der linken Seite im *Tools Shelf* [T] zu finden. Es gilt zu beachten, dass nur so viele Unterteilungen wie nötig gemacht werden sollten, denn je mehr Flächen, Kanten und Punkte ein Objekt hat, desto rechenintensiver wird es. Je nach Slicer-Software können nicht mehr als eine halbe Million Punkte pro Objekt verarbeitet werden. Die Anzahl Punkte wird im *Edit Mode* am oberen Rand in der Mitte angegeben. (Abb. 1)

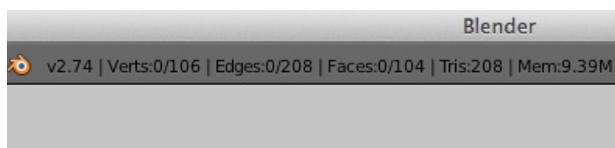


Abb. 1

Die einzelnen Flächen ermöglichen genaues Bearbeiten der *Vertices*, *Edges* oder *Faces* im *Edit Mode*. Dabei sind die drei verschiedenen Modi gleich überhalb der *Timeline* zentral: der *Vertex-*, *Edge-*, und *Face-Select*. (Abb. 2) Alle bisherigen Manipulationsmöglichkeiten (*grab*, *rotate*, *scale*) können nun mit einzelnen Teilen ausgeführt werden. Wird ein Punkt (oder Kan-

ten, Fläche) gepackt, so reagieren die umliegenden Flächen mit. (Abb. 3) Hingegen beim Extrudieren [E] wird nur die entsprechende Fläche (oder Kante, Punkt) in den Raum gezogen. (Abb. 4)

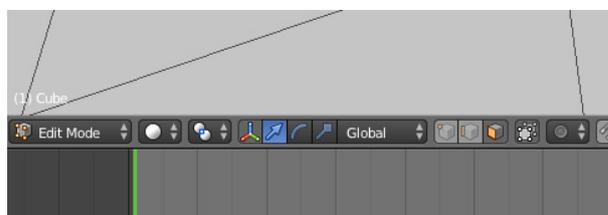


Abb. 2

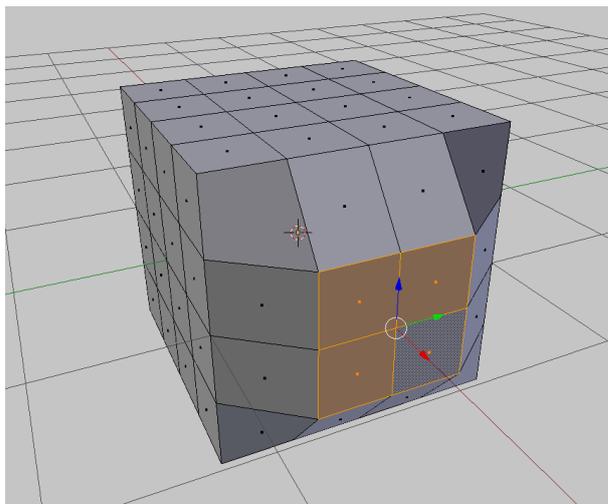


Abb. 3

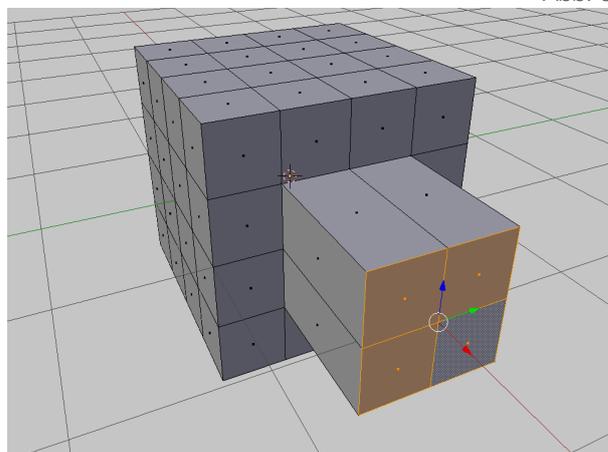


Abb. 4



- Den Standardwürfel mit [S] so skalieren, dass die Proportionen einem Tischblatt gleichen. [S] [Z] um den Würfel flach zu machen, [S] [Y] und [S] [X] um die Länge und Breite zu verändern.
- Den Quader auswählen (Linksklick) und mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln.
- Mit [5] und [7] in die orthogonale Ansicht von oben wechseln.
- Links im *Tool Shelf* [T] den *Loop Cut and Slide* anklicken. (Tastenkürzel [ctrl_R])
- Sobald man mit dem Mauszeiger an den Rand des Objekts kommt, erscheint eine violette Linie. Mit Linksklick wird diese aktiv und lässt sich dann verschieben.
- Das Tischblatt am Rand unterteilen (Abb. 1, am Hintergrund-Gitter orientieren, oder im *Properties Shelf* mit genauen Werten und gegensätzlichen Vorzeichen arbeiten.)

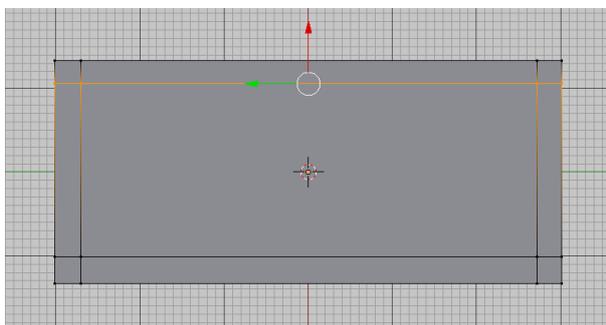


Abb. 1

- Die vier entstandenen Flächen mit *Face-Select* auswählen. (Mehrfachauswahlen mit gehaltener Shift-Taste)
- Mit [E] auf die gewünschte Tischbeinlänge

extrudieren (die Beine in den Raum ziehen, Abb. 2).

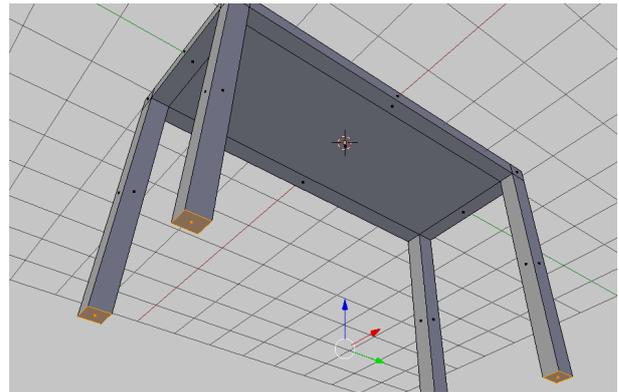


Abb. 2

- Nach dem selben Prinzip können auch Stühle modelliert werden. Die Stuhlbeine können wie die Tischbeine nach unten extrudiert werden, die Rückenlehne entlang der Z-Achse nach oben. (Abb. 3)
- Im *Object Mode* kann der Stuhl mit [shift_D] dupliziert werden und in der orthogonalen Top-Ansicht [5 | 7] platziert werden.

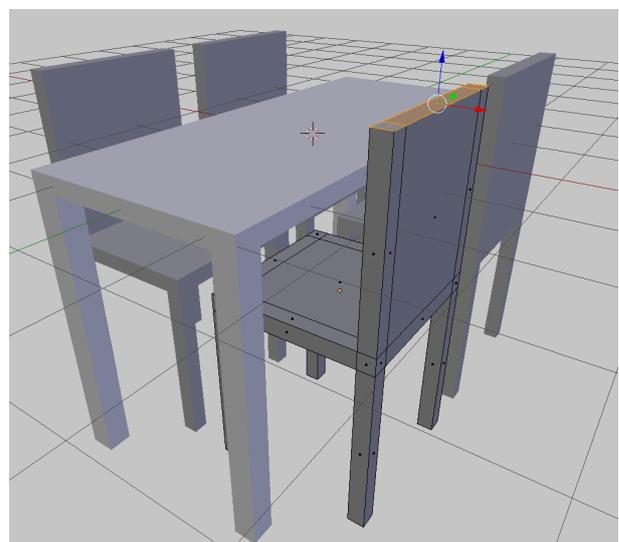


Abb. 3



- Den Standardwürfel mit [X] löschen und mit [shift_A] einen *Cylinder* hinzufügen.
- Links im *Tool Shelf* den *Radius* von diesem *Cylinder* auf 4 stellen.
- Mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln und mit [3 | 5] in die orthogonale Ansicht von rechts gehen.
- Mit [alt_Lincksklick] den untersten Kantenring anwählen und mit [S | 0.9] verkleinern. (Abb. 1)

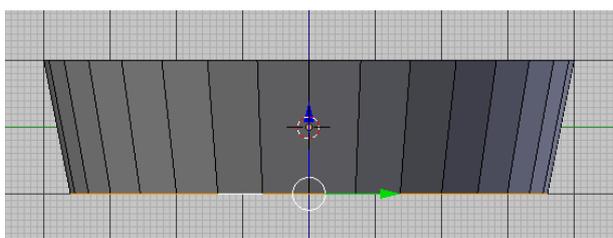
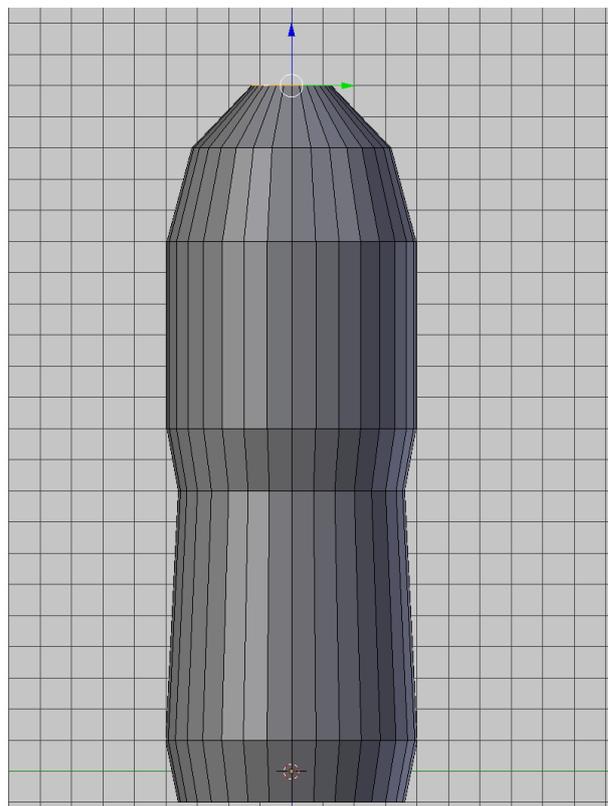


Abb. 1

- Mit [alt_Lincksklick] den oberen Kantenring anwählen und mit [E | 8] um acht Blendereinheiten vergrößern.
- Jeweils die folgenden Schritte mit der aktuellen Auswahl (= oberster Kantenring) vollziehen:
 - Die Auswahl mit [S | 0.9] verkleinern.
 - Den Kantenring mit [E | 2] extrudieren und mit [S | 1.1] vergrößern.
 - Weiter mit [E | 6] und mit [E | 3] einen weiteren Abschnitt machen. Diesen neuen Abschnitt mit [S | 0.8] verkleinern.
 - Erneut mit [E | 2] extrudieren und mit [S_0.4] den Ring verkleinern. (Abb. 2)



- Für den obersten Teil: Mit [E | 1] extrudieren und mit [E | Enter] eine deckungsgleiche Fläche schaffen.
- Diese Auswahl mit [S | 1.3] vergrößern und mit [E | 0.3] hochziehen.
- Erneut mit [E | Enter] eine deckungsgleiche Fläche schaffen und diese mit [S | 0.8] verkleinern und mit [E | 1.2] extrudieren. (Abb. 3)

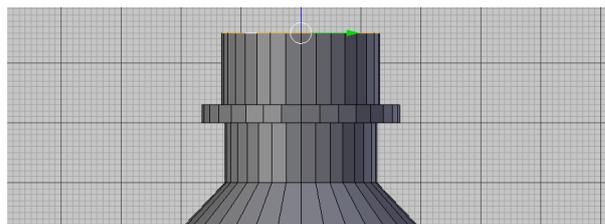


Abb. 3



- Für Rillen: im *Edit Mode* den *Loop Cut and Slide* aktivieren und die *Number of Cuts* definieren. (z. Bsp. 10)
- Jeweils einen Kantenring mit [alt_Links Klick] anwählen und mit [S | 0.9] verkleinern. (Abb. 4)

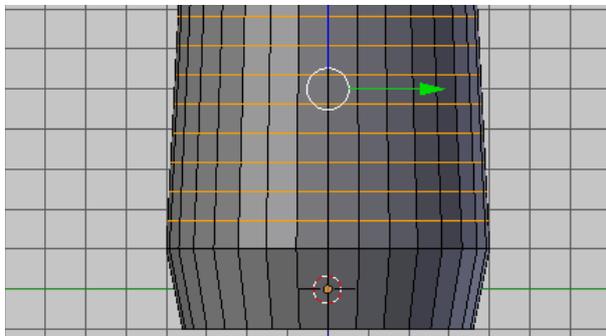


Abb. 4

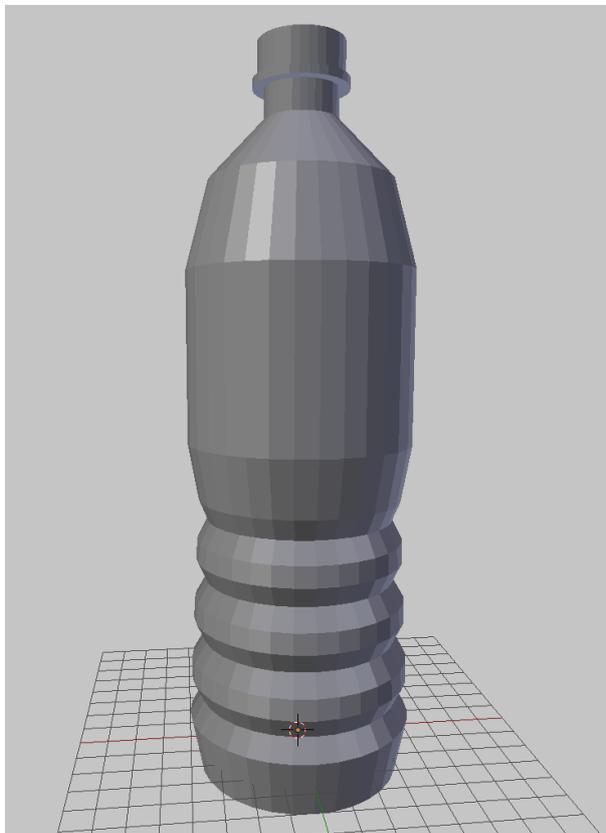


Abb. 5

- Eine Option zur Ausgangslage mit dem *Mesh Cylinder* bietet der *Nurbs Cylinder* bei den *Surfaces*. (*Add-Menü*)
- Für den 3D-Druck müsste der fertig modellierte *Nurbs Cylinder* mit [alt_C] zu einem *Mesh-Objekt* konvertiert werden. (Abb. 6)

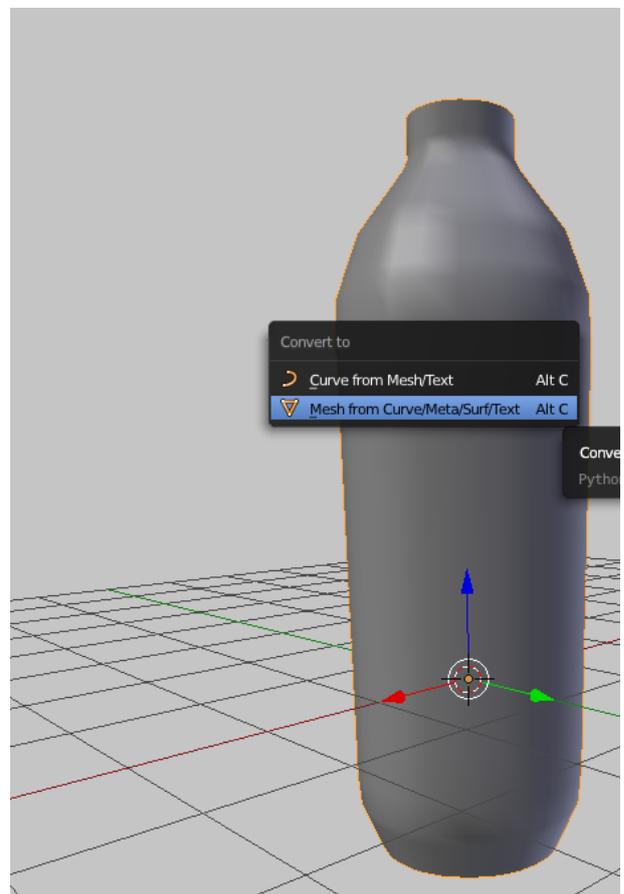


Abb. 6



- Den Standardwürfel mit [S | Y | 0.5] entlang der Y-Achse halbieren.
- Mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln.
- Links im *Tool Shelf* auf *Subdivide* klicken und die *Number of Cuts* auf 2 stellen. (Abb. 1)

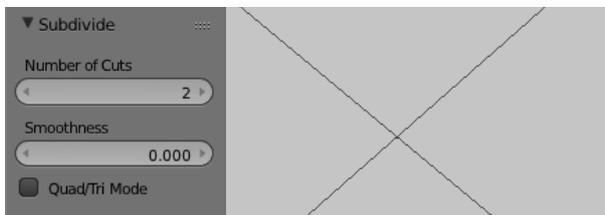


Abb. 1

- Die zwei Seitenflächen oben mit [E | 0.2] und [E | 0.5] extrudieren. (Oberarme, Abb. 2)
- Am selben Teil die unteren Flächen wählen und mit [E | 0.7], [E | 0.3], [E | 0.7] extrudieren. (Abb. 3)

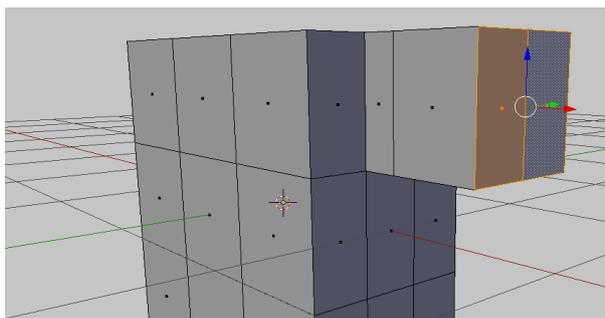


Abb. 2

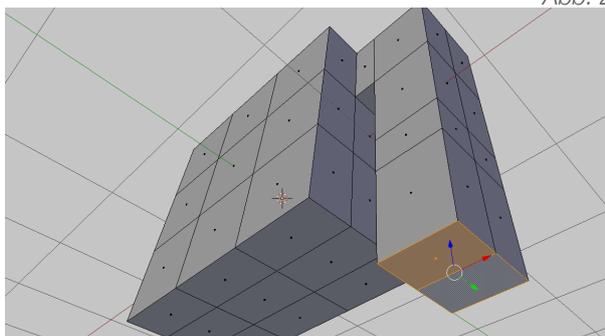


Abb. 3

- Diese zwei Schritte auf der anderen Seite wiederholen.
- Für die Beine: 4 Flächen an der Unterseite anwählen (Abb. 4) und mit [E | 1], [E | 0.5] und [E | 1] extrudieren.

