Trainers for Visually Impaired Students Introduce 3D Printing

Tutorial Modul 6
Einführung in SLA Slicer Software

Tutorial für den T4VIS-In3D Trainer-Kurs

Herausgegeben vom
T4VIS-In3D Projektkonsortium

Kofinanziert durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union

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

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.

Dieses Tutorial wird vom T4VIS-IN3D-Projektkonsortium herausgegeben.

Lizenzierung:

“Trainers for Visually Impaired Students Introduce 3D Printing” ist lizenziert unter: Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

Gedruckt:

Oktober 2021 durch Berufsförderungswerk Düren gGmbH

Das T4VIS-In3D Projektkonsortium:

Berufsförderungswerk Düren gGmbH (Project co-ordination)
Karl-Arnold-Str. 132-134, D52349 Düren, Germany, http://www.bfw-dueren.de

Fundacion Aspaym Castilla Y Leon
C/ Severo Ochoa 33, Las Piedras 000, 47130, Simancas Valladolid, Spain, https://www.aspaymcyl.org/

Hilfsgemeinschaft der Blinden und Sehschwachen Osterreichs
Jägerstrasse 36, 1200 Wien, Austria, https://www.hilfsgemeinschaft.at/

Instituttet for Blinde og Svagsynede, IBOS
Rymarksvej 1, 2900 Hellerup, Denmark, https://www.ibos.dk

Istituto Regionale Rittmeyer per i ciechi di Trieste
Viale Miramare 119, 34136 Trieste, Italy, http://www.istitutorittmeyer.it/

NRCB
24 Landos Str., Plovdiv, 4006, P. Box 11, Bulgaria, http://www.rehcenter.org

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 3
1 SLA Slicer 4
2 Chitubox-Bedienoberfläche 5
2.1 Druckereinstellungen 6
2.2 Menüleiste 7
2.3 Werkzeugleiste 7
3 Positionieren und Slicen eines Bauteils 10
3.1 Korrekte Positionierung 11
3.2 Anbringen der Stützstruktur 12
3.3 Slicen des Bauteils 13
4 Aushöhlen des Modells 14
5 Abbildungsverzeichnis 17

1 SLA Slicer

SLA-Slicer erfüllen dieselben Aufgaben wie FDM-Slicer. Sie wandeln einen Polygonkörper aus einer STL-Datei in ein Schichtmodell um, das entsprechend den Geräteparametern des verwendeten 3D-Druckers eine Druckdatei erstellt.

Die Besonderheit des SLA/DLP-Drucks mit flüssigen Photopolymer erfordert jedoch andere Einstellungen bezüglich der Geräte-Hardware, Stützstrukturen und Materialien.

Einige Hersteller statten ihre Geräte mit einem eigenen Slicer aus. Andere Hersteller wiederum verwenden Slicer anderer Hersteller. Einige dieser Slicer verfügen über eine kostenfreie sowie eine kostenpflichtige Version mit erweitertem Funktionsumfang. Bekannte SLA-Slicer sind z.B.:

Name	Link	Kostenfreie Version	Kostenpflichtige Version
Chitubox	https://www.chitubox.com/en/index	X	X
Lychee	https://mango3d.io/	X	X
PrusaSlicer	https://www.prusa3d.de/prusaslicer/	X	
Formware	https://www.formware.co/slicer/download		X

In diesem Tutorial erläutern wir die Bedienung der kostenfreien Version von ChiTuBox. Dieser Slicer wird auch von vielen bekannten Herstellern unterstützt. Zudem ist dieser Slicer für Windows und MacOS verfügbar. Die Profile der Geräteparameter sind dabei einfach abrufbar, so dass ein Drucker einfach installiert werden kann. Darüber hinaus sind auch die Parameter für die Materialien hinterlegt, was zu optimalen Druckergebnissen beiträgt.

Damit auch die kostenfreie Chitubox-Version von der Homepage heruntergeladen werden kann, muss zuerst eine Nutzer-Registrierung erfolgen. Mit dem Download erhält man eine Installationsdatei für das gewählte Betriebssystem. In den folgenden Kapiteln wird die Version für das Betriebssystem Microsoft Windows® erläutert.

Eine Online-Beschreibung findet man vom Hersteller unter folgendem Link:
https://manual.chitubox.com/user-manual-basic/introduction

Nach der Installation und dem Öffnen des Programms erhält man eine Versions-Anzeige, die man durch Drücken der „X“-Schaltfläche schließen kann.