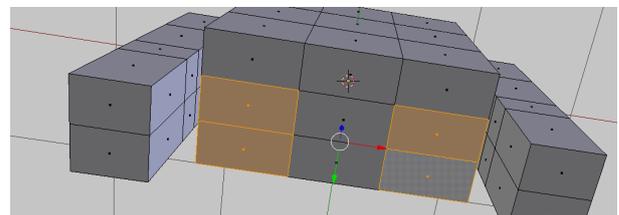


Abb. 4

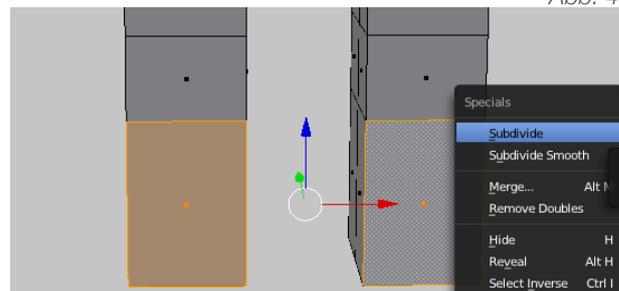


Abb. 5

- Die untersten Flächen (Faces) auf der Vorderseite anwählen und mit *Subdivide* unterteilen. (*Tool Shelf* / [W]-*Specials*-Menü, Abb. 5)
- Die untersten *Edges* anwählen und entlang der Y-Achse nach vorne ziehen. (Füße)
- Bei den Knien eine Unterteilung vornehmen: im *Tool Shelf* den *Loop Cut and Slide* anklicken, mit dem Mauszeiger an den Rand der Beine gehen, linksklicken und anschließend rechtsklicken. (so schnappt der *Loop Cut* exakt in die Mitte)
- Diese neue Unterteilung mit [S | 1.2] vergrößern. (Abb. 6)

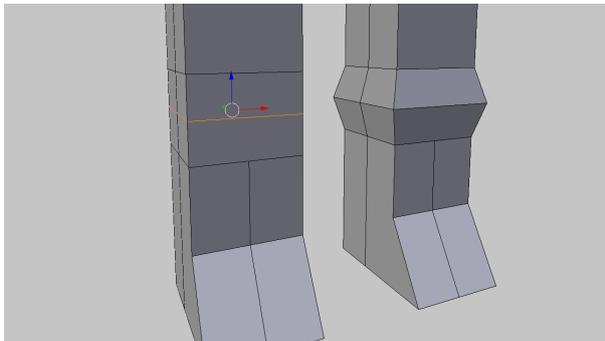


Abb. 6

- Das selbe (*Loop Cut* und *Vergösserung*) bei den Ellbogen machen.
- Die Flächen für den Hals anwählen und mit [E | 0.2] und [E | Enter] extrudieren. (Abb. 7)
- Die Auswahl mit [S | 1.5] skalieren und schliesslich mit [E | 1] extrudieren. (Abb. 8)

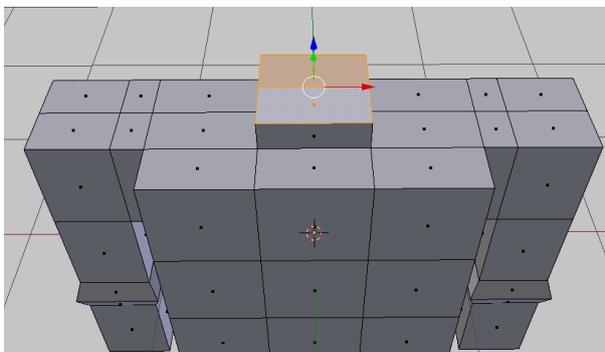


Abb. 7

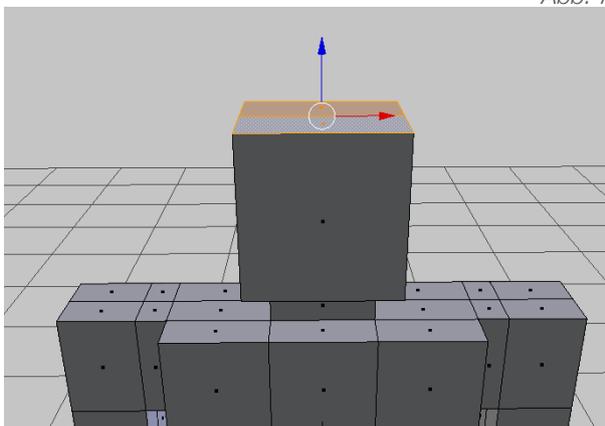


Abb. 8

- Die beiden Hand-Flächen anwählen und mit *Insert Faces* (links im *Tool Shelf*) unterteilen.
- Diese neuen Flächen mit [E | 0.3] extrudieren und die Auswahl behalten.
- Beim *Pivot Point* (oberhalb *Timeline*) vorübergehend von der Einstellung *Median Point* zu *Individual Origins* wechseln. (Abb. 9)
- Jetzt die Auswahl mit [S | 1.5] vergrössern. (Abb. 10)
- Weitere Korrekturen bezüglich der Form können über das Anwählen und Verschieben einzelner *Vertices*, *Edges* oder *Faces* realisiert werden.

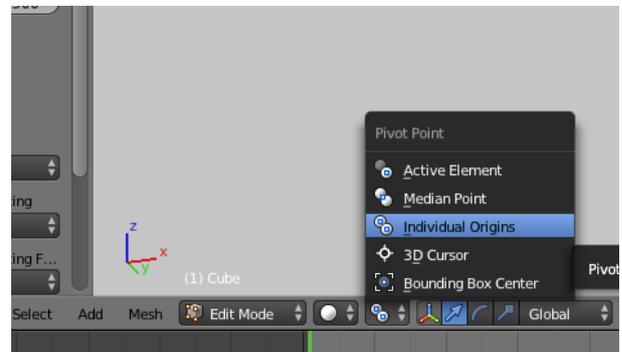


Abb. 9

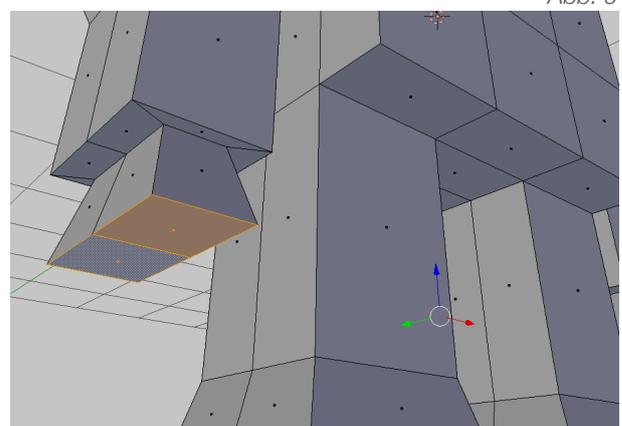
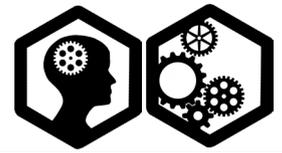


Abb. 10



Mit Low-Poly sind 3D-Computergrafik-Körper gemeint, welche mit einer tiefen Anzahl Polygonen (also Flächen, in Blender: *Faces*) auskommen. Diese Polygone wiederum haben meist nur das Minimum an Eckpunkten, also drei. Low-Poly Objekte sind nicht rechenintensiv und können von der Slicer-Software besonders schnell für den 3D-Druck aufbereitet werden. Auch bei Renderings sparen Low-Poly-Objekte Berechnungszeit ein.

- Den Standardwürfel mit [X] löschen und mit [shift_A] eine *Ico-Sphere* hinzufügen.
- Unten links im *Tool Shelf* [T] die *Size* auf 4 stellen. (Faktor 4, ergibt 8 cm Durchmesser)
- Mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln und mit [3] und [5] in die orthogonale Seitenansicht gehen.
- Den obersten Punkt mit [X] löschen. (*Delete Vertices*)
- Den untersten Punkt entlang der Z-Achse nach oben schieben. (ergibt die Standfläche)
- Nach Belieben: Den gesamten Becher mit [A] anwählen und mit [S | Z | 1.6] länger skalieren. (Abb. 1)
- Mit [7] in die *Top-Ansicht* wechseln und den obersten Kantenring mit [alt_Linksklick] auswählen. (Abb. 2)

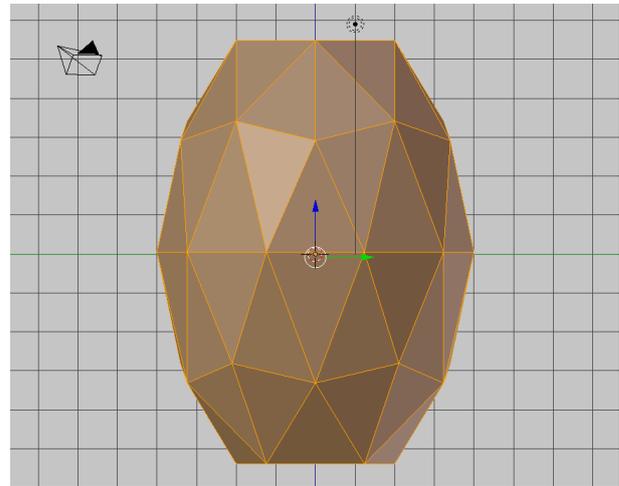


Abb. 1

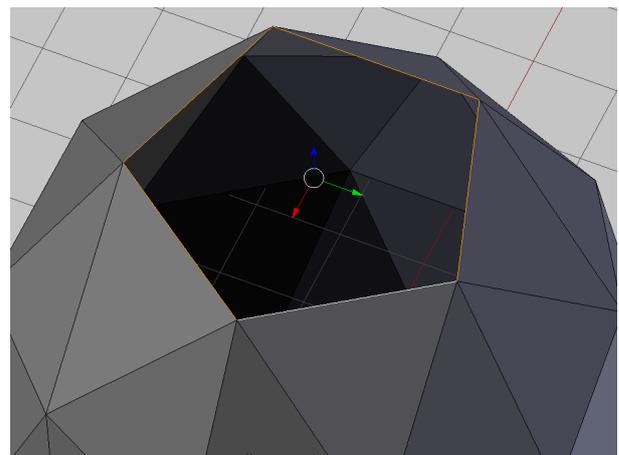
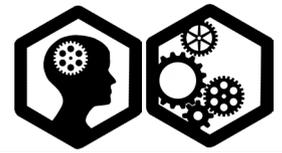


Abb. 2

- Mit [3] in die Seitenansicht wechseln.
- Oberhalb der *Timeline* den *Proportional Editing Mode* aktivieren. (*Enable*)
- Den ausgewählten Kantenring mit [R | Z | 50] rotieren. Dabei den Auswahl-Bereich des *Proportional Editing Modes* mit dem Maus-Scrollrad bestimmen.
- Analog den untersten Kantenring auswählen und diesen in der Seitenansicht mit [R | Z | -50] entlang der Z-Achse rotieren.



- Nach Belieben: einzelne Kantenringe anwählen und mit [S], [G] oder [R] manipulieren. Dabei kann mit oder ohne *Proportional Editing Mode (PEM)* gearbeitet werden.
- Mit [Tabulator] zurück in den *Object Mode* wechseln und am rechten Rand beim Schraubenschlüsselsymbol den *Modifier Solidify* holen. Die *Thickness* kann auf 0.3 gestellt werden. Den *Modifier* mit *Apply* anwenden.

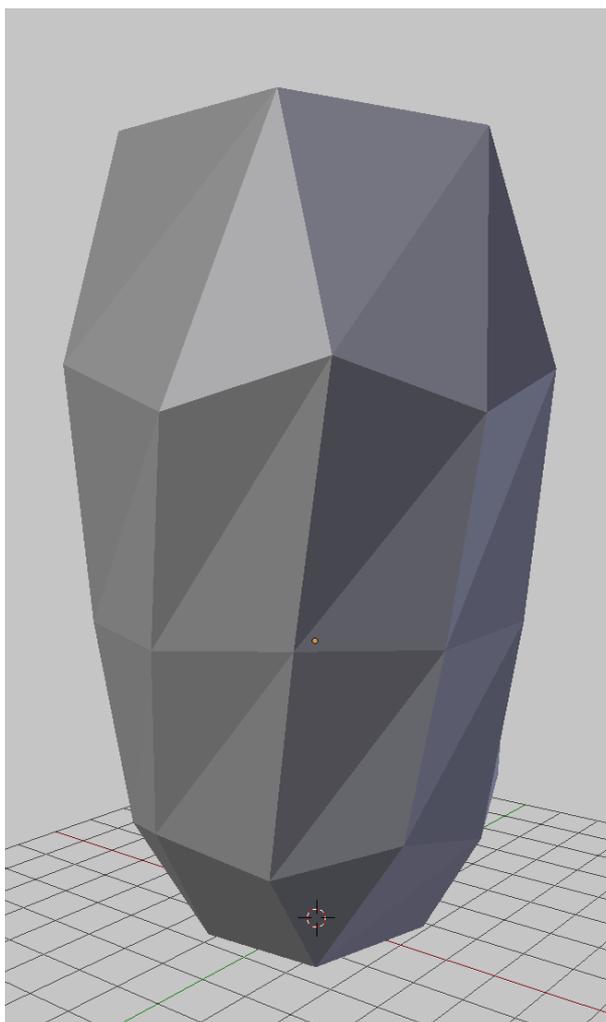


Abb. 3

- Alternativ zur Ausgangslage mit dem *Mesh*-Objekt kann mit dem *Remesh-Modifier* (beim Schraubenschlüssel-Symbol) gearbeitet werden, welcher unter dem Wert *Octree Depth* ebenfalls eine tiefe Anzahl Polygone ermöglicht.
- Weiter können auch im *Edit Mode* mit [ctrl_Rechtsklick] einzelne *Vertices* gesetzt und schliesslich mit [F] zu einem Gitternetz verbunden werden. (Abb. 4) Das Messer (*Knife* im *Tool Shelf*) ermöglicht ein *Mesh* manuell zu unterteilen.

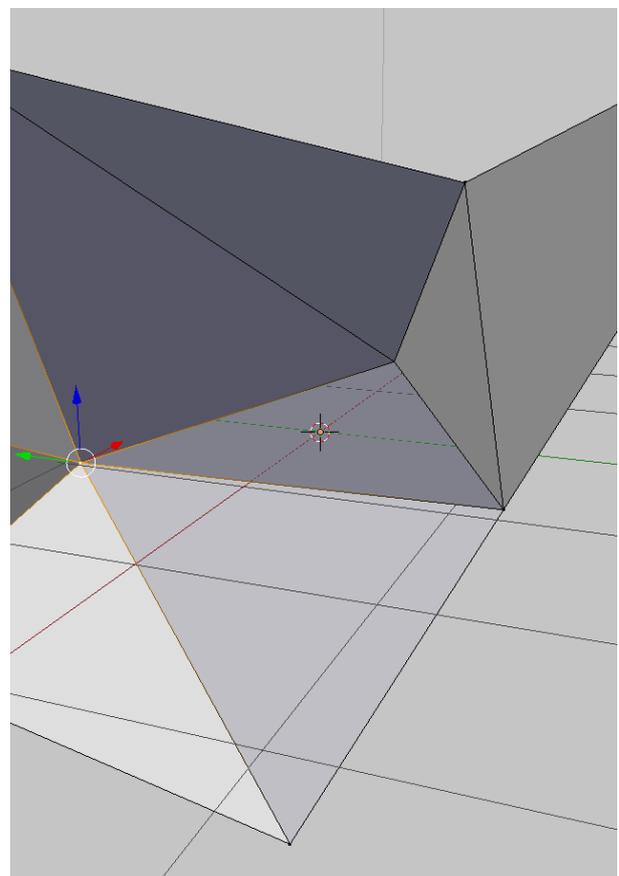


Abb. 4



Ein weiterer Weg in Blender zu Modellieren besteht darin, den halben Querschnitt des gewünschten Objekts im *Edit Mode* mit [ctrl_Rechtsklick] zu zeichnen und diesen mit der Funktion *Spin* (*Tool Shelf*) zu einem dreidimensionalen Körper zu drehen. (Abb. 1 und 2) Dabei ist wichtig, dass in der orthogonalen Ansicht [5] gezeichnet wird, in der Fluchtpunktperspektive entstehen Ungenauigkeiten.

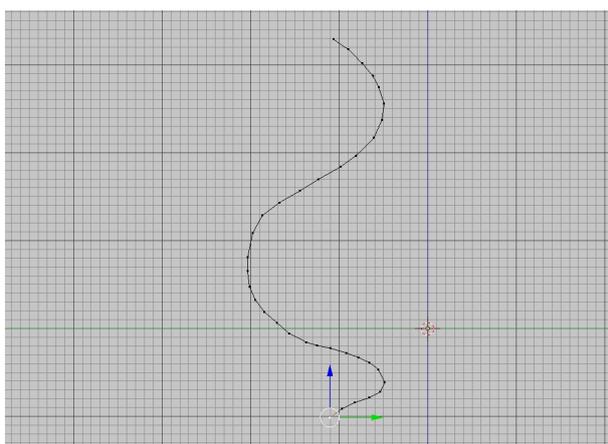


Abb. 1

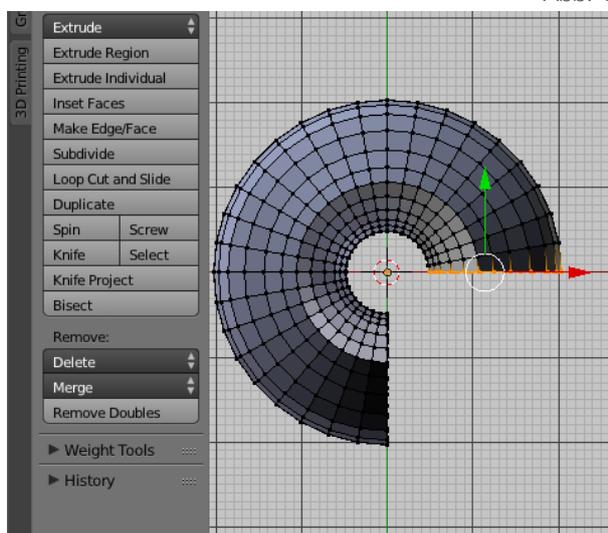


Abb. 2

Da das Objekt auch nach einer 360° Drehung nicht richtig geschlossen ist, müssen mit *Remove Doubles* die doppelten Kontrollpunkte (*Vertices*) entfernt werden. (Abb. 3)

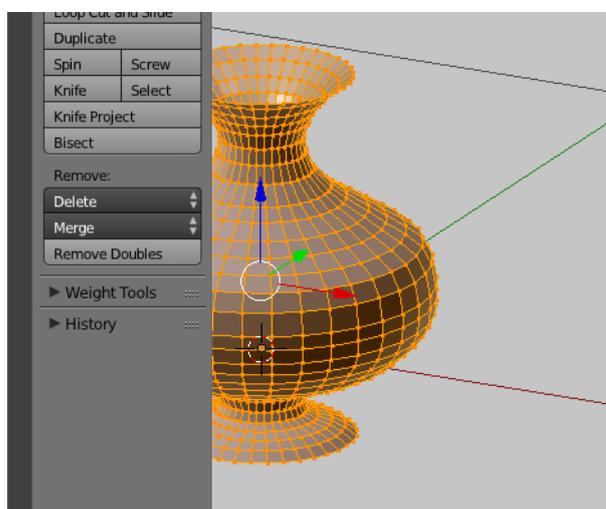


Abb. 3

Um dem Rotationskörper eine glatte Oberfläche zu verleihen, kann entweder die Funktion *Shade Smooth* oder *Subdivision Surface* angewendet werden. *Shade Smooth* glättet die Geometrie nicht wirklich, sondern nur deren Erscheinung und kommt bei Renderings zum Einsatz. Soll die Oberfläche beim 3D-Druck sein, so muss die Funktion *Subdivision Surface* (zu finden bei den Properties) angewendet werden. Diese verfeinert die Geometrie indem sie dem Objekt mehr Gitterpunkte, Kanten und Flächen hinzufügt.



- Den Standardwürfel (*Cube*) anwählen und mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln.
- Im *Edit Mode* mit [A] alles auswählen und mit [X] alles löschen (*Delete Vertices*).
- Mit [5] und [3] in die orthogonale Seitenansicht wechseln.
- Mit [ctrl_Rechtsklick] einzelne Punkte setzen und so die äussere Silhouette eines Kreisel zeichnen. Analog funktioniert eine Vase oder ein Weinglas. Der *3D-Cursor* (rot-weisses Fadenkreuz) am Nullpunkt kann als Drehzentrum angesehen werden. Ist der *3D-Cursor* nicht am Nullpunkt, so kann er mit [shift_S] *Cursor to Center* gebracht werden. (Abb. 1)

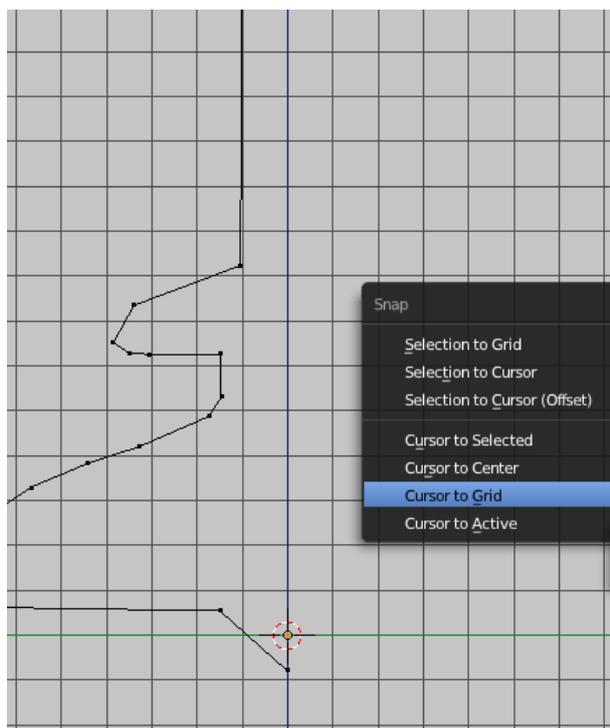


Abb. 1

- Mit [7] in die *Top*-Ansicht wechseln.
- Mit [A] alles auswählen und viermal die Funktion *Spin* klicken. (links im *Tool Shelf* zu finden)
- Mit [A] alles auswählen und die Funktion *Remove Doubles* klicken. (ebenfalls links im *Tool Shelf* zu finden, Abb. 2)

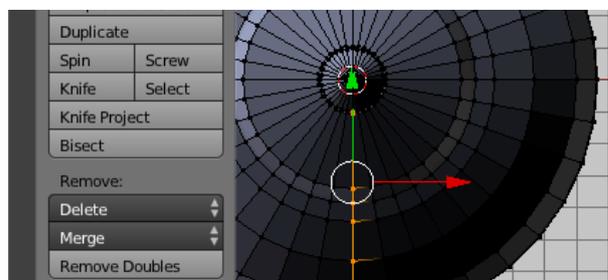


Abb. 2

- Um den Boden zu schliessen: Einzoomen, eine der untersten *Edges* (Kanten) anwählen und unter *Select* den *Edge Loops* klicken. (Optional mit [alt_Linksklick]) Diesen angewählten Kantenring mit [F] schliessen. (Abb. 3)
- Alles anwählen [A] unter *Mesh - Normals - Recalculate Outside* klicken. (Abb. 4)

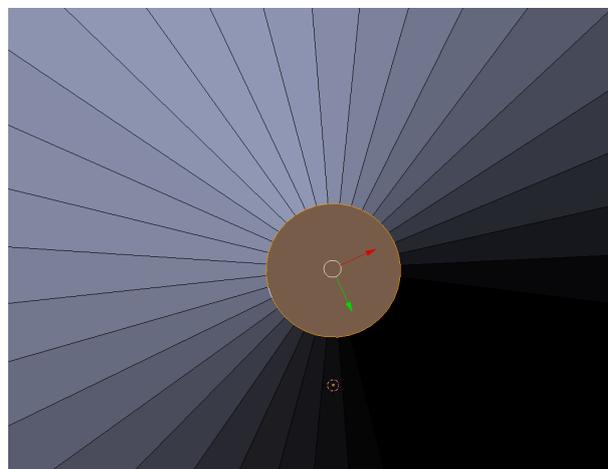


Abb. 3

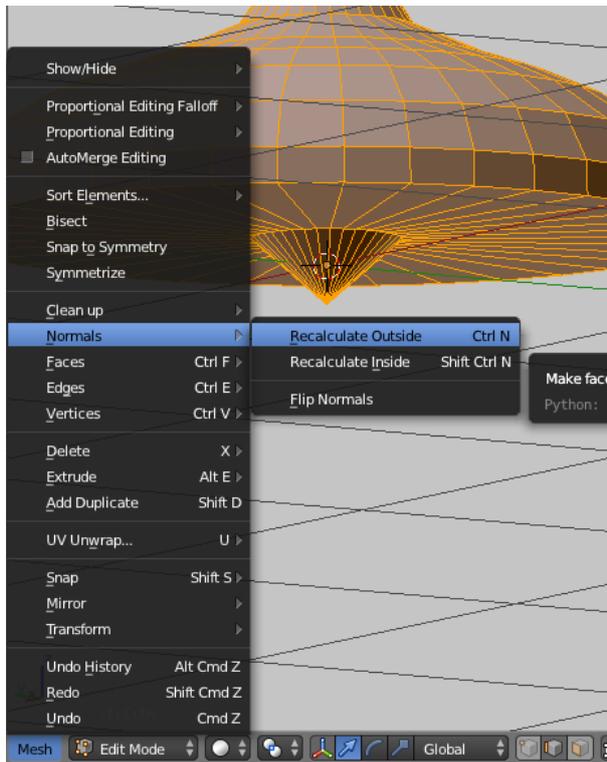


Abb. 4

- Mit [Tabulator] in den *Object Mode* wechseln.
- Nach Belieben bei den *Properties* den *Modifier Subdivision Surface* aktivieren. Die Anzahl der Unterteilungen einstellen und den *Modifier* mit *Apply* anwenden. (Abb. 5)

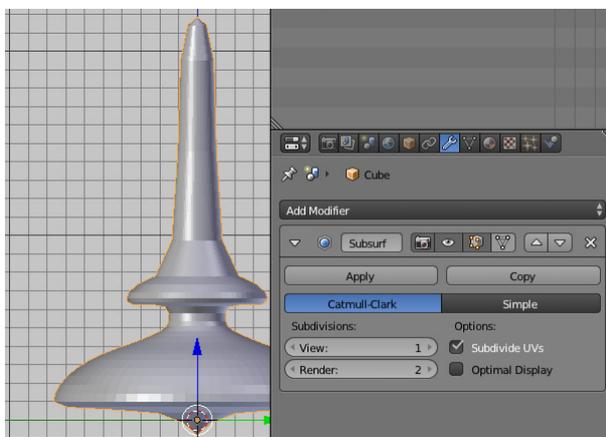


Abb. 5

- Um bei Vasen, Gläsern und ähnlichem Wandstärke zu generieren, muss mit dem *Solidify*-Modifikator gearbeitet werden. Die *Thickness* kann beispielsweise auf 0.2 gestellt werden. Wiederum den Modifikator mit *Apply* anwenden. (Abb. 6)

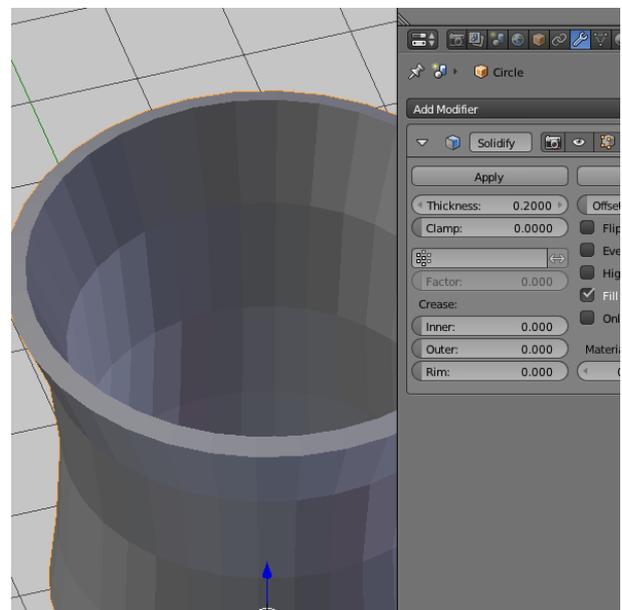


Abb. 6



Curves sind Linien, die mit Hilfe von Ankerpunkten (in Blender *Vertices*) und Griffen verformt werden können. Einzelne Punkte werden im *Edit Mode* mit [ctrl_Rechtsklick] gesetzt. (Abb. 1) Anfangs- und Endpunkt werden mit [F] verbunden. Mit [X] können einzelne Punkte wieder gelöscht werden.

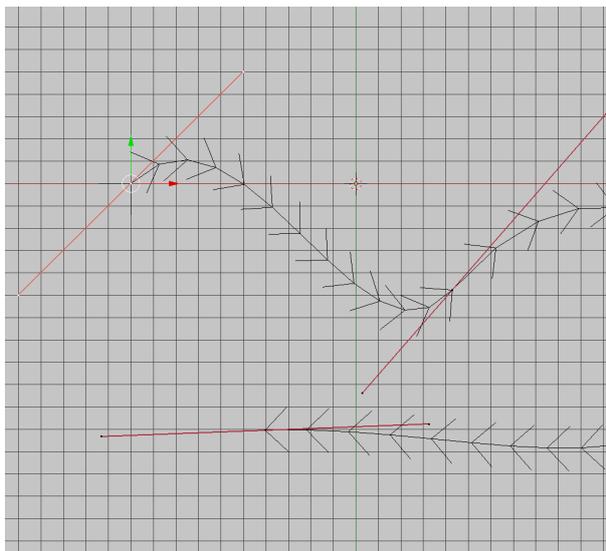


Abb. 1

Bei den *Properties* unter dem *Curve*-Symbol kann unter *Resolution* die Anzahl Segmente des *Curves* eingestellt werden, diese bestimmen die Auflösung des virtuellen Objektes. Mittels *Extrude* (ebenfalls unter dem *Curve*-Symbol) werden die Punkte in den Raum gezogen und so dreidimensionalisiert. (Abb. 2) Um *Curve*-Objekte 3D zu drucken, müssen sie mit [alt_C] zu einem druckbaren *Mesh*-Objekt konvertiert werden. (Abb. 3)

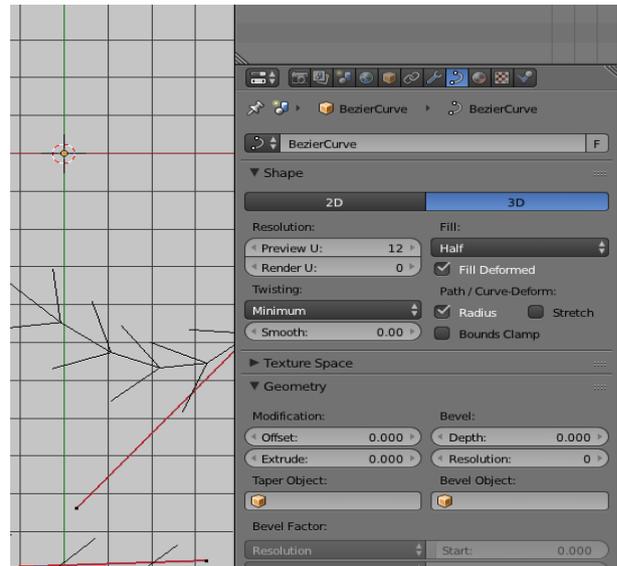


Abb. 2

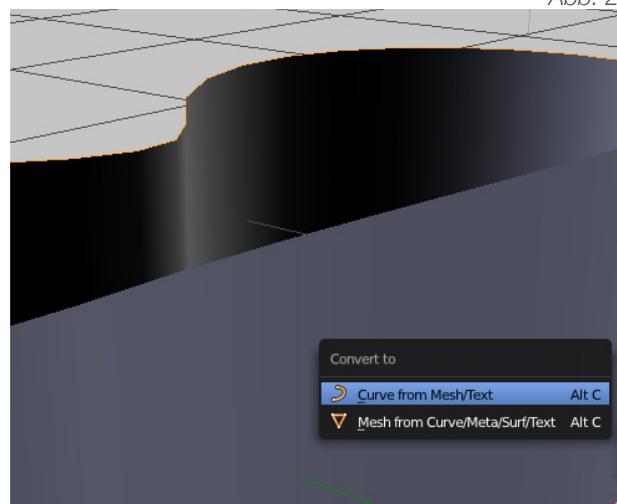


Abb. 3



- Den Standardwürfel mit [X] löschen und mit [shift_A] einen *Curve Circle* und einen *Bezier Curve* hinzufügen.
- Den *Bezier Curve* mit Linksklick anwählen und mit [R | X | 90] um 90° entlang der X-Achse rotieren.
- Den *Curve Circle* anwählen und rechts bei den *Properties* auf das *Curve* Icon klicken. Unter *Geometry* bei *Bevel Object* den *Bezier Curve* einstellen. (Abb. 1)
- Mit [5 | 1] in die orthogonale *Front*-Ansicht wechseln.
- Mit [G] den *Bezier Curve* an den Rand des entstandenen Objektes verschieben. Dazu mit [Z] in die *Wireframe*-Ansicht wechseln. (Abb. 2)
- Mit dem *Bezier Curve* in den *Edit Mode* wechseln. [Tabulator]
- Den *Bezier Curve* mit Hilfe der Kontrollpunkte und Griffe zum erwünschten Objekt ziehen. (Abb. 3) Verschiedene Griffe können links im *Tool Shelf* oder mit [V] definiert werden. Weitere Punkte können mit *Subdivide* hinzugefügt, überschüssige Punkte können mit [X] gelöscht werden. Beim *Curve* Icon kann unter *Shape* die *Resolution (Preview)* eingestellt werden, diese regelt die Anzahl Segmente des *Curves*.