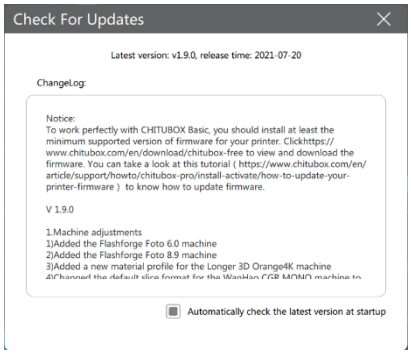

Abbildung 1 Versionsanzeige

2 Chitubox-Bedienoberfläche

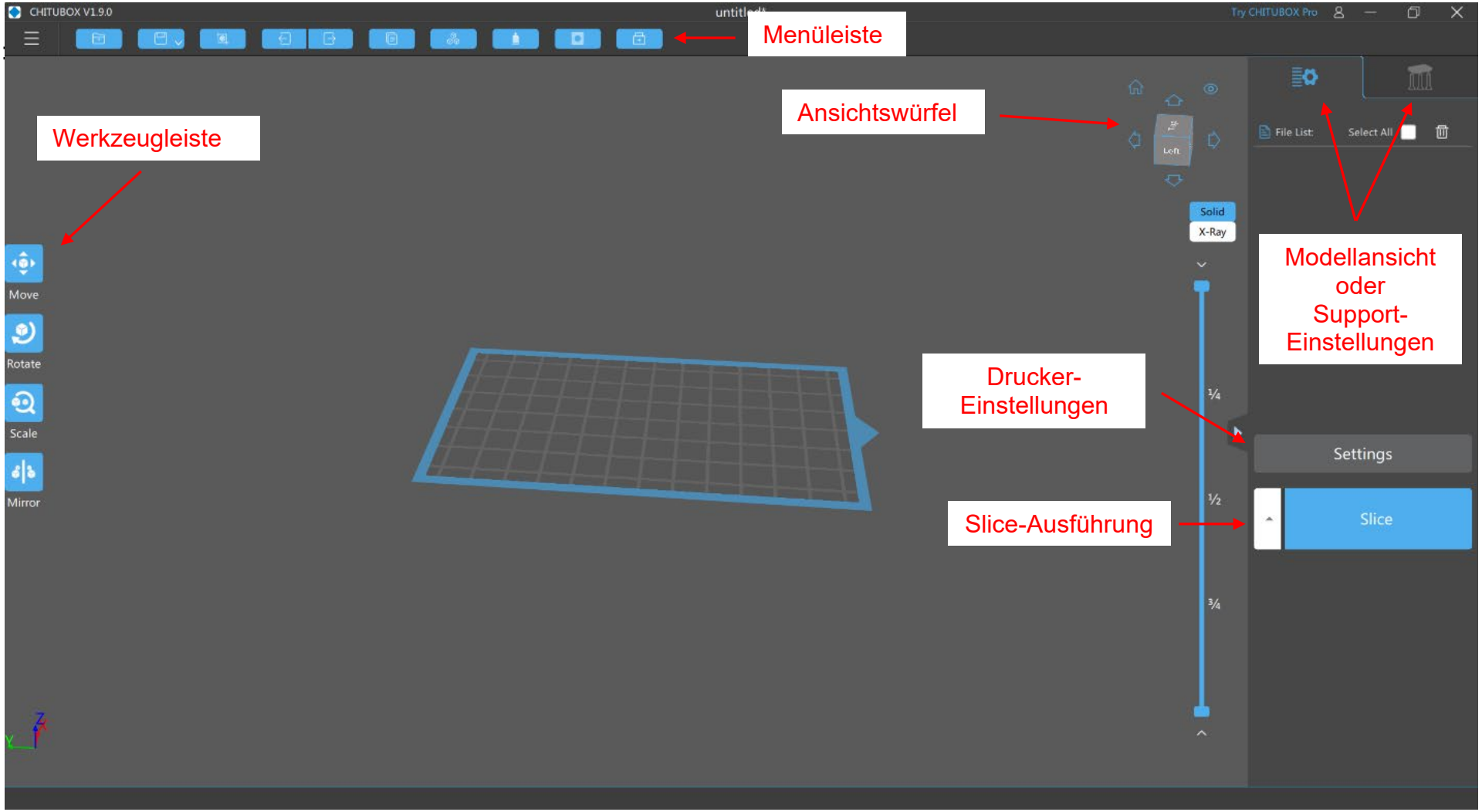

Abbildung 2 Benutzeroberfläche Chitubox

Chitubox ist nur in den Sprachversionen Englisch und Chinesisch verfügbar. Vergleicht man Chitubox mit Cura, erscheinen die Benutzeroberflächen zunächst sehr unterschiedlich. Die Funktionen sind aber ebenfalls in Symbolen und Menüpunkten angeordnet.

Wie in Cura bildet der Bearbeitungsbereich den größten Bildausschnitt. Hier kann mittels Scrolltaste der Maus der Bildausschnitt hinein- und herausgezoomt werden. Bei gedrückter linker Maustaste kann der Bildausschnitt in alle drei Achsen verschoben werden.

2.1 Druckereinstellungen

Nach dem ersten Start von Chitubox muss ein Drucker hinzugefügt werden. Hierzu wählt man mit der linken Maustaste die Schaltfläche „Settings“ („Einstellungen“). Es öffnet sich das Dialogfenster für die Einstellungen. Sofern im linken Bereich noch kein Drucker zu sehen ist, muss dieser hinzugefügt werden. Hierfür wählt man die Schaltfläche , um aus der Liste den betreffenden Drucker auszuwählen.