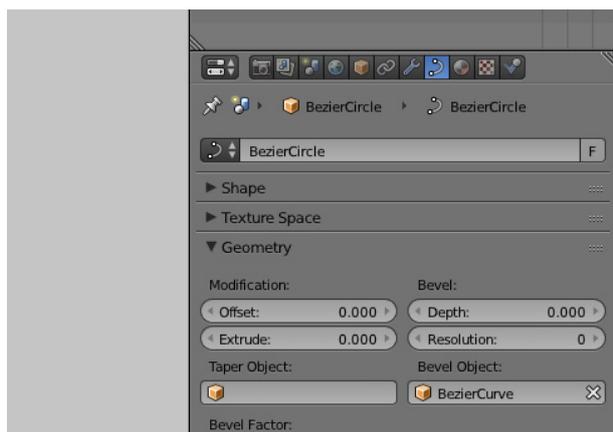


Abb. 1

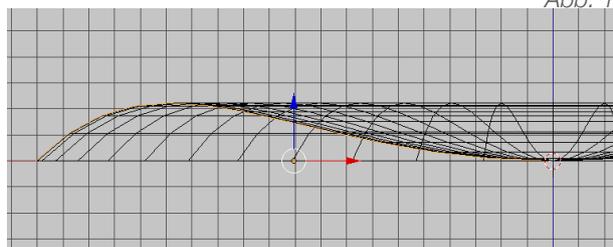


Abb. 2

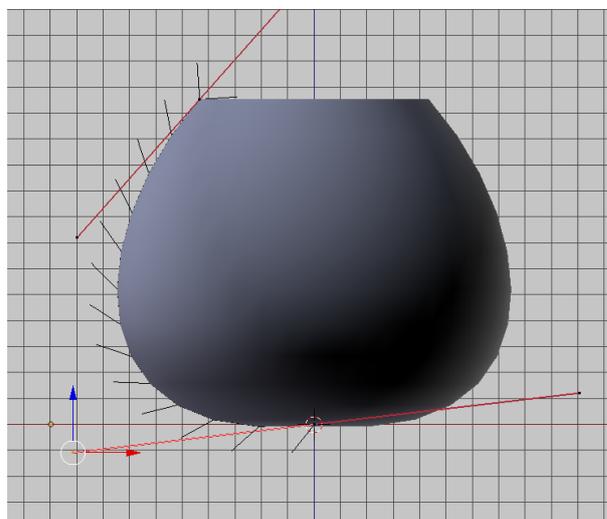


Abb. 3

- Sobald die erwünschte Form modelliert ist, kann mit [Tabulator] zurück in den *Object Mode* gewechselt werden.
- Mit [alt_C] > (*Mesh from Curve/Meta/Surf/Text*) wird aus dem nicht druckbaren *Curve*-Objekt ein druckbares *Mesh*-Objekt
- Um einen Boden oder Deckel zu schliessen,



kann mit [Tabulator] in den *Edit Mode* gewechselt werden, der entsprechende Kantenring kann mit [alt_Lincksklick] ausgewählt und mit [F] verbunden werden. Falls diese neue Fläche nicht plan gespannt ist, kann sie mit [ctrl_T] individuell trianguliert werden. (Abb. 4)

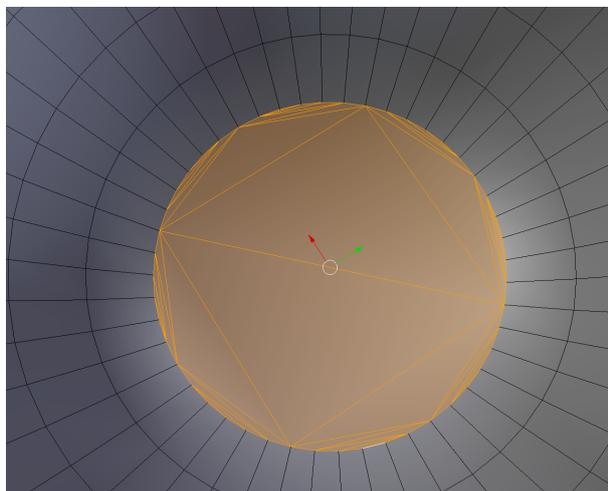


Abb. 4

- Das Objekt mit [A] anwählen und die Flächennormalen mit [ctrl_N] Neuberechnen lassen. (Optional ist diese Funktion unter *Mesh > Normales > Recalculate Outside* zu finden)
- Für die Wandstärke kann im *Object Mode* der Modifikator *Solidify* aktiviert werden. *Thickness* ermöglicht einen genauen Wert für die Wandstärke zu definieren. Schliesslich den Modifikator mit *Apply* anwenden. (Abb. 5, 6)

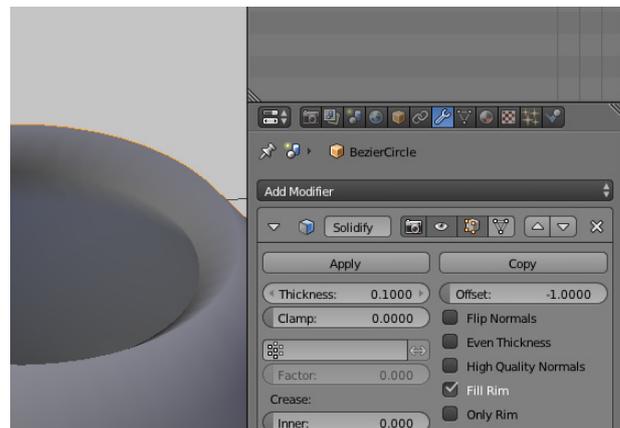


Abb. 5

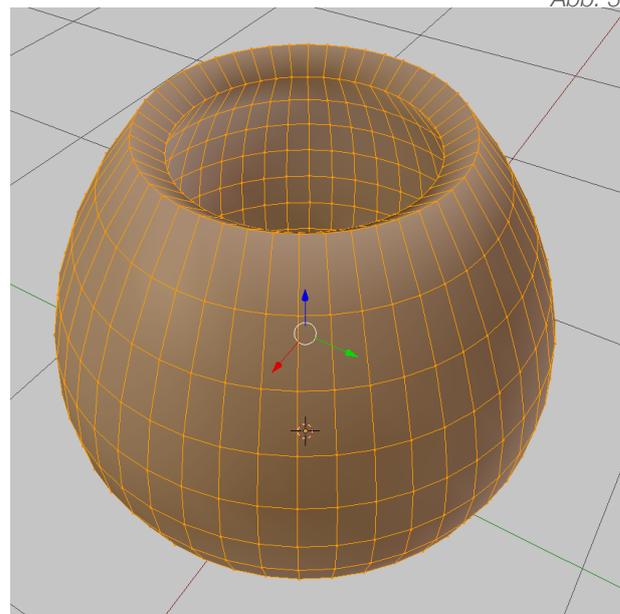


Abb. 6



- Den Standardwürfel mit [X] löschen.
- Im *Add*-Menü [shift_A] unter *Curve* eine *Bezier*-Kurve holen.
- Die *Bezier*-Kurve auswählen und mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln.
- Mit [5] und [7] in die orthogonale Ansicht von oben wechseln.
- Einzelne Punkte mit [ctrl_Rechtsklick] hinzufügen.
- Mit [V] können verschiedene Arten von Griffen definiert werden. (Spitze Ecke: *Vector*)
- Die Form schließen: den Anfangs- und den Endpunkt auswählen (Mehrfach-Auswahlen mit gehaltener Shift-Taste) und mit [F] verbinden. (Abb. 1)

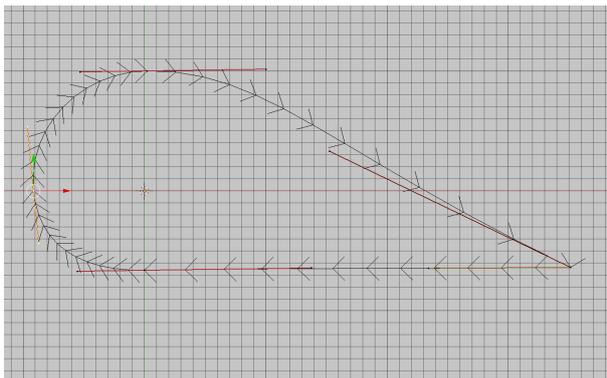


Abb. 1

- Beim *Curve*-Icon am rechten Rand unter *Shape* von 3D auf 2D umstellen. So erscheint innerhalb der gesetzten Punkte eine graue Fläche.
- Ausnahmsweise im *Edit Mode* unter *Add* einen *Curve - Circle* hinzufügen. Sobald dieser

- ist, kann er als Hohlform verwendet werden. (optional die bereits modellierte Form anwählen und mit [shift_D] duplizieren)
- Am rechten Rand beim *Curves*-Icon kann unter *Geometry > Extrude* die Fläche in den Raum extrudiert werden. Mit *Bevel* werden die Kanten gebrochen, *Resolution* bestimmt die Auflösung von diesen neuen Kanten. (Abb. 2)
- Mit [Tabulator] in den *Object Mode* wechseln.
- Unter *Object > Convert to > Mesh from Curve/Meta/Surf/Text* klicken. So wird das *Curve*-Objekt zu einem 3D-druckbaren Gitternetz-Objekt. (Abb. 3)

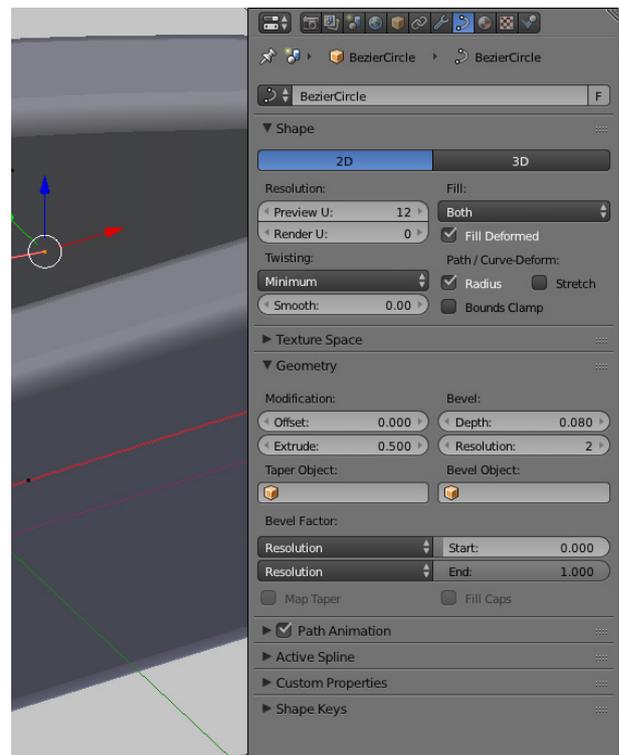


Abb. 2

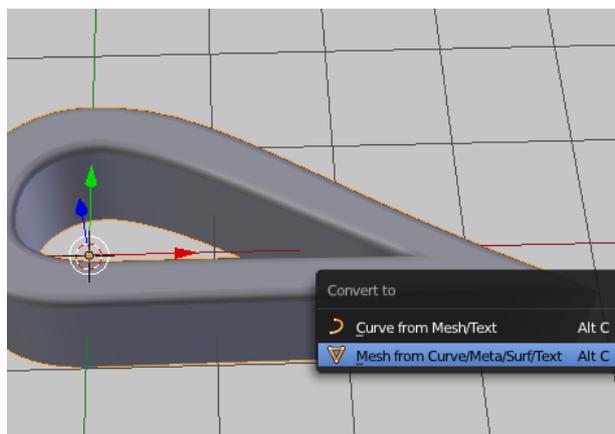


Abb. 3

- Sind die Flächennormalen verdreht, muss im Edit Mode mit [A] alles angewählt werden und mit [ctrl_N] die Normalen der Aussenseite neu berechnet werden lassen. (Abb. 4)

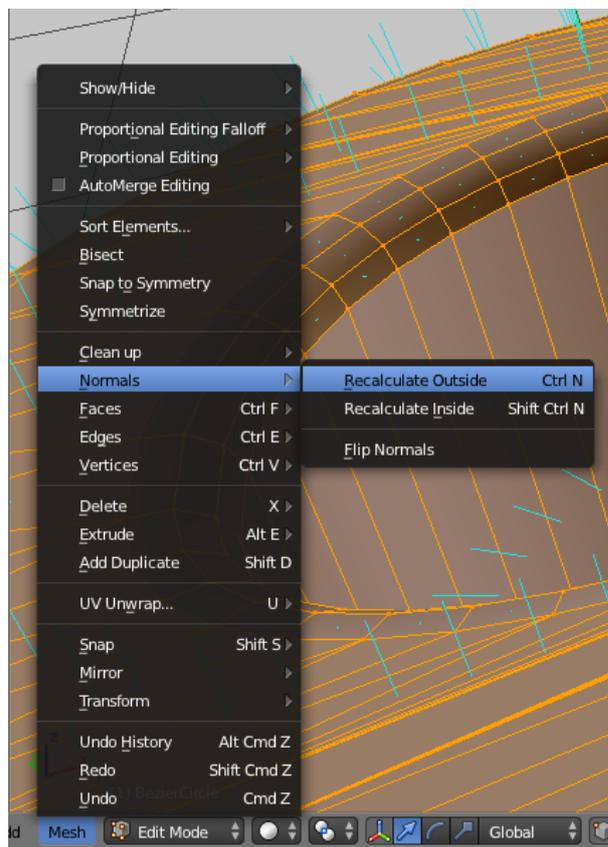


Abb. 4



- Den Standardwürfel mit [X] löschen.
- Im *Add*-Menü [shift_A] unter *Curve* eine *Bezier*-Kurve holen.
- Die *Bezier*-Kurve anwählen und mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln.
- Mit [5] und [7] in die orthogonale Ansicht von oben wechseln.
- Wenn nötig im *Properties-Shelf* [N] *Background Images* aktivieren und ein erwünschtes Hintergrund-Bild definieren.
- Einzelne Punkte mit [ctrl_Rechtsklick] hinzufügen. (Braucht es zwischen zwei Punkten noch mehr Punkte, kann dies mit *Subdivide* im *Tool Shelf* erreicht werden. Überschüssige Punkte (*Vertices*) können angewählt und mit [X] entfernt werden.)
- Form schliessen: den Anfangs- und Endpunkt anwählen (Mehrfach-Auswahlen mit gehaltener Shift-Taste) und mit [F] verbinden. (Abb. 1)
- Das *Background Image* kann nun wieder entfernt werden (abhäkeln).