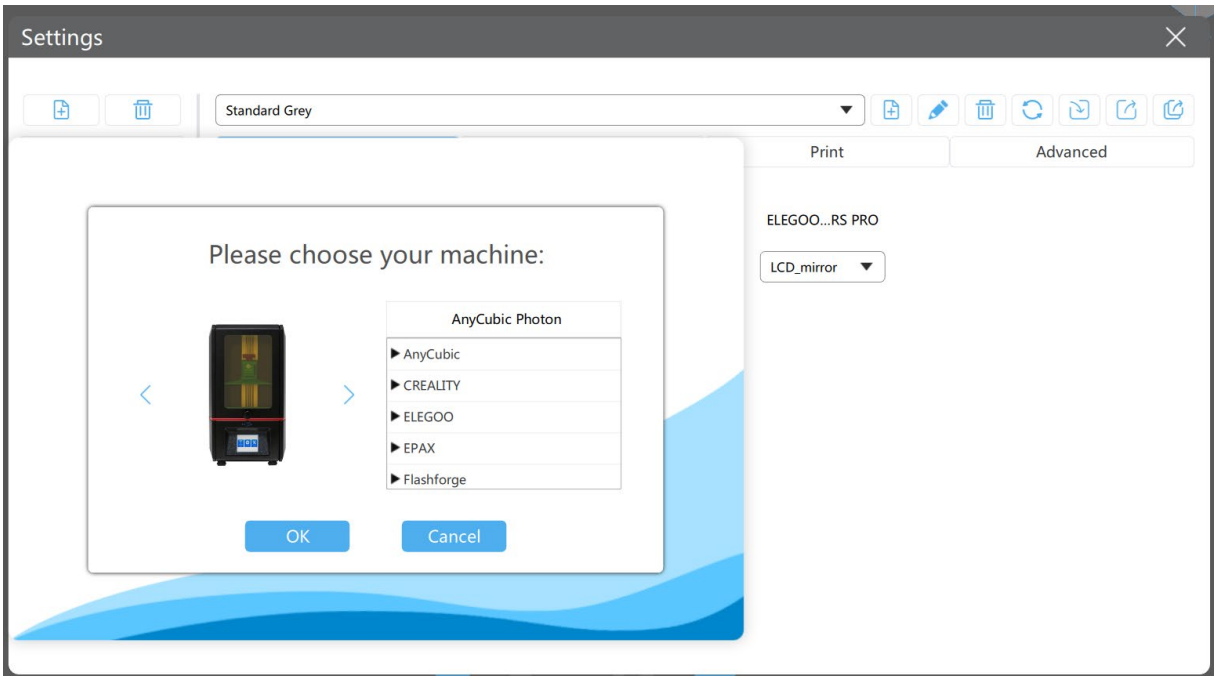

Abbildung 3 Fenster für die Druckerauswahl

Nach Auswahl des Druckers wird dieser samt allen Parametern in die Einstellungen übernommen. In dem Fenster sind die Bereiche „Machine“, „Resin“, „Print“ und „Advanced“ verfügbar.

Im Bereich “Machine“ sind die Parameter des Druckers, etwa die Größe der Bauplatte, hinterlegt. Im Bereich „Resin“ werden die Materialbezeichnung und -Kosten eingegeben. Besonders wichtig ist der Bereich „Print“. Hier werden die Belichtungszeiten für das gewählte Resin sowie die Bewegungsgeschwindigkeiten der Bauplatte eingegeben. Diese Daten sind den entsprechenden Datenblättern des Druckerherstellers zu entnehmen.

Druckfehler, wie mangelnde Haftung des belichteten Materials an der Bauplatte oder Risse im Druck, können auf fehlerhafte Parameter in diesem Bereich zurückzuführen sein.

2.2 Menüleiste

Die Menüleiste beinhaltet folgende Funktionen:

	Datei Öffnen
	Datei Speichern
	Screenshot und Video aufnehmen
	Rückgängig (links), Wiederholen (rechts)
	Bauteil Duplizieren
	Bauteile anordnen
	Bauteil aushöhlen
	Loch bohren
	Reparieren des Bauteils

2.3 Werkzeugleiste

Mit den Funktionen der Werkzeugleiste lässt sich die Positionierung des Bauteils auf der Bauplatte bestimmen. Durch Klicken auf die Schaltfläche mit der linken Maustaste lassen sich die Funktionen auswählen.

Das Verschieben des Bauteils erfolgt mittels Schaltfläche „Move“ („Verschieben“). Entweder wird das Bauteil mittels gedrückter linker Maustaste oder mittels Eingabe der Werte in den Textfeldern der X, Y oder Z-Achse verschoben. Durch Aktivierung der Schaltfläche „Put on the Plate“ („Auf die Platte setzen“) wird das Bauteil direkt auf die Bauplatte gesetzt. Mittels der Funktion „Centered“ („Zentriert“) wird das Bauteil auf der Bauplatte zentriert. Durch Betätigen der „Reset“-Funktion werden alle Verschiebevorgänge rückgängig gemacht.

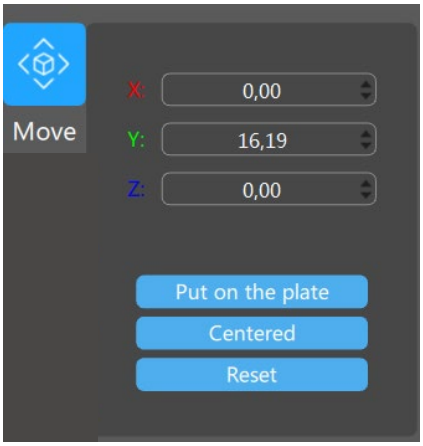

Abbildung 4 Bauteil verschieben

Das Drehen des Bauteils um alle drei Achsen erfolgt mit der Funktion „Rotate“ („Rotieren“). Bei Klick auf die Schaltfläche öffnet sich ein Dialogfenster. Wie bei der Funktion „Move“ besteht auch hier die Möglichkeit das Objekt mittels Dateneingabe in einem Textfeld oder mittels Maus entlang der drei Achsen zu drehen. Um eine Rotation mit der Maus durchzuführen, muss der jeweilige Achsenkreis angeklickt werden. Bei gedrückter linker Maustaste kann dann das Bauteil nun entlang der gewählten Achse rotiert werden.

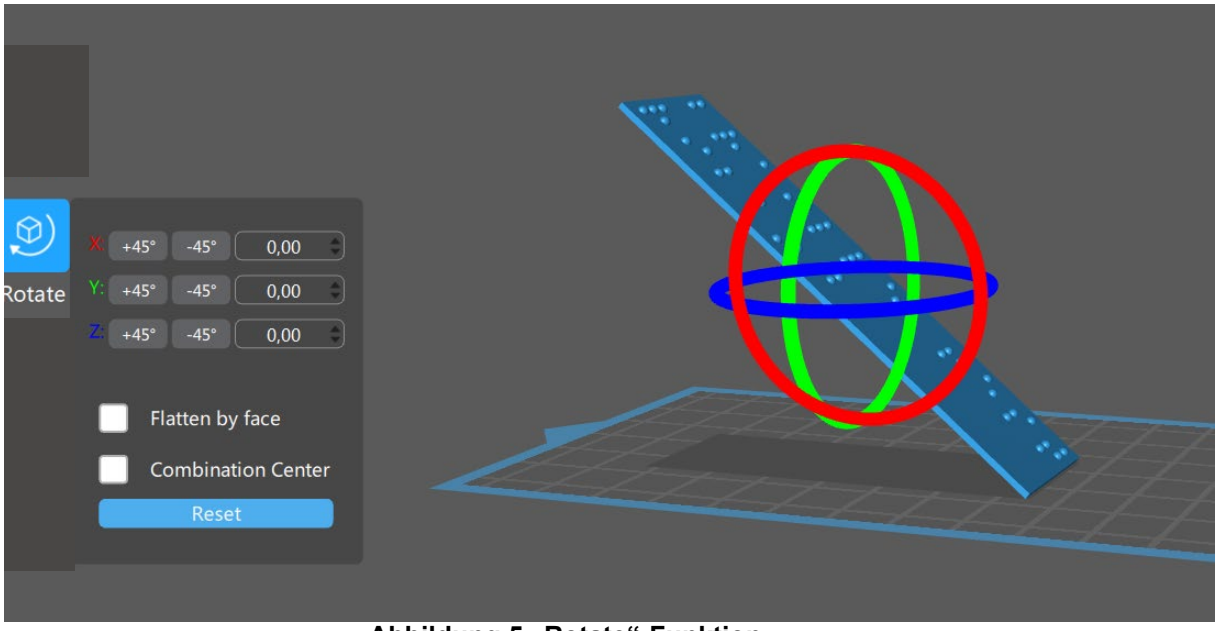

Abbildung 5 „Rotate“-Funktion

Größenanpassungen des Bauteils erfolgen mit der Funktion „Scale“. Auch bei dieser Funktion lassen sich die Größenänderungen am Modell entweder mit der Maus oder im Dialogfenster durch Eingabe der gewünschten Werte durchführen. Werte können entweder als absolute Werte in Millimeter oder als Prozent eingegeben werden. In der Standardeinstellung werden Größenänderungen symmetrisch auf allen drei Achsen durchgeführt. Dies bedeutet, dass das Bauteil proportional auf allen Achsen verändert wird. Soll die Größenänderung nicht proportional erfolgen, muss die Kontrollfläche „Lock Ratio“ deaktiviert werden.

Soll die maximale Baugröße des Druckers verwendet werden, wählt man die Schaltfläche „Scale to fit“.

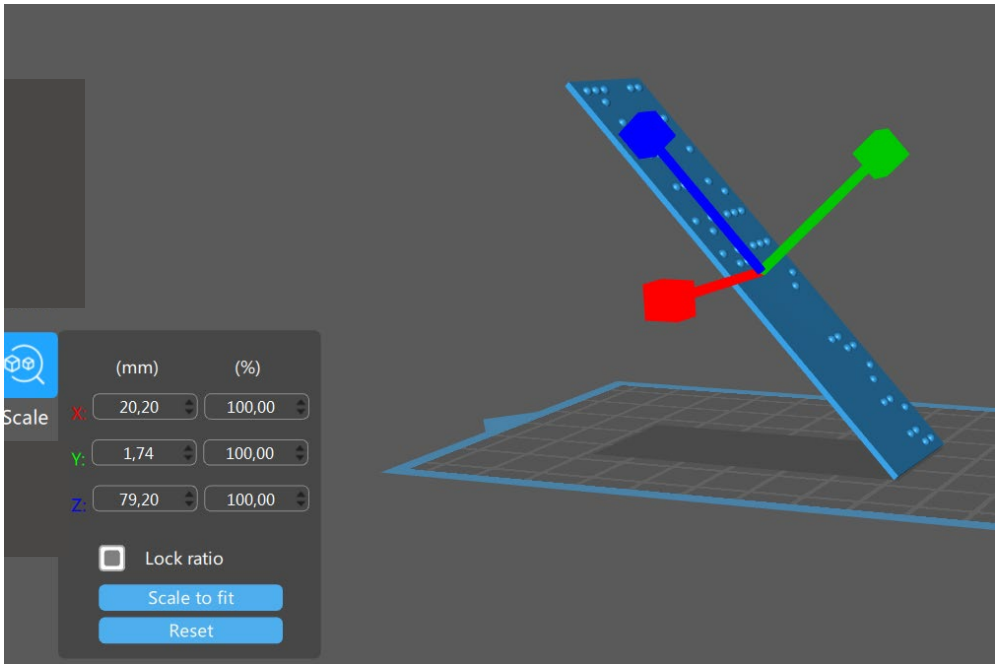

Abbildung 6 „Scale“-Funktion

Mit der “Mirror"-Funktion kann das Bauteil gespiegelt werden.

Die weiteren Elemente der Benutzeroberfläche werden anhand eines Beispiels erläutert. Hierzu nehmen wir die Brailleschrift-Platte aus Tutorial 5.

3 Positionieren und Slicen eines Bauteils

Beim FDM-Druck haben wir gelernt, dass Bauteile möglichst flach auf der Bauplatte positioniert werden und die Positionierung möglichst wenig Stützmaterial erfordert.

Beim SLA-Druck ist dies aufgrund des Verfahrens nicht möglich.
Bei der Ausrichtung eines Bauteils im SLA-Druck muss die Querschnittsfläche der Z-Achse, also die Auflagefläche auf der Bauplatte, minimiert werden. Die Sogkräfte, die auf die durchsichtige Bodenfläche des Resin-Behälters wirken, müssen minimiert werden. So kann verhindert werden, dass sich das Bauteil von der Bauplatte löst und an der durchsichtigen Folie oder Bodenplatte des Resin-Behälters kleben bleibt. Selbst wenn dies nicht der Fall ist, entsteht durch die Sogkräfte eine Spannung im Modell, wenn die Dicke der Bodenplatte 0,5 mm übersteigt. Flach gedruckte Bauteile wölben sich daher nach der Trocknung und Aushärtung. Diese Wölbungen lassen sich später nicht ausgleichen. Aus diesem Grund werden Bauteile mit einem Winkel zur Bauplatte gedruckt.