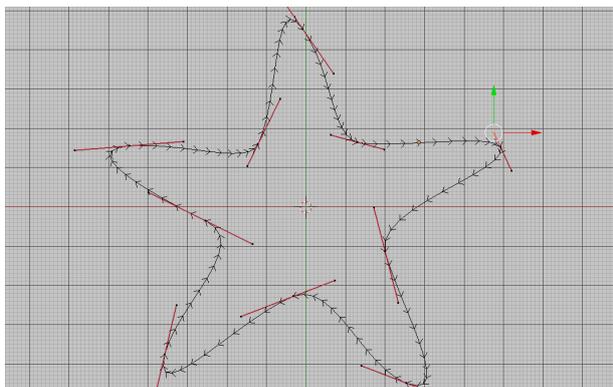


Abb. 1

Ab hier gibt es zwei Möglichkeiten.

Variante 1: (oben und unten gleicher Durchmesser)

- Im *Edit Mode* beim *Curve*-Icon (rechter Rand) unter *Geometry* auf *Extrude* klicken. Auf den Wert 1 extrudieren (ergibt 2 cm). (Abb. 2)
- Mit [Tabulator] in den *Object Mode* wechseln und unter *Object* > *Convert to* > *Mesh from Curve/Meta/Surf/Text* klicken.
- Rechts beim Schraubenschlüssel-Symbol den *Modifier* namens *Solidify* holen und die *Thickness* auf 0.1 (= 1 mm) stellen. Den *Modifier* mit *Apply* anwenden. (Abb. 3)

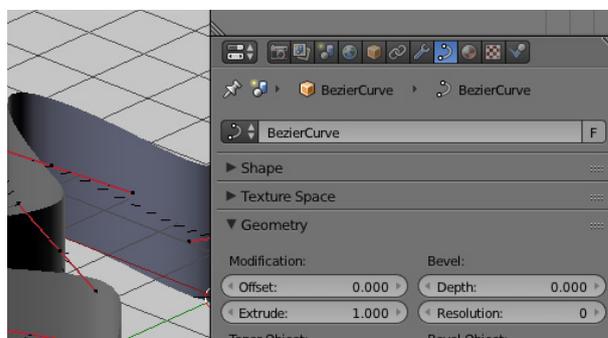


Abb. 2

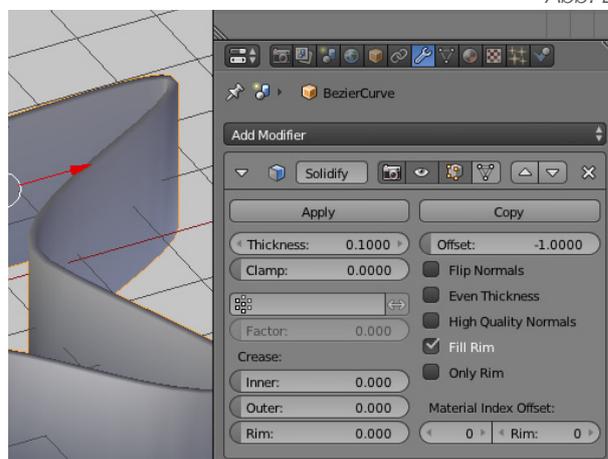


Abb. 3

**Variante 2: (oben einen dickeren Rand)**

- Im *Object Mode* mit [shift_A] einen *Curve Circle* hinzufügen.
- Die Ausstechform auswählen und bei den *Properties* das *Curve*-Icon anklicken. Unter *Geometry* den *Circle (Bezier Circle)* definieren. So wird der *Circle* um die modellierte Form gewickelt / extrudiert. (Abb. 4)

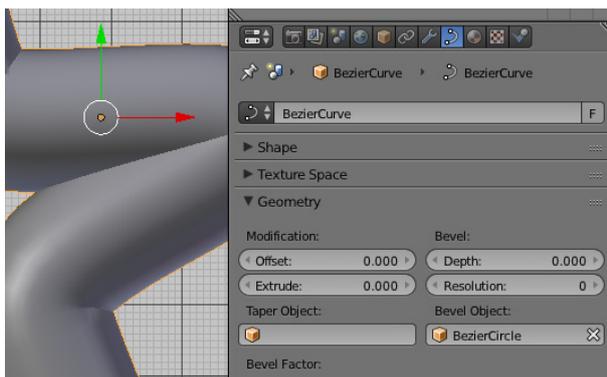


Abb. 4

- Mit dem *Circle* in den *Edit Mode* wechseln. [Tabulator]
- Mit [5] und [7] in die orthogonale *Top*-Ansicht wechseln.
- Über das Verschieben der *Vertices* die rechts abgebildete Form modellieren. Für den spitzen, unteren Teil kann der unterste Punkt ausgewählt und mit [V] der *Handle Type* auf *Vector* umgestellt werden. (Abb. 5)
- Links im *Tool Shelf* kann unter *Grease Pencil* der *Ruler/Protactor* aktiviert werden. Nur in der orthogonalen Ansicht messen und möglichst nahe an das Objekt heranzoomen.

- Allenfalls den deformierten *Circle* mit [A] auswählen und mit [S] zur erwünschten Grösse skalieren. Eine Länge von 2 (= 2 cm) und eine mittlere dicke von 1.5 mm empfiehlt sich hier.
- Mit [Tabulator] in den *Object Mode* wechseln.
- Die Guetzli-Ausstech-Form auswählen und mit [alt_C] das *Curve Objekt* zu einem Gitternetz-Objekt konvertieren. (*Mesh from Curve/Meta/Surf/Text*)

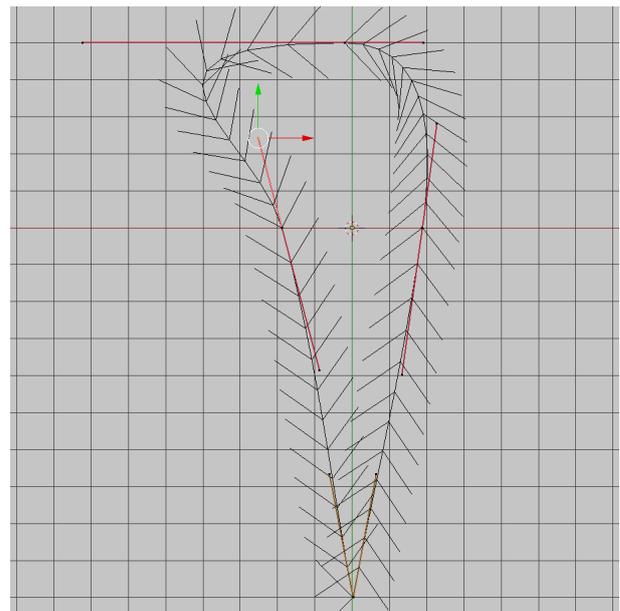


Abb. 5

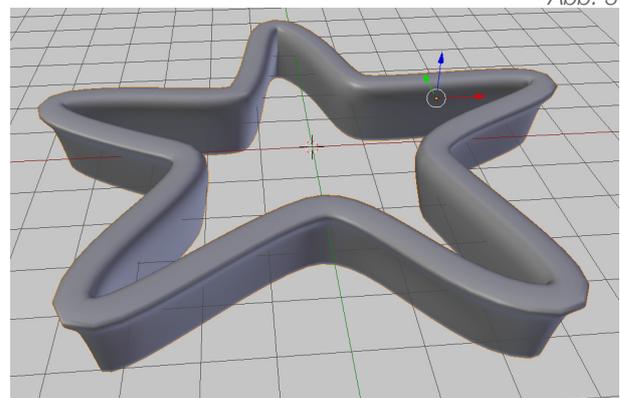


Abb. 6



- Den Standardwürfel im Fenster für numerische Werte [N] zu einem länglichen Quader skalieren (= Gesamtgrösse von Schlüsselanhänger, z.Bsp. X= 7 cm, Y= 2.5 cm, Z= 0.3 cm)
- Allenfalls diesen Quader mit [Tabulator] in den *Edit Mode* nehmen und mit [ctrl_B] die Kanten brechen. Dieser Vorgang kann mehrmals wiederholt werden. Anschliessend zurück in den *Object Mode* wechseln. (Abb. 1)

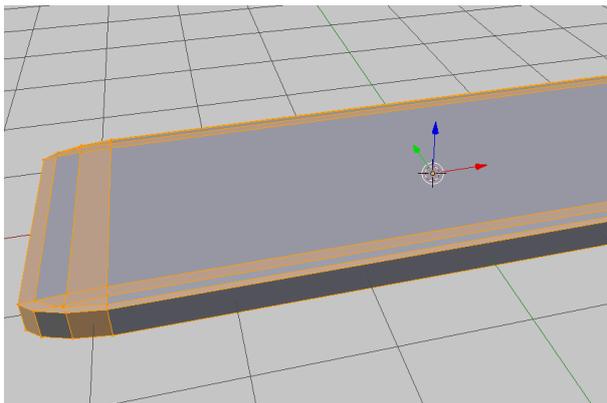


Abb. 1

- Im *Object Mode* unter dem Menü *Add* einen *Cylinder* hinzufügen.
- Diesen *Cylinder* mit [S] kleiner skalieren (z.Bsp. X / Y / Z = 0.6 cm), deutlich mit dem Quader überschneiden und mit Hilfe des *Boolean Modifiers (Difference)* vom Quader abziehen. (Abb. 2, Optionale Befestigungsmöglichkeit: am Rand des Quaders ein *Torus* hinzufügen. Hier müsste der *Boolean Modifier Union* angewendet werden.)
- Den Hilfs-*Cylinder* mit [X] löschen.

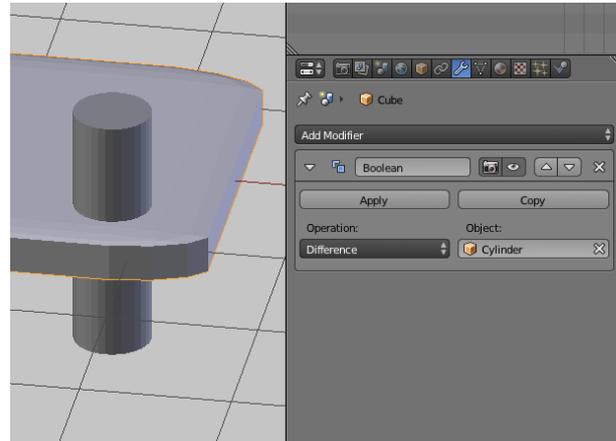


Abb. 2

- Im *Add*-Menü ein *Text*-Objekt holen und mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln.
- Mit der Löschtaste den Beispielttext löschen und eigene Buchstaben eintippen.
- Am rechten Rand auf das *Text*-Icon (ein F wie *Font*) klicken. Unter *Font* kann die Grösse (*Font - Size*) verändert werden, *Shear* ermöglicht eine Schrägstellung der Buchstaben. *Text on Curve* ermöglicht, den Text entlang einer Kurve rund anzuordnen. Unter *Geometry* kann mit *Extrude* die Schrift dreidimensionalisiert werden. Rechts von *Extrude* können unter *Bevel Depth* die Kanten des Schriftzugs gebrochen werden. (Abb. 3)

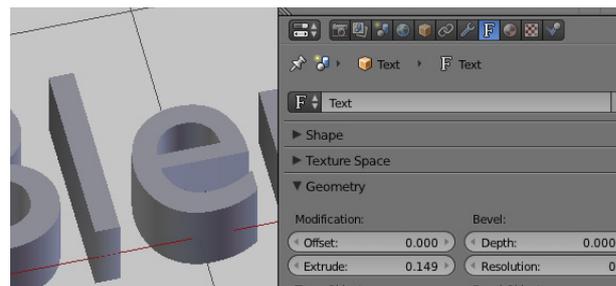


Abb. 3



- Mit [Tabulator] in den *Object Mode* wechseln und die Datei speichern (*File - Save as*).
- Das Textobjekt anwählen und unter *Object - Convert to - Mesh from Curve/Meta/Surf/Text* klicken. So wird aus diesem nicht druckbaren *Curve*-Objekt ein druckbares *Mesh*-Objekt.
- Mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln, alles anwählen und links im *Tool Shelf* die Funktion *Remove Doubles* klicken. (Abb. 4, optional im *Specials*-Menü [W])

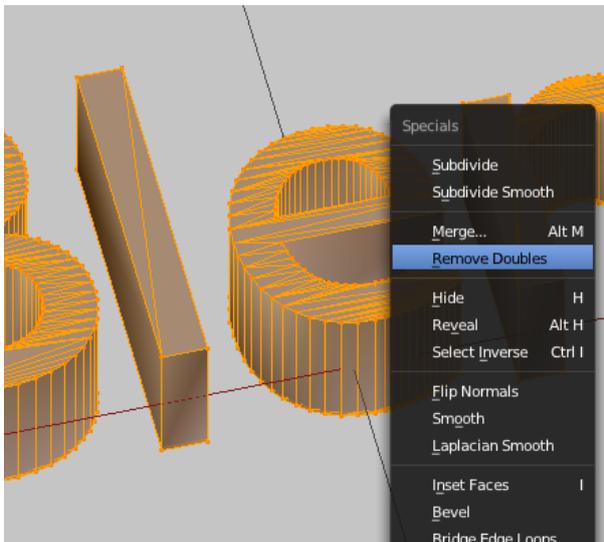


Abb. 4

- Wieder mit [Tabulator] zurück in den *Object Mode* wechseln und den Text mittels *Boolean Modifier Union* oder *Difference* mit dem länglichen Quader (aus dem 1. Teil der Übung) vereinen. (Abb. 5)
- Analog funktionieren Visitenkarten, Namensschilder und ähnliches. Mit dem *Boolean Modifier Difference* kann die Schrift auch zum

- durchstossen eines Körpers verwendet werden. Mit der *Stencil*-Schrift fallen keine inneren Teile der Buchstaben weg.
- Für den 3D-Druck exportieren: Objekt anwählen > *File > Export > STL* und im neuen Fenster die *Scale* auf 10 stellen.

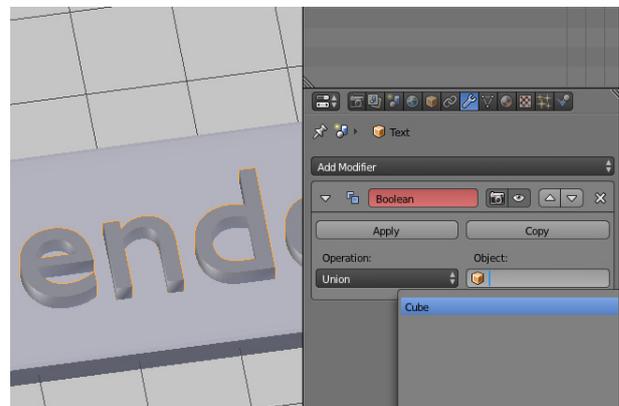


Abb. 5

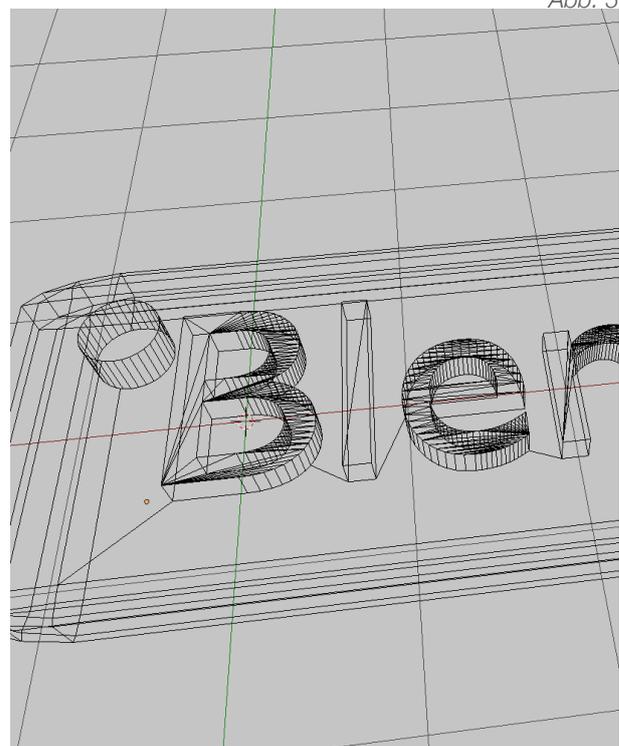


Abb. 6



• Unter *File > User Preferences > Addons* auf der linken Seite zur Kategorie *Object* gehen und dort das *Addon* namens *Cell Fracture* anhäkeln. Danach die Einstellungen mit *Save User Settings* speichern. (Abb. 1)

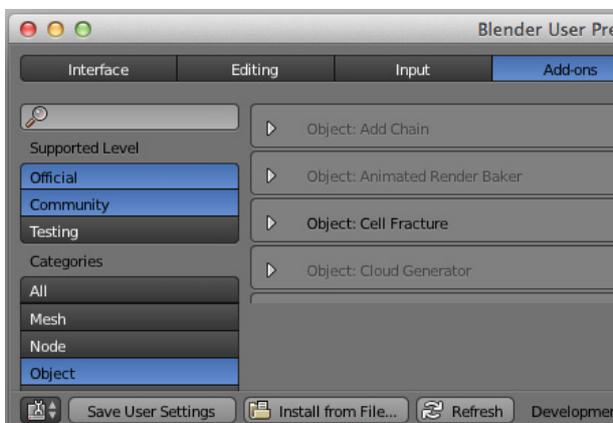


Abb. 1

• Ein *Mesh*- Objekt mit [shift_A] in die Szene einfügen und links im *Tool Shelf* unter *Edit* auf *Cell Fracture* klicken.