Abbildung 7 Biegung flach gedruckter Bauteile

Im SLA-Verfahren ist der Zeit- und Materialbedarf des Herstellungsprozesses von der Höhe des Bauteils abhängig. Viele Nutzer neigen daher trotz der Nachteile dazu, die Bauteile möglichst flach und direkt auf der Bauplatte zu positionieren, um Resin einzusparen und eine kurze Druckzeit zu ermöglichen.

Im Beispiel aus **Abbildung 5** kann man dies sehr deutlich machen. Wird die Platte mit der Brailleschrift flach und direkt auf der Bauplatte positioniert, dauert der Druck mit einem Elegoo Mars Pro gerade einmal 11 Minuten und benötigt nur 30 ml Resin. Wird das Bauteil jedoch wie in der Abbildung dargestellt positioniert und mit dem erforderlichen Stützmaterial gedruckt, erfordert der Herstellungsprozess 6,5 Stunden und 85 ml Resin. Dafür ist das Bauteil einfacher von der Bauplatte zu lösen und ein Verziehen nach dem Trocknen wird verhindert. Allerdings erfordert das Entfernen des Stützmaterials auch noch zusätzliche Zeit für die Nachbearbeitung.

3.1 Korrekte Positionierung

Wir möchten die Braille-Testtafel aus Abbildung 6 drucken. Hierzu wird die Tafel zunächst mittes „Rotate“-Funktion um 50° rotiert.

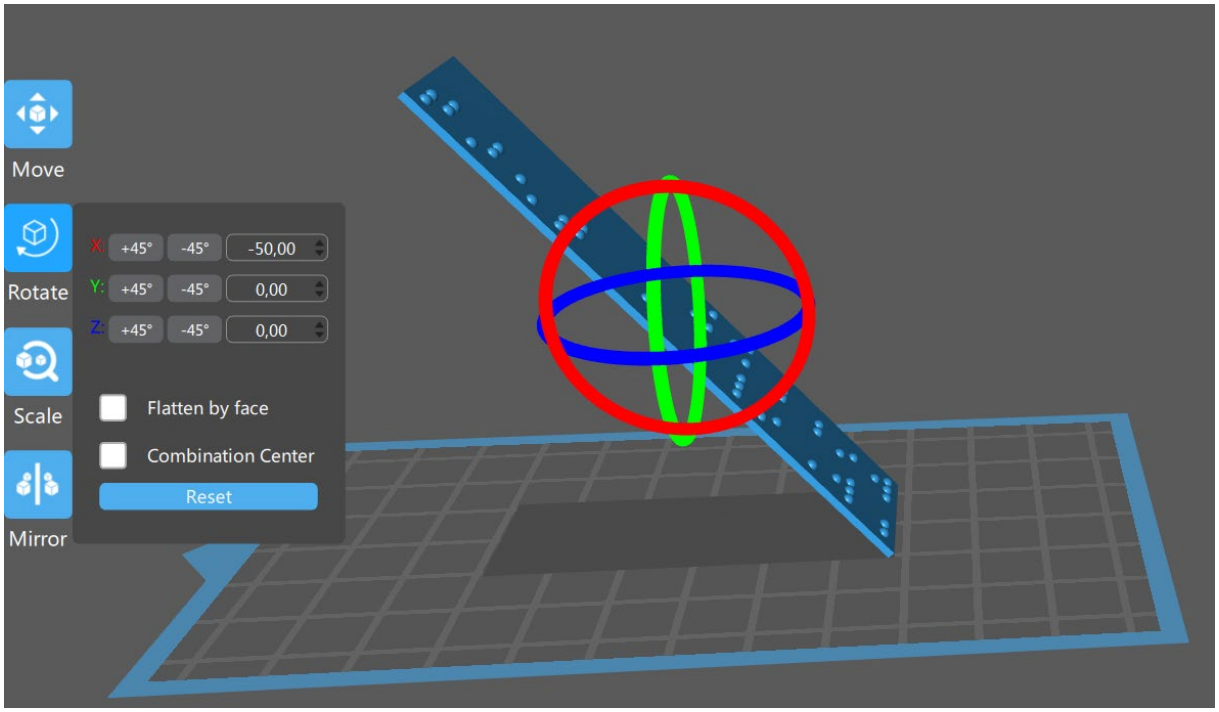

Abbildung 8 Positionierung des Bauteils mit der Funktion "Rotate"

Hierzu wird das Bauteil zunächst mittels Klick auf die linke Maustaste markiert. Anschließend wird die Funktion „Rotate“ gewählt. Mittels Maus oder Texteingabe kann das Bauteil nun auf der roten X-Achse um 50° gedreht werden. Dabei sollten die Braillezeichen auf der gegenüberliegenden Seite der Bauplatte liegen, also nach unten zeigen. Dadurch soll das Resin in den Resinbehälter abtropfen können und verhindert werden, dass Reste zwischen den Braillezeichen antrocknen.

Die Rotation könnte zwar größer als 50° sein, ist aber für einen sicheren Druck in diesem Fall nicht erforderlich. Durch diesen Neigungswinkel ist ein verzugsfreier Druck und das Anbringen von ausreichenden Stützstrukturen möglich.

Hiermit ist die Positionierung dieses Bauteils abgeschlossen und es kann nun zum Anbringen der Stützstruktur übergegangen werden.

3.2 Anbringen der Stützstruktur

Um die Stützstruktur anzubringen, müssen im Fenster rechts oben die „Support Einstellungen“ mittels linkem Mausklick gewählt werden.

Es erscheint nun das Fenster mit den Einstellungsmöglichkeiten für die Stützstrukturen (engl.: Support).

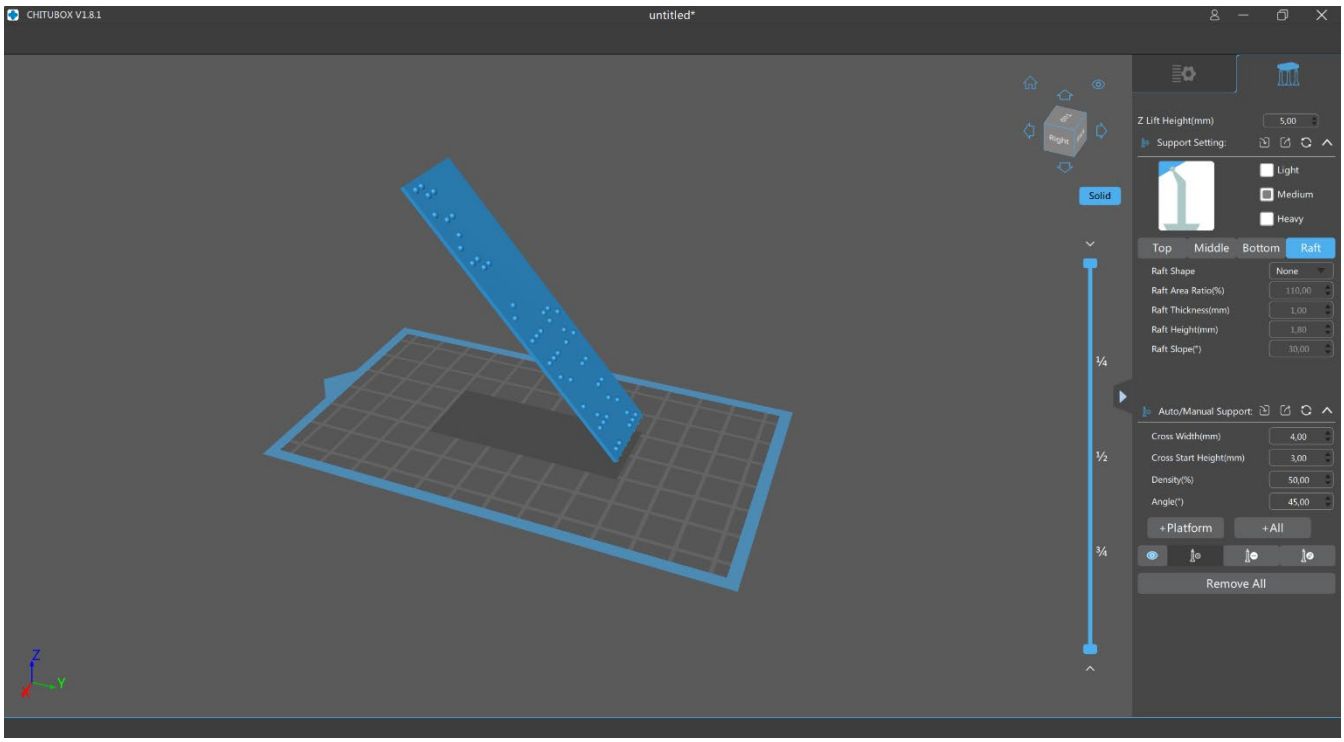

Abbildung 9 Chitubox-Fenster mit Support-Einstellungen

Die Support-Einstellungen sind sehr vielfältig. Im oberen Bereich des Fensters lassen sich die Stärke der Support-Struktur sowie die Form der Kontaktfläche zum Bauteil einstellen. In den Bereichen „Top“ („Oben“), „Middle“ („Mitte“) und „Bottom“ („Unten“) lassen sich diese Einstellungen unterschiedlich anpassen. Im Normalfall sind die Standardeinstellungen bei der Auswahl der Stärke ausreichend. Mit der Funktion „Raft“ lässt sich eine Bodenplatte anfügen. Dies ist bei großen Bauteilen mit umfangreicher Stützstruktur sinnvoll. Damit lässt sich das Bauteil einfacher und in einem Stück entfernen.

Im unteren Bereich lässt sich die Stützstruktur manuell hinzufügen und entfernen. Mit der Schaltfläche „+Platform“ wird die Stützstruktur nur an den Bauteilen hinzugefügt, die der Druckplatte am nächsten liegen. Mit der Schaltfläche „+All“ wird die Stützstruktur an allen Überhängen hinzugefügt. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass in der Einstellung „Angle“ („Winkel“) mindestens 55° eingestellt wurden.

In unserem Beispiel wählen wir die Funktion „+All“. Die generierte Stützstruktur ist hierbei fast ausreichend. Um jedoch eine gerade Fläche an der unteren Kante zu erhalten, müssen Stützstrukturen entlang der Kante manuell hinzugefügt werden. Hierzu muss in der Stützstruktur-Leiste die Funktion „Hinzufügen“ aktiviert sein.

Abbildung 10 Stützstruktur-Leiste „Hinzufügen“ aktiviert

Mittels linken Mausklicks auf die Zielfläche des Bauteils wird jeweils eine Säule hinzugefügt.