• Im neuen Fenster können die folgenden Einstellungen vorgenommen werden: (Abb. 2)

Zuoberst bei *Point Source* kann definiert werden, aus welchen Punkten die Voronoi-Regionen berechnet werden sollen. Neben den eigenen Punkten vom Objekt, können auch untergeordnete Objekte, Partikel oder ein Strich mittels *Grease Pencil* als Ausgangslage gewählt werden. Wichtig ist die *Source Limit*, hier kann die obere Grenze der zu bildenden Regionen festgelegt werden. Weiter spannend ist die Angabe *Noise*, welche zusätzliche Un-

regelmässigkeiten einbringt. Gleich unterhalb von *Noise* können mit *Scale* die Seitenverhältnisse (entlang X, Y, Z) verändert werden. Der Wert *Margin* (in der Mitte) regelt den Abstand zwischen den einzelnen Regionen / Bruchstücken. Mit *OK* werden die Voronoi-Regionen berechnet.

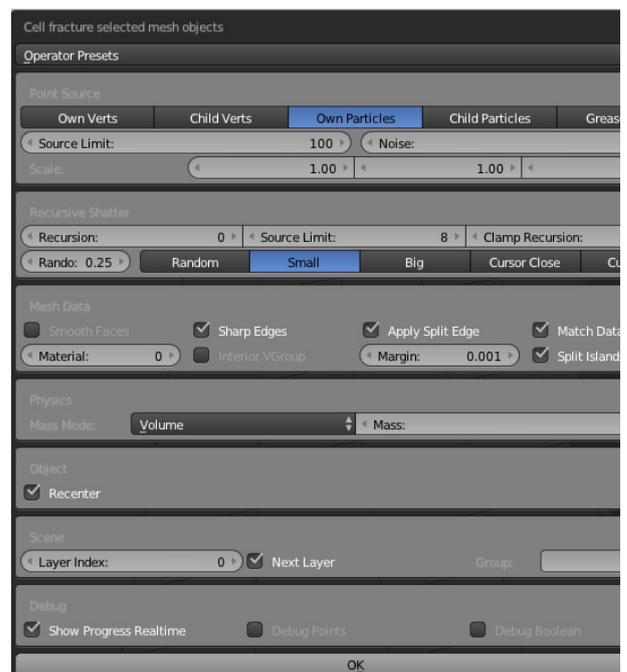


Abb. 2

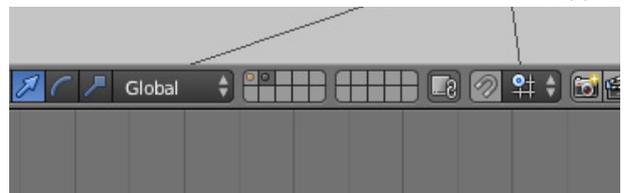


Abb. 3

• Oberhalb der *Timeline* in die zweite Ebene wechseln (Abb. 3), alle einzelnen Teile anwählen und mit [ctrl_J] zu einem Objekt zusammenfügen.

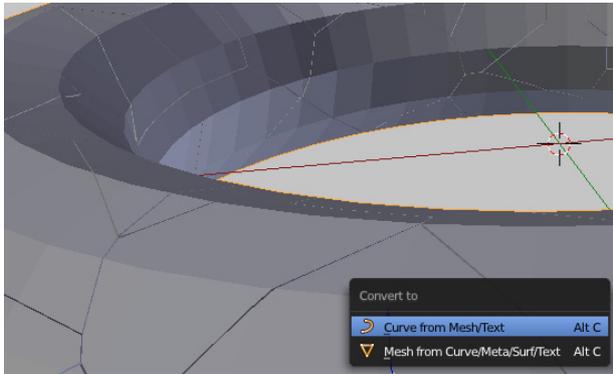
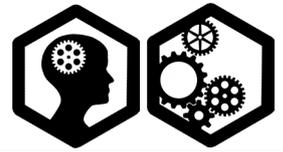


Abb. 4

- Mit [alt_C] das Objekt zu einem *Curve*-Objekt konvertieren. (*Curve from Mesh/Text*, Abb. 4)
- Mit [shift_A] einen *Curve - Circle* hinzufügen und diesen mit [S] kleiner skalieren.
- Dem Haupt-Objekt auf der rechten Seite beim *Curve*-Symbol unter *Geometry* als *Bevel Object* den *Curve-Circle* einfügen und allenfalls mit [S] die Skalierung optimieren. (Abb. 5)

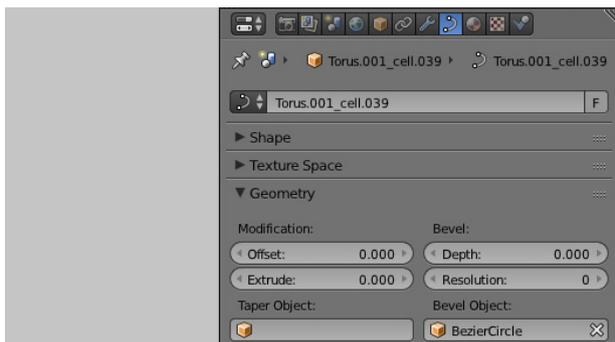


Abb. 5

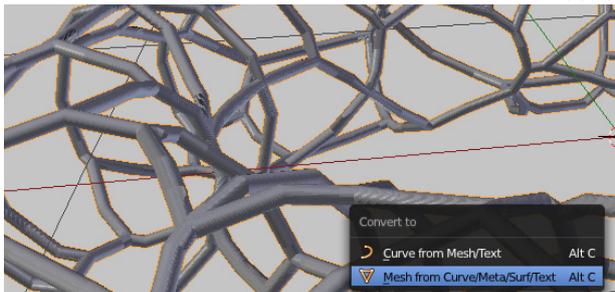


Abb. 6

- Schliesslich das Objekt wieder mit [alt_C] zu einem druckbaren *Mesh*-Objekt konvertieren. (Abb. 6)

- Im *Edit Mode* mit *Remove Doubles* [W] die doppelten Punkte löschen und mit [ctrl_N] die Flächennormalen der Aussenseite Neuberechnen lassen. (Abb. 7)

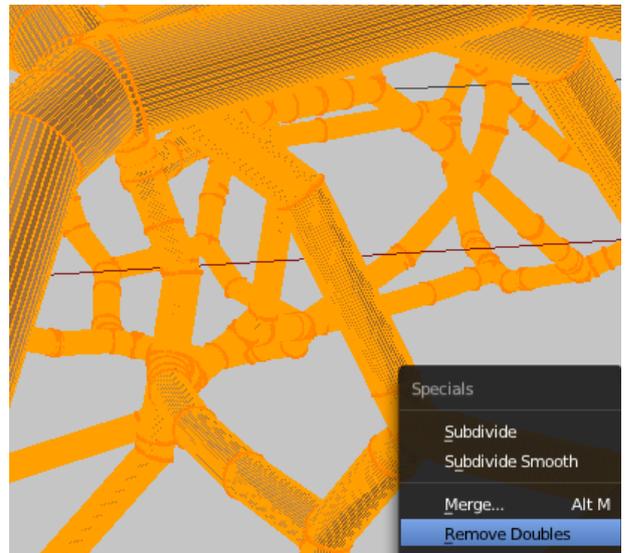


Abb. 7

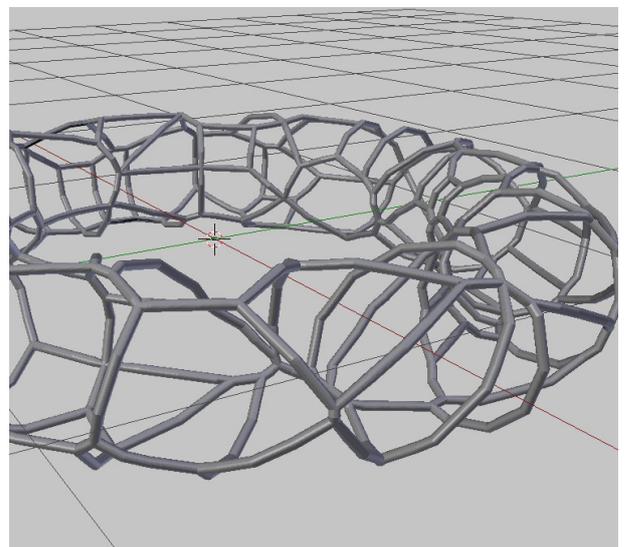


Abb. 8



- Den Standardwürfel mit [X] löschen und mit [shift_A] eine *Ico Sphere* hinzufügen. Die Anzahl *Subdivisions* auf 2 stellen. (Bei neu hinzugefügten Objekten lassen sich im *Tool Shelf* Veränderungen bezüglich den Unterteilungen vornehmen.)
- Mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln.
- [W] öffnet das *Specials*-Menü, hier kann *Bevel* aktiviert werden (Tastenkürzel [ctrl_B]). So gelingen neue, spannende Unterteilungen. (Abb. 1, Beim FDM-Druck empfiehlt es sich allerdings *nicht* unzählige, feine Unterteilungen zu machen.)

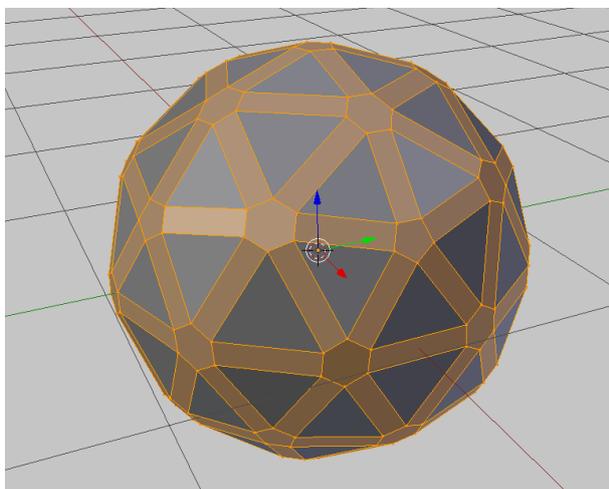


Abb. 1

- Mit [3] und [5] in die orthogonale Seitenansicht wechseln.
- Den *Proportional Editing Mode (PEM)* einschalten (*Enable*).
- Mit [Z] die *Wireframe*-Ansicht aktivieren.
- Den obersten Punkt mit der linken Maustaste

auswählen. Diese Auswahl entlang der Z-Achse nach unten ziehen, dabei mit dem Mausrad den Einflussbereich des *Proportional Editing Mode* bestimmen. (Abb. 2)

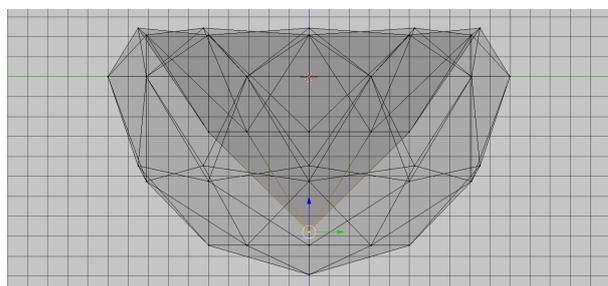


Abb. 2

- Den untersten Punkt auswählen und entlang der Z-Achse hochziehen, so dass es einen flachen Boden gibt. (Dazu den PEM ausschalten)
- Den inneren Kantenring mit gehaltener Shift-Taste auswählen. Diese Auswahl in der [3]-Ansicht entlang der Z-Achse nach unten ziehen. Dazu muss wieder mit [Z] die *Wireframe*-Ansicht aktiviert werden.
- Mit [Z] in die Gitternetz-Ansicht wechseln mit [B] ein Auswahlrechteck aufziehen und die oberen zwei Kantenringe auswählen.
- Mit [S] diese Auswahl vergrößern und allenfalls mit [G] verschieben. (Abb. 3)

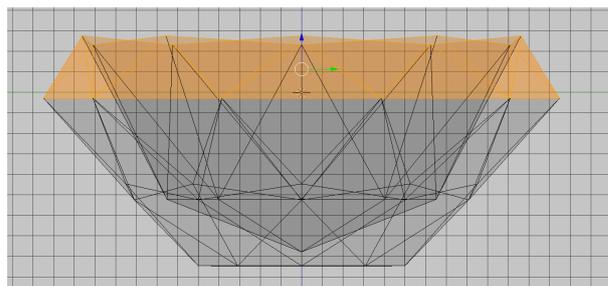


Abb. 3



- Den *Proportional Editing Mode* mit [O] wieder ausschalten (*Disable*).

Ab hier gibt es zwei mögliche Varianten:

Variante 1 (eckige Verbindungen)

- Mit [Tabulator] in den *Object Mode* wechseln.
- Beim Schraubenschlüsselsymbol den *Modifier* namens *Wireframe* aktivieren. Die *Thickness* kann auf 0.1 gestellt werden. Mit *Apply* den *Modifier* anwenden. (Abb. 4 und 5)

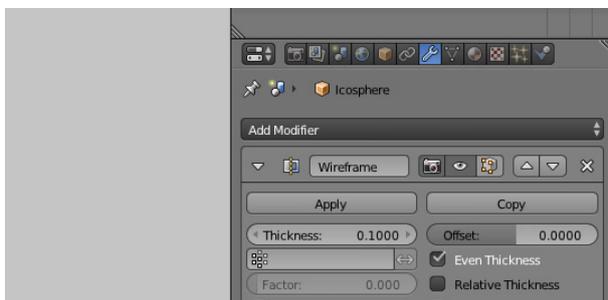


Abb. 4

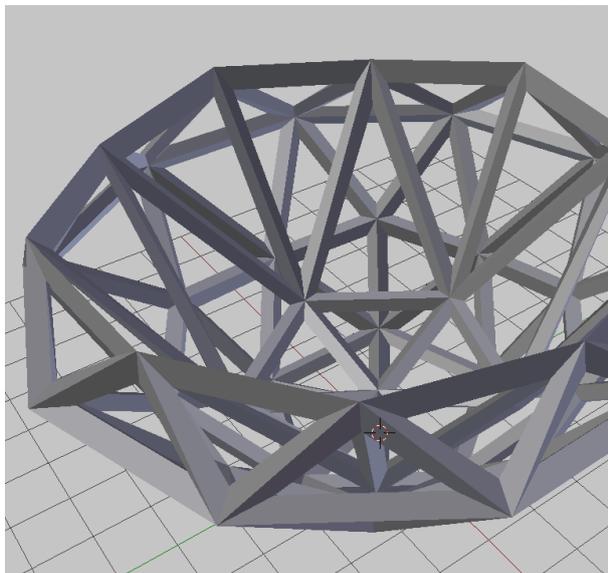


Abb. 5

Variante 2 (runde Verbindungen)

- Alles anwählen mit [A] und mit [X] *Only Faces* löschen. (*Edit Mode*)
- Mit [Tabulator] in den *Object Mode* wechseln.
- Mit [alt_C] das Objekt zu einem *Curve* Objekt konvertieren. (Abb. 6, *Curve from Mesh/Text*)

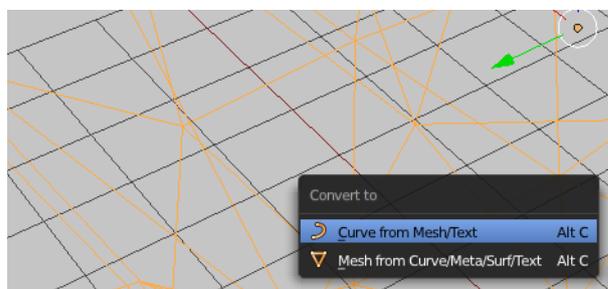


Abb. 6

- Mit [shift_A] einen *Curve Circle* hinzufügen und mit [S] kleiner skalieren.
- Die Schale anwählen und rechts im *Properties Panel* auf das *Curve*-Symbol klicken.
- Unter *Geometry* als *Bevel Object* den *Circle* definieren. Allenfalls jetzt wieder den *Circle* anwählen und mit [S] zur gewünschten Grösse skalieren. (Abb. 7)

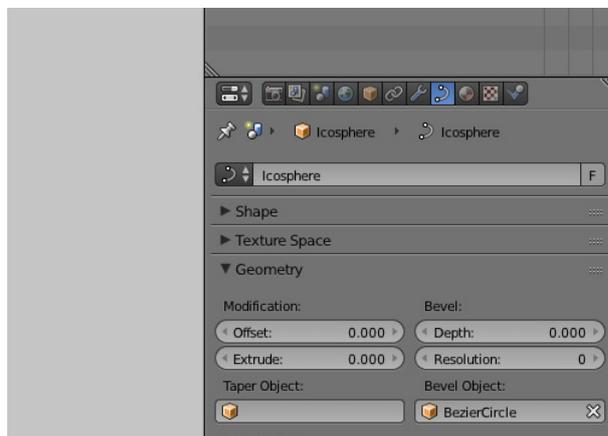


Abb. 7



- Mit [alt_C] aus dem *Curve*-Objekt wieder ein *Mesh*-Objekt machen (Abb. 8, *Mesh from Curve/Meta/Surf/Text*)
- Mit [Tabulator] in den *Edit Mode* wechseln, alles anwählen und auf *Remove Doubles* klicken. (*Tool Shelf*)
- Mit [ctrl_N] die Flächennormalen neu berechnen lassen.

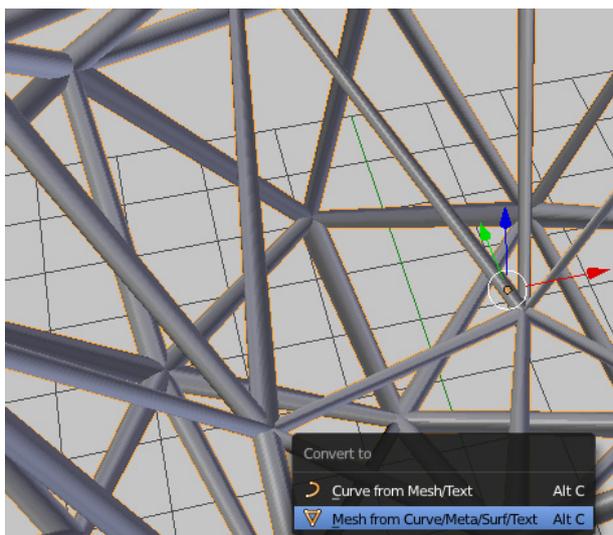


Abb. 8

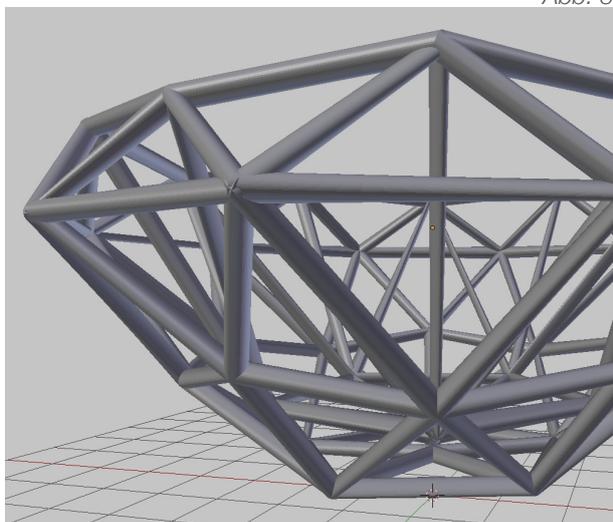


Abb. 9



Meta-Objekte unterscheiden sich stark von *Mesh*-Objekten. Sie beschreiben vorerst keine druckbaren Objekte, sondern Einflussregionen um welche eine virtuelle Membran gespannt wird. Aufgrund der runden Formen eignen sich *Meta*-Objekte ideal für das Modellieren von organischen Körpern. Blender bietet 5 verschiedene *Meta*-Objekte als Grundformen an: *Ball*, *Capsule*, *Plane*, *Ellipsoid* und *Cube*. (Abb. 1) Mit [alt_C] werden *Meta*-Objekte zu *Mesh*-Objekten konvertiert und erhalten so ein druckbares Gitternetz. Die Geometrie dieses Netzes kann (je nach Beschaffenheit) mit dem *Remesh-Modifier* aufgeräumt werden.

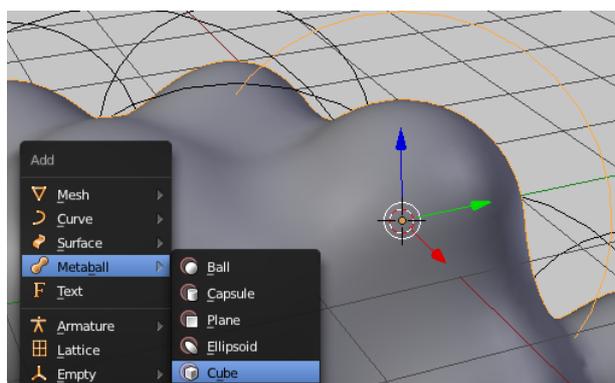


Abb. 1

Der **Proportional Editing Mode (PEM)** ermöglicht im *Edit Mode* neben den selektierten Punkten (Kanten oder Flächen), umliegende Punkte (Kanten und Flächen) proportional mitzubeeinflussen. Der Einflussbereich kann mit dem Maus-Scrollrad bestimmt und verschie-

dene Arten der Beeinflussung (*Falloffs*) eingestellt werden. (Abb.3) Der Tastenkürzel für das Einschalten (*Enable*) und Ausschalten (*Disable*) des *PEM* ist [O]. (Abb. 2)

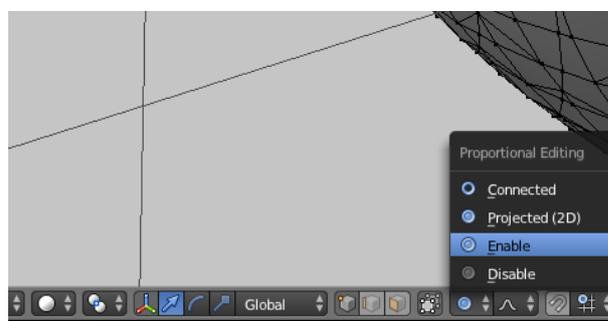


Abb. 2

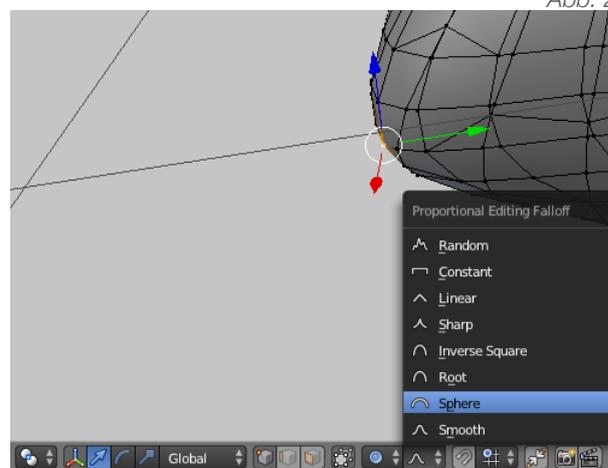


Abb. 3

Neben dem *Object* und *Edit Mode* gibt es weiter den **Sculp Mode** in Blender. Im Unterschied zum *Edit Mode* werden hier keine einzelnen Punkte, Kanten oder Flächen hinzugefügt und bearbeitet, sondern mit den vorhandenen Flächen gearbeitet. Das heißt, vor dem Wechseln in den *Sculp Mode* sollte das Objekt genügend einzelne Flächen aufweisen



(Mehr einzelne Flächen = mehr Manipulationsmöglichkeiten). Dazu kann im *Object Mode* der Modifikator *Subdivision Surface* oder im *Edit Mode* die Funktion *Subdivide* angewendet werden. Im *Sculpt Mode* können innerhalb vom Einflussbereich die vorhandenen Flächen entlang der Flächennormalen hinauf- (*Add*) oder heruntergezogen (*Subtract*) werden. Der Einflussbereich kann links im *Tool Shelf* [T] unter *Radius* oder mit dem Tastenkürzel [F] bestimmt werden. Weiter kann unter *Strength* die Stärke der Manipulation definiert werden. (Abb. 4)

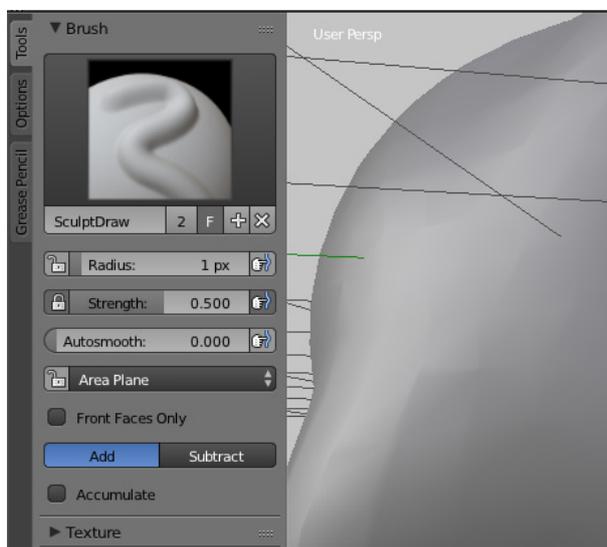


Abb. 4

Es stehen verschiedene Arten der Beeinflussung (*Brushes*) zur Verfügung. *Sculpt/Draw* ist in der Standarddeinstellung, damit lassen sich die meisten Veränderungen realisieren. *Blob* ermöglicht, blasen- oder buckelartige

Auswüchse zu formen, *Clay* füllt Löcher und glättet. *Crease* eignet sich zum Modellieren von Narben. *Fill/Deepen* ermöglicht entweder Löcher zu vertiefen oder wieder aufzufüllen. Weiter kann im *Tool Shelf* unter *Symmetrie/Lock* das Spiegeln entlang bestimmter Achsen und / oder das Sperren von einzelnen Achsen geregelt werden. (Abb. 5)

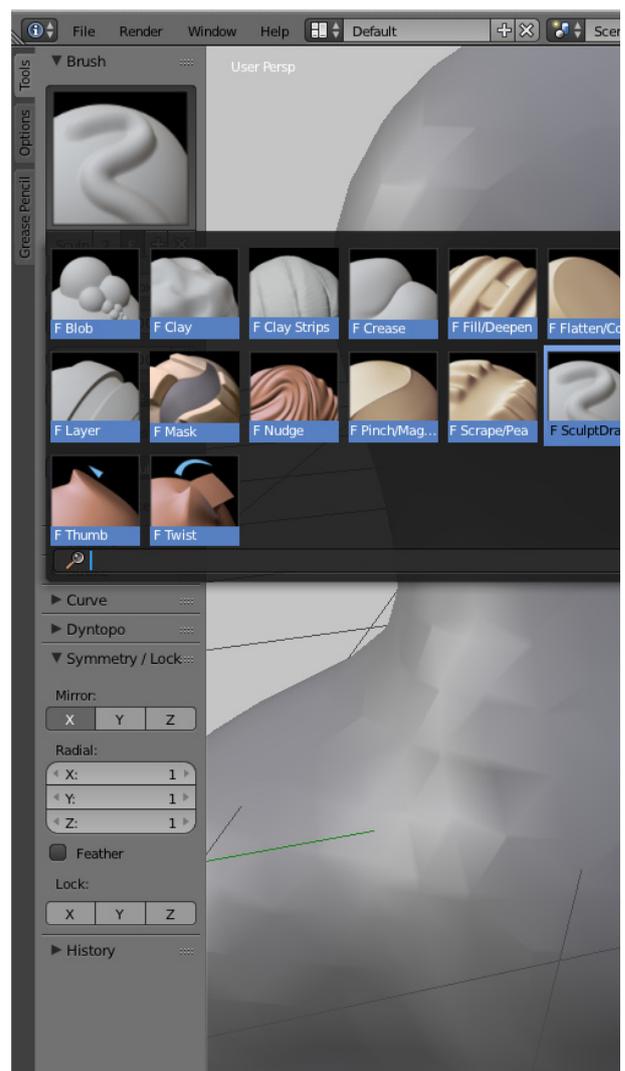


Abb. 5



Grobe Form mit *Metaobjekten*:

- Den Standardwürfel mit [X] löschen.
- Im *Add*-Menü unter *Metaball* einen *Ball* holen.
- Am rechten Rand beim *Metaball*-Icon die *Resolution* in der *View* auf 0.150 stellen. (Abb.1)
- Wenn nötig: Mit [N] das *Properties Shelf* holen und unter *Background Image* ein Hintergrundbild einstellen. (Allenfalls das Bild mit Hilfe der Optionen im *Properties Shelf* zoomen, verschieben oder rotieren. Abb. 2)
- Mit [1] und [5] in die orthogonale Ansicht von vorne wechseln.

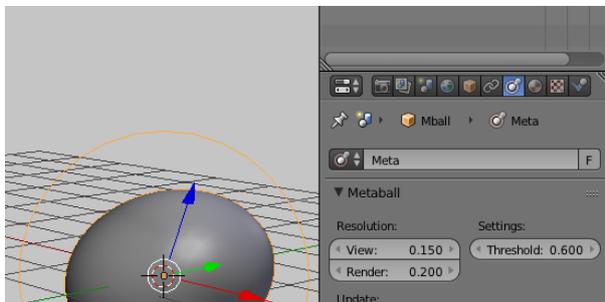


Abb. 1

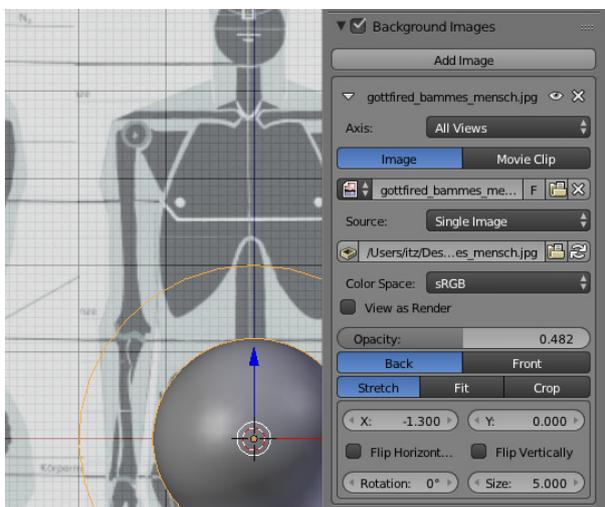


Abb. 2

- Mit [shift_D] den *Ball* duplizieren und jeweils mit [S | X / Z] entlang einzelner Achsen verändern.
- Die *Meta*-Objekte wie gewünscht arrangieren und in der orthogonalen Ansicht von vorne bleiben. (Abb. 3)
- Bei symmetrischen Objekten kann vorerst eine Hälfte modelliert und im zweiten Schritt gespiegelt werden (wird unten erläutert).
- Das Objekt in dieser Form als Blender-File abspeichern.

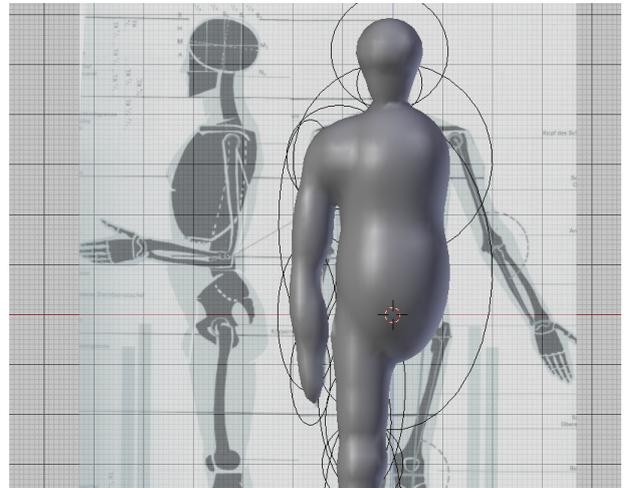


Abb. 3

Ausbesserung mit dem *Proportional Editing Mode*:

- Dazu muss das *Meta*-Objekt mit [alt_C] zu einem *Mesh*-Objekt (Mesh from Curve/Meta/Surf/Text) konvertiert werden.
- Das Objekt kann nun mit Linksklick ausgewählt und damit in den *Edit Mode* gewechselt



werden. [Tabulator]

- Mit [O] lässt sich der *Proportional Editing Mode* einschalten.
- Jetzt können mithilfe des PEM Korrekturen bezüglich der Form vorgenommen werden, dabei am besten zwischen der orthogonalen Ansicht von vorne [5 | 1] und von rechts [3] wechseln. [ctrl | 1] ermöglicht die Ansicht von hinten, [ctrl | 3] von links. (Abb. 4)
- Mehrere Punkte gleichzeitig können mit der *Circle Select* [C] oder mit der *Border Select* [B] ausgewählt werden.