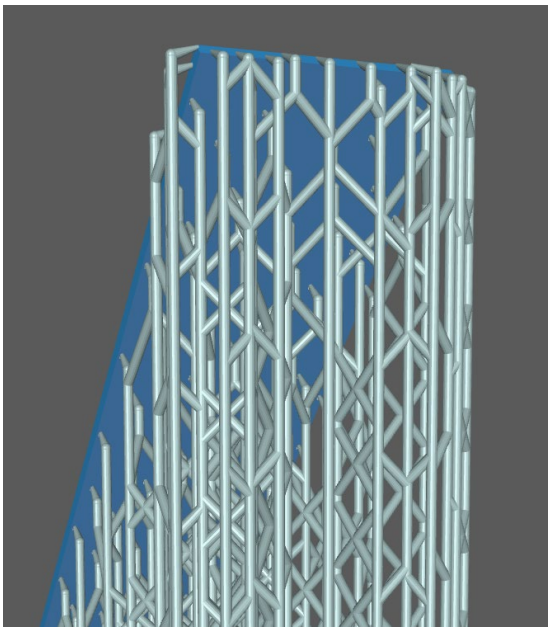

Abbildung 11 Manuell hinzugefügte Stützstruktur an der Kante

Um alle Stützstrukturen zu entfernen, muss die Schaltfläche „Remove all“ („Alle entfernen“) ausgewählt werden. Um einzelne Strukturen zu entfernen, ist in der Stützstrukturleiste die mittlere Schaltfläche mit dem Minuszeichen anzuklicken. Anschließend muss die zu löschende Stützstruktur mit der linken Maustaste ausgewählt werden. Diese wird sodann in Rot dargestellt. Mit Klick auf die Entfernen-Funktion wird die Stützstruktur gelöscht.

3.3 Slicen des Bauteils

Sind alle Stützstrukturen angebracht, kann durch Auswahl des Symbols zur Modellansicht zurückgewechselt werden.

Durch Aktivierung der Schaltfläche „Slice“ wird der Vorgang gestartet. Der Fortschritt des Slice-Vorgangs wird am unteren Bildschirmrand durch einen Balken angezeigt. Auch bei kleineren Modellen erfordert der Slice-Vorgang gegenüber dem FDM-Prozess mehr Zeit.

Mit der Schaltfläche „Save“ wird die Datei gespeichert und kann zum SLA-Drucker übertragen werden.

4 Aushöhlen des Modells

Im SLA-Verfahren wird nicht mit Infill gearbeitet. Es besteht also die Möglichkeit, die Teile in festem Zustand zu drucken, was das Gewicht und den Resinverbrauch erhöht. Daher ist es möglich, Modelle auszuhöhlen. Ausgehöhlte Modelle müssen dafür sorgen, dass das Resin im Inneren des Modells abfließen kann. Aus diesem Grund müssen mindestens zwei Drainagelöcher mit einem Durchmesser von mindestens 1 mm im Modell vorhanden sein. Mindestens eines dieser Löcher muss am tiefsten Punkt des Modells angebracht werden. Kann Resin in einem ausgehölten Modell aufgrund fehlender Drainagelöcher nicht abfließen, platzt das Modell. Dies wird durch Ausgasungen des Resins verursacht. Die Frage ist nicht, ob das Modell platzen wird, sondern lediglich wann. Da austretendes Resin ein Gesundheitsrisiko darstellt, muss dieses Risiko unbedingt vermieden werden.

Um die Modelle mit Überhang stabil zu drucken, wird das Stützmaterial auch im Inneren des ausgehöhlten Modells eingefügt. Hierzu müssen die folgenden Schritte eingehalten werden:

1. Modell positionieren
2. Modell aushöhlen
3. Drainagelöcher anbringen
4. Stützmaterial erzeugen
5. Modell slicen

In unserem Beispiel positionieren wir ein Kirchenmodell auf der Bauplatte, so dass die Drainagelöcher in einem ausreichend großem Teil des Modells eingefügt werden können. Im folgenden Beispiel ist dies das Giebeldach.

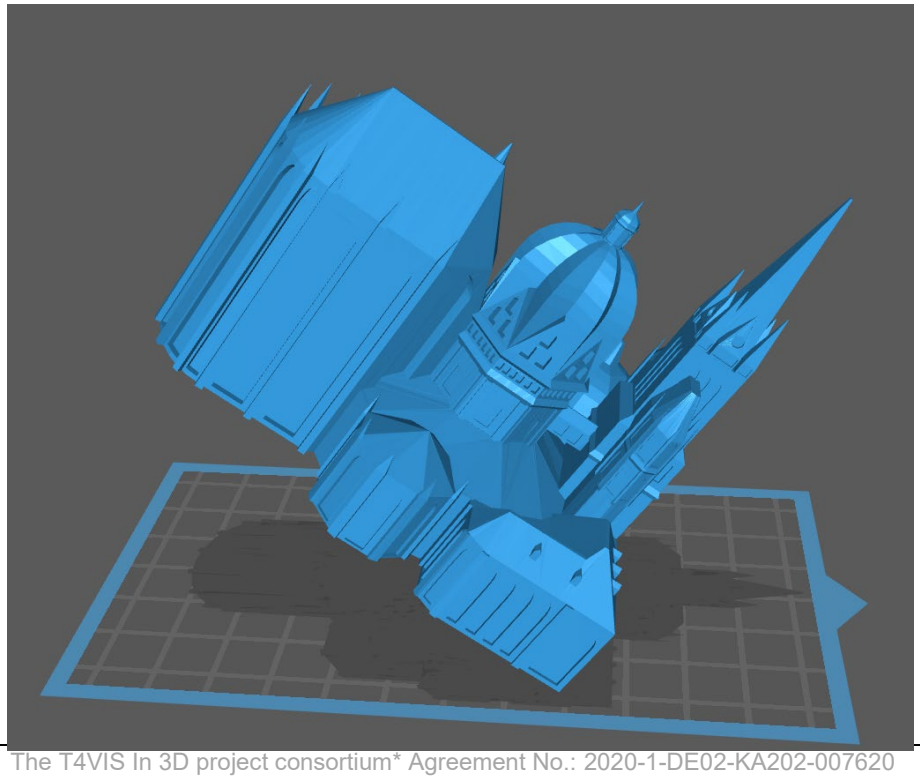

Abbildung 12 Positionierung des Modells

Durch Aktivierung der Schaltfläche , wird ein Dialogfenster geöffnet.