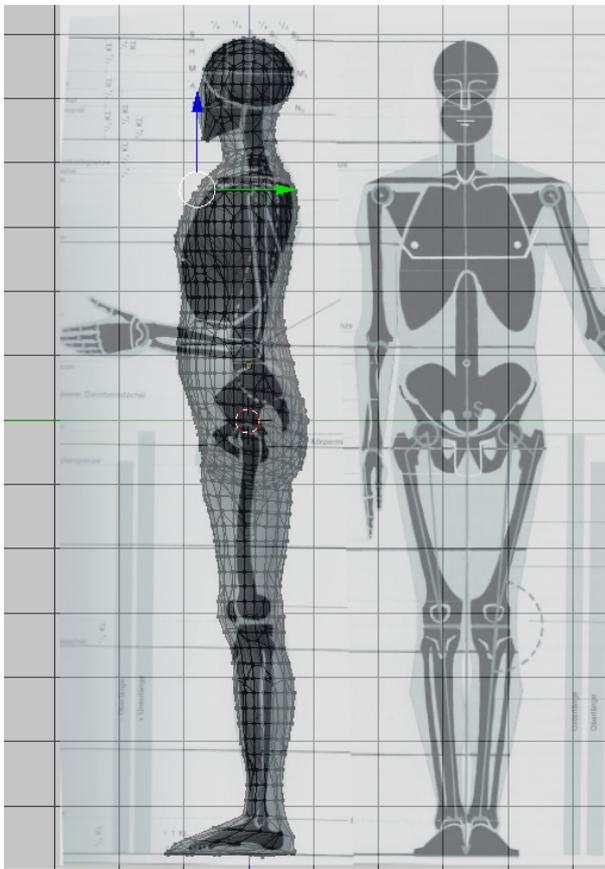


Abb. 4

- Wenn nötig kann nun das Objekt zuerst mit [shift_D | Enter] dupliziert und mit [ctrl_M | X / Y / Z] entlang der gewünschten Achse gespiegelt werden. (Abb. 5)
- Beide Teile korrekt mit dem *Boolean Modifier* vereinen. (*Operation: Union*)

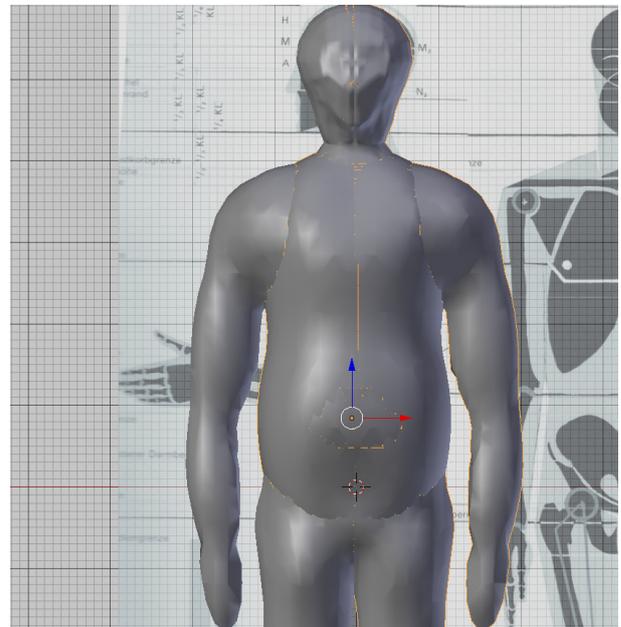


Abb. 5

Gesicht mit dem *Sculp Mode*:

- Im *Edit Mode* mit [B] das Gesicht auswählen und die Auswahl (mindestens) zweimal mit *Subdivide* (links im Tool Shelf) unterteilen.
- In den *Sculp Mode* wechseln. (Abb.6)

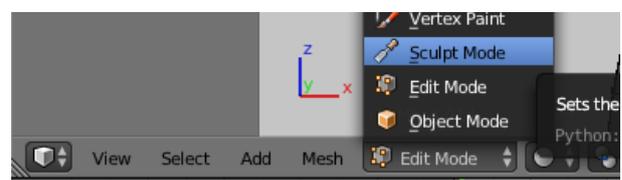


Abb. 6



- Mit [5] und [1] in die orthogonale Ansicht von vorne wechseln.
- Für das Gesicht kann im *Tool Shelf* die Funktion *Symmetrie* zur Spiegelung genutzt werden. (Entlang der X-Achse)
- Mit der *Sculp/Draw Brush* eine Nase formen (*Add*). Für die Nasenlöcher *Subtract* verwenden.
- Mit der *Sculp/Draw Brush* Lippen formen, die Vertiefung wiederum mit *Subtract* machen. Die Lippen mit der *Grab Brush* näher zusammenziehen.
- Mit der *Sculp/Draw Brush* und grossem Radius ein Kinn formen. Mit der selben *Brush* die Erhöhung für die Stirn und die Augenbrauen formen. (Abb. 7)
- Nach dem Modellieren in den *Edit Mode* wechseln und die Funktion *Remove Doubles* anwenden. (Links im *Tool Shelf* oder mit [W] im *Specials*-Menü, Abb. 8)



Abb. 7

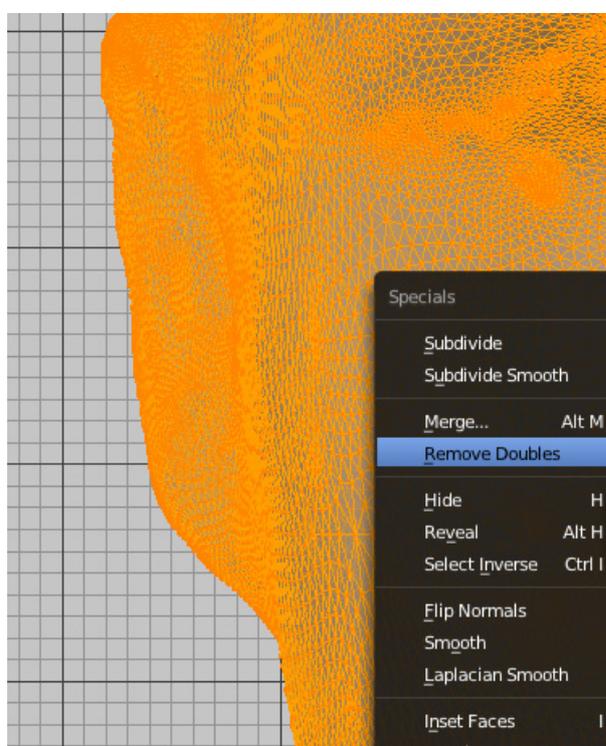


Abb. 8



- **nur Mesh-Objekte drucken**

Nur Gitternetz-Objekte sind 3D-druckbar. *Curve*, *Text*, *Surface* oder *Meta*-Objekte zuerst im *Object Mode* mit [alt_C] zu einem *Mesh*-Objekt konvertieren. Optional unter *Object > Convert to*.

- **steile oder überhängende Regionen vermeiden (bei FDM)**

Ansonsten ab 45° / 60° in der Slicer-Software unbedingt das Generieren von Stützstrukturen aktivieren. (*Make Support*)

- **genügend Wandstärke**

Im *Object Mode* mit dem *Modifier* namens *Solidify* arbeiten. Allenfalls im *Edit Mode* einzelne dünne Teile anwählen und die Funktion *Shrink/Fatten* (*Tool Shelf*) nutzen. (Abb. 1) In der Slicer-Software die Stärke der Aussenhülle (*Shells*) definieren.

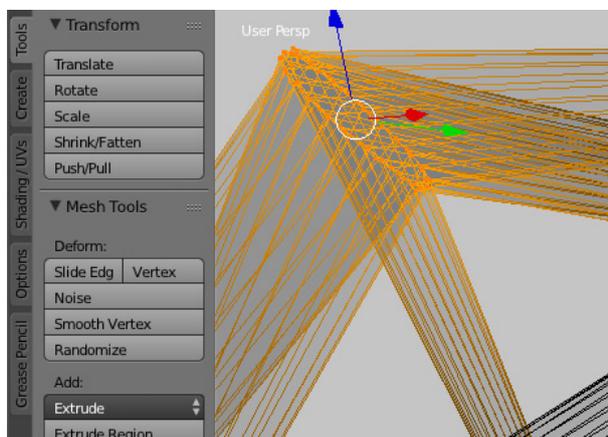


Abb. 1

- **keine Flächen, Kanten, Punkte im Innern eines 3D-Körpers**

Objekte verbinden: im *Object Mode* den *Modifier Boolean* mit der *Operation Union* korrekt anwenden und das Hilfsobjekt mit [X] löschen. (Abb. 2)

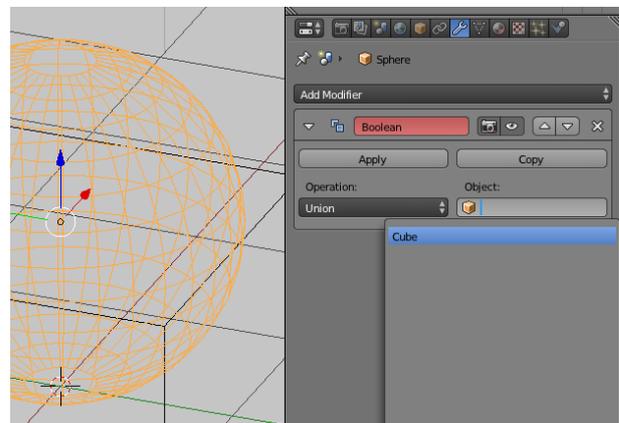


Abb. 2

- **keine doppelten Flächen, Kanten oder Punkte**

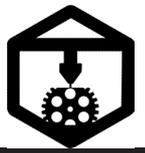
Im *Edit Mode* die Funktion *Remove Doubles* anwenden (zu finden im *Tool Shelf* oder mit [W] im *Specials*-Menü).

- **kein Loch in der Geometrie**

Objekt muss «wasserdicht» sein. Sorgfältig modellieren, allfällige Löcher im *Edit Mode* manuell mit [F] verbinden oder unter *Mesh > Clean up > Fill holes*.

- **keine verdrehten Flächen**

Alle Flächennormalen zeigen nach Aussen.



Im *Edit Mode*: *Mesh* > *Normals* > *Recalculate Outside*. (Kontrollieren im *Properties Shelf* [N] unter *Mesh Display* > *Normals* > auf das Flächen-Zeichen klicken, Abb. 3)

• **keine «mannigfaltigen» Kanten**

Aufräumen: Entweder überschüssige Flächen selbst suchen und mit [X] löschen. Oder unter *Select* auf *Non Manifold* gehen und diese anschließend mit [X] löschen. (Abb. 4, 5)

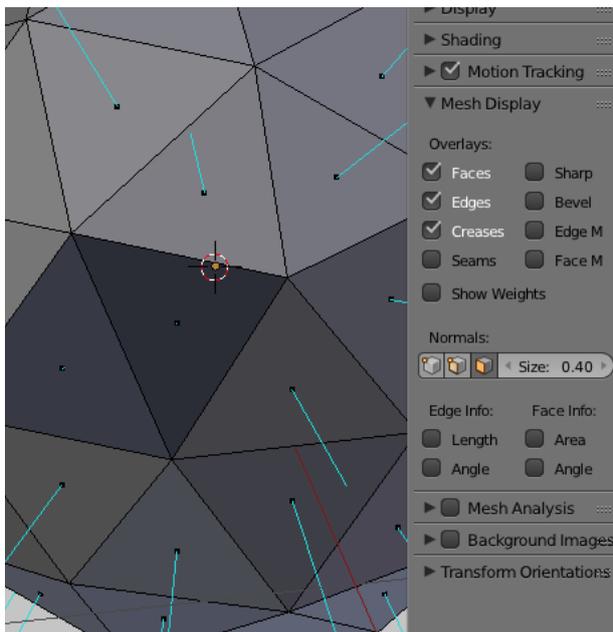


Abb. 3

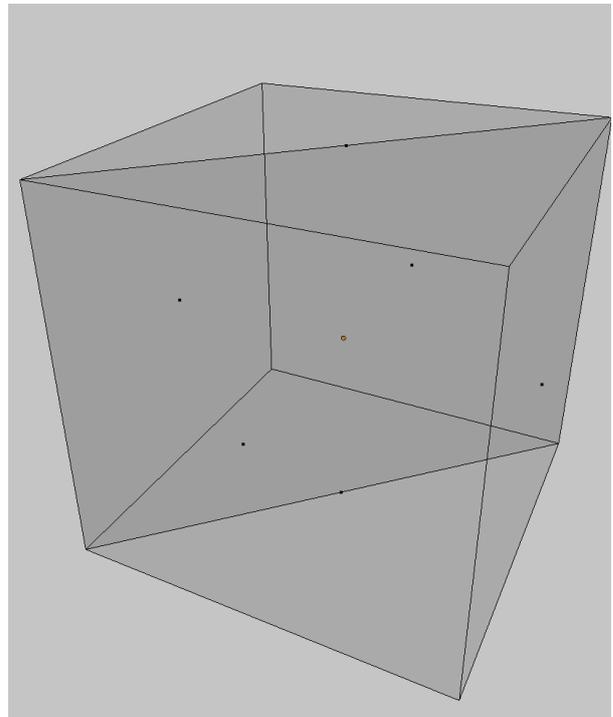


Abb. 4

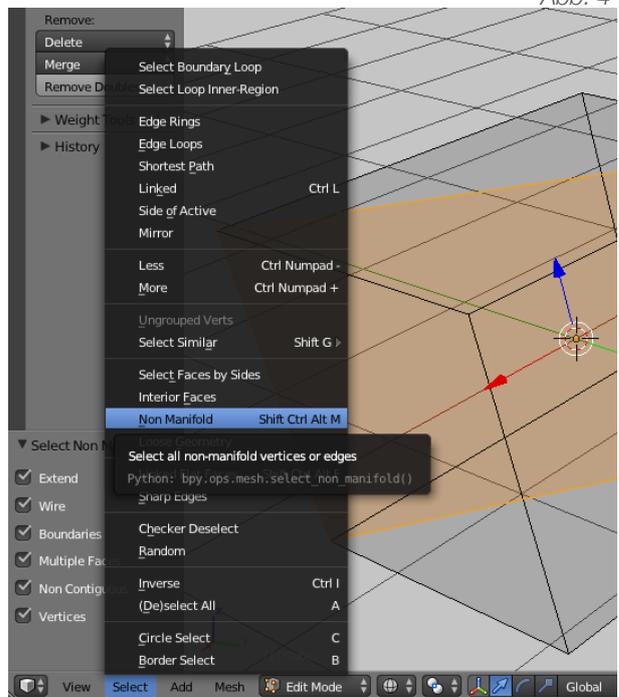


Abb. 5



- Das fertig modellierte Objekt anwählen, unter *File > Export > STL* (Standard-Schnittstelle: *Surface Tesselation Language / Standard Triangulation Language*) anwählen. (Abb. 1)
- Im neuen Fenster den Namen und Speicherort bestimmen. **Wichtig:** unten links die **Scale** auf 10 stellen. Nur so werden die Blendereinheiten als Zentimeter exportiert. (Abb. 2)
- Wird die *Scale* auf 1 gestellt, werden die Blendereinheiten als Millimeter behandelt. Bei einer *Scale* von 1000 werden die Blendereinheiten als Meter exportiert.

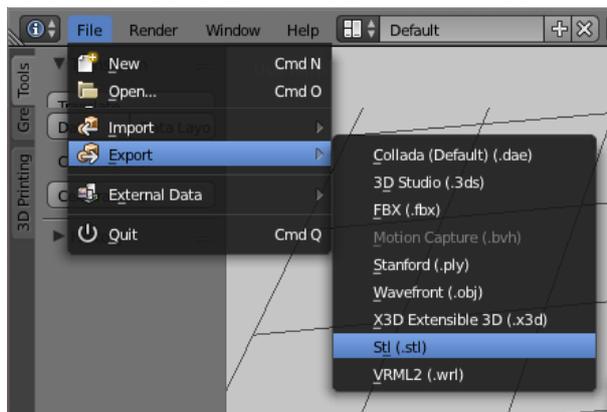


Abb. 1

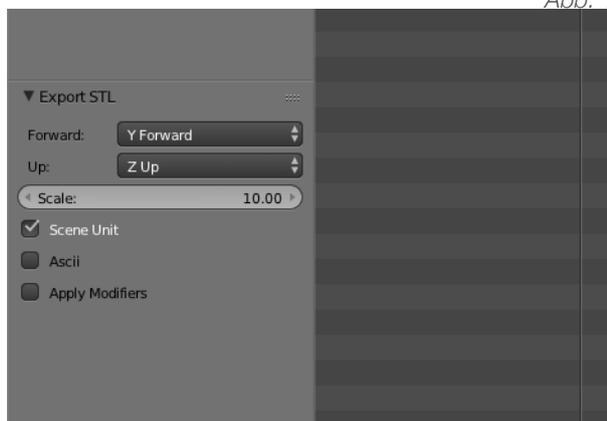


Abb. 2

- In Cura die Datei mit *Laden* (oben links beim Ordner-Symbol) importieren und die Masseneinheiten unten links bei dem Skalier-Symbol überprüfen. (Abb. 3)



Abb. 3

- Die folgenden Einstellungen je nach Objekt anpassen:
- **Schichtdicke:** (*layer height*) Auflösung des Drucks entlang der Z-Achse in Millimeter. Je nach 3D-Drucker von 0.4 bis 0.05 Millimeter einstellbar. Je kleiner die Schichtdicke, desto feiner die Oberfläche und länger die Druckzeit.
- **Stärke der Aussenhülle:** (*shells*) Dicke der Aussenwand, relevant für die Stabilität. Hier kann der Durchmesser der Düse (oft 0.4 mm) oder ein Vielfaches davon eingestellt werden. (0.8 mm empfiehlt sich)
- **Füllung, Stärke unten / oben:** (*solid layers top/bottom*) Regelt die Anzahl komplett gefüllter Schichten am Boden und Deckel des Objekts. (ein Vielfaches der Schichtdicke)
- **Fülldicke:** (*infill*) Füllung des Objekts in Pro-