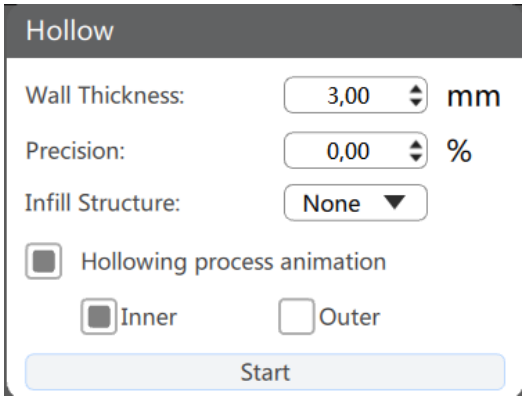

Abbildung 13 Dialogfenster „Hollow“ („Aushöhlen“)

In diesem Dialogfenster kann die Wandstärke angegeben werden. Diese sollte auch bei kleinen Modellen 1 mm nicht unterschreiten. Bei Modellen mit Überhängen von 90° kann auch eine Infill-Struktur angegeben werden. In unserem Fall kann dies unterlassen werden. Durch Aktivierung der „Start“-Schaltfläche wird das Modell ausgehöhlt.

Anschließend wählt man die Schaltfläche „Dig Hole“ .
Es erscheint ein Dialogfenster, in welchem die folgenden Punkte definiert werden können:

1. die Form des Drainagelochs
2. der Durchmesser des Drainagelochs
3. die Tiefe des Drainagelochs.

Durch Aktivierung der Schaltfläche „Add a hole“, gelangt man zum Fenster zurück.

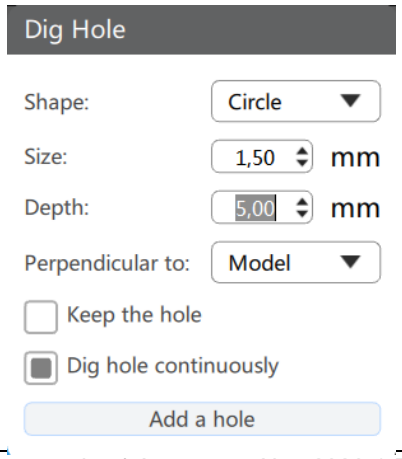

Abbildung 14 „Dig Hole“-Fenster

Mit dem Mauszeiger kann die grüne Markierung an der gewünschten Stelle positioniert werden. Mittels Klicks auf die linke Maustaste wird das Loch eingefügt. Auf die gleiche Weise wird das zweite Loch am unteren Ende des Giebels eingefügt.

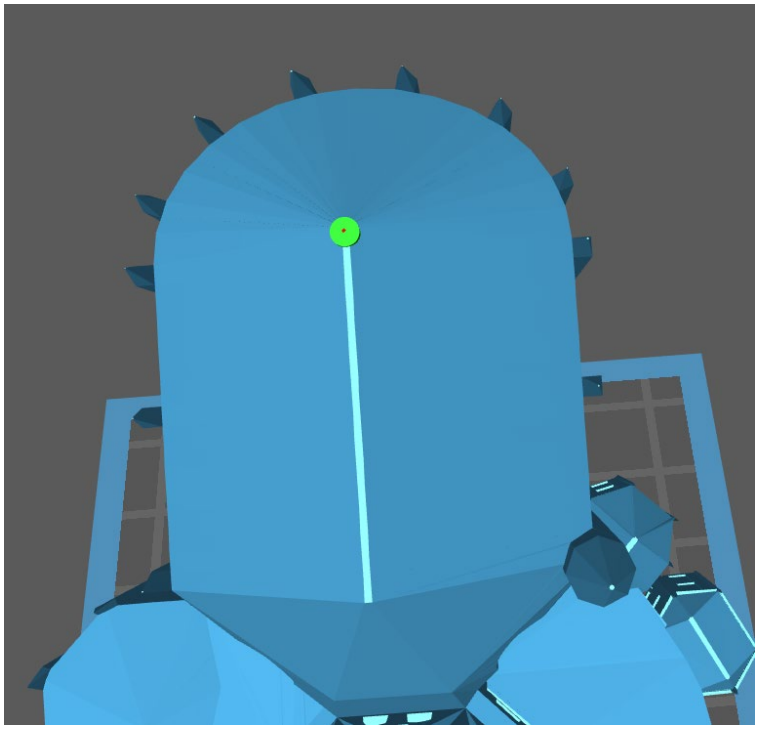

Abbildung 15 Positionierung des Drainageloches

Im Anschluss wird die Stützstruktur wie in Kapitel 3.2 beschrieben erzeugt und das Modell gesliced.

5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Versionsanzeige 4
Abbildung 2 Benutzeroberfläche Chitubox..... 5
Abbildung 3 Fenster für die Druckerauswahl 6
Abbildung 4 Bauteil verschieben 8
Abbildung 5 „Rotate“-Funktion 8
Abbildung 6 „Scale“-Funktion 9
Abbildung 7 Biegung flach gedruckter Bauteile 10
Abbildung 8 Positionierung des Bauteils mit der Funktion "Rotate" 11
Abbildung 9 Chitubox-Fenster mit Support-Einstellungen 12
Abbildung 10 Stützstruktur-Leiste „Hinzufügen“ aktiviert 13
Abbildung 11 Manuell hinzugefügte Stützstruktur an der Kante 13
Abbildung 12 Positionierung des Modells 15
Abbildung 13 Dialogfenster „Hollow“ („Aushöhlen“) 15
Abbildung 14 „Dig Hole“-Fenster 16
Abbildung 15 Positionierung des Drainageloches 16