

Sandmaltisch

Bauanleitung



30. April 2024

 **BINGOBRICKS**
<https://youtube.com/@BINGOBLOCKS>

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Voraussetzungen	3
2.1	Bestandteile dieser Anleitung	3
2.2	Benötigtes Material.....	3
2.3	Benötigtes Werkzeug	3
2.4	Vorkenntnisse.....	4
3	Übersicht	5
4	Bauteile drucken (3D Druck)	6
5	Elektronik vorbereiten	7
5.1	Bauteile löten	7
5.2	Makerbase-Board vorbereiten.....	9
5.3	Maximalstrom/Referenzspannung einstellen.....	10
5.4	LED Streifen vorbereiten	11
6	Firmware installieren	12
6.1	USB Treiber CH340 installieren	12
6.2	FluidNC V3.7.8 installieren	13
7	Test der Elektronik	15
7.1	Anschliessen der elektronischen Bauteile.....	15
7.2	Test der Elektronik und der Firmware-Einstellungen.....	18
8	Bauteile vorbereiten	19
8.1	Gewindeeinsätze einschmelzen	19
8.2	Weitere Vorbereitungen	21
9	Holz- und Metallverarbeitung	26
9.1	Folien anbringen.....	26
9.2	Zwischenplatte vorbereiten	27
9.3	Abdeckung vorbereiten.....	28
9.4	Tischplatte bearbeiten	30
9.5	Tischbeine vorbereiten.....	34
9.6	LED Profilleisten kürzen.....	35
10	Montage	36
10.1	Montage der LED-Profile	36
10.2	Intermezzo: Bestellung der Glasplatte	38
10.3	Montage des Unterbaus.....	39
10.4	Montage der X-Achse	41
10.5	Montage Y-Achse	43
10.6	Verlegung der Kabel	45
10.7	Schlussmontage.....	47
11	Abschlusstest	48

2 Voraussetzungen

2.1 Bestandteile dieser Anleitung

Folgende Dateien und Artikel gelten als Bestandteil dieser Anleitung. Du solltest unbedingt Zugriff auf diese Ressourcen haben. Ansonsten wirst du nicht in der Lage sein, das Projekt nachzubauen:

- Die Datei «Materialliste.xlsx». In dieser Excel-Datei sind alle Materialien inkl. aller Schrauben und Muttern aufgeführt. In dieser Liste wirst du auch Angaben zu den Bezugsquellen finden.
- STL-Dateien der Bauteile, die du mit einem 3D Drucker selbst herstellen kannst.
- Die Konfigurationsdatei «config.yaml»

Alle diese und viele weitere Dateien findest du in der Projektablage, auf die im entsprechenden Artikel des MAKE Magazins verwiesen wird.

2.2 Benötigtes Material

Alle Bauteile und Materialen sind in der Exceldatei «Materialliste.xlsx» aufgeführt.

Bevor du beginnst, stelle sicher, dass alle Materialien in den angegebenen Massen und Mengen in deiner Umgebung verfügbar sind. Auf folgende Bauteile solltest du besonderes Augenmerk legen:

- [IKEA Lack Tisch, 90x55cm, schwarzbraun](#)
- [LED Strips: Paulmann Entertain LED, 3m, RGB, 5V, 60 LEDs/Meter, Power Jack Anschluss, inkl. Fernbedienung](#)
- Glasplatte 6mm Stärke
Suche dir einen passenden Lieferanten in deiner Nähe, der eine Glasplatte zuschneiden und die entstandenen Schnittkanten säumen kann. Du brauchst das Glas noch nicht zu bestellen. Aber du solltest dir sicher sein, dass du es zu gegebener Zeit besorgen kannst, sobald du in Kapitel «10.2 - Intermezzo: Bestellung der Glasplatte» angelangt bist. Erst dann sind nämlich die genauen Abmessungen bekannt, die die Glasplatte aufweisen sollte.

2.3 Benötigtes Werkzeug

- | | | |
|---|-------------------------|-------------------------------------|
| • 3D Drucker mit einem Druckraum von 180x180x180 mm oder grösser, z.B. Prusa Mini | • Stichsäge | • Schraubenschlüssel (5mm und 6mm) |
| • Multimeter | • Holzbohrer | • Seitenschneider |
| • Lötkolben | • Feile / Schleifpapier | • Optional: Schraubzwingen, Klammer |
| | • Inbus-Schlüsselset | |
| | • Schraubenzieher | |

2.4 Vorkenntnisse

Die Anleitung geht davon aus, dass du die nachfolgenden Vorkenntnisse aufweist und entsprechende Arbeitsschritte ohne weitere Anweisungen durchführen kannst. Solltest du diese Vorkenntnisse nicht besitzen, empfehle ich dir, vor Beginn der Arbeiten entsprechende Youtube-Tutorials zu suchen und anzuschauen:

- Holzverarbeitung: Tischbeine kürzen mit der Säge; Vollausschnitt in Tischplatte sägen; Löcher in Holzplatten bohren
- Metallverarbeitung: LED Profil-Leisten kürzen mit der Metallsäge
- LED Streifen: Kürzen von LED Streifen; Verbinden von LED Streifen mit Verbindungskabel
- 3D Druck mit PLA- oder PETG-Filament: STL Dateien mit Slicer Software für den 3D Druck aufbereiten; 3D Drucker bedienen
- Stromspannungen messen mit Multimeter: Referenzspannung an einem Stepper Motor-Treiber einstellen
- Löten: Verlängern von Kabeln; Kabel an elektronische Bauteile wie z.B. Steckverbinder anlöten; Isolieren mit Schrumpfschlauch oder Isolierband
- Microcontroller: Herunterladen und installieren einer Firmware

3 Übersicht

Alle mit dem 3D Drucker hergestellten Teile sind zur besseren Erkennbarkeit in der nachfolgenden Abbildung rot dargestellt.



Abbildung 1: Aussenansicht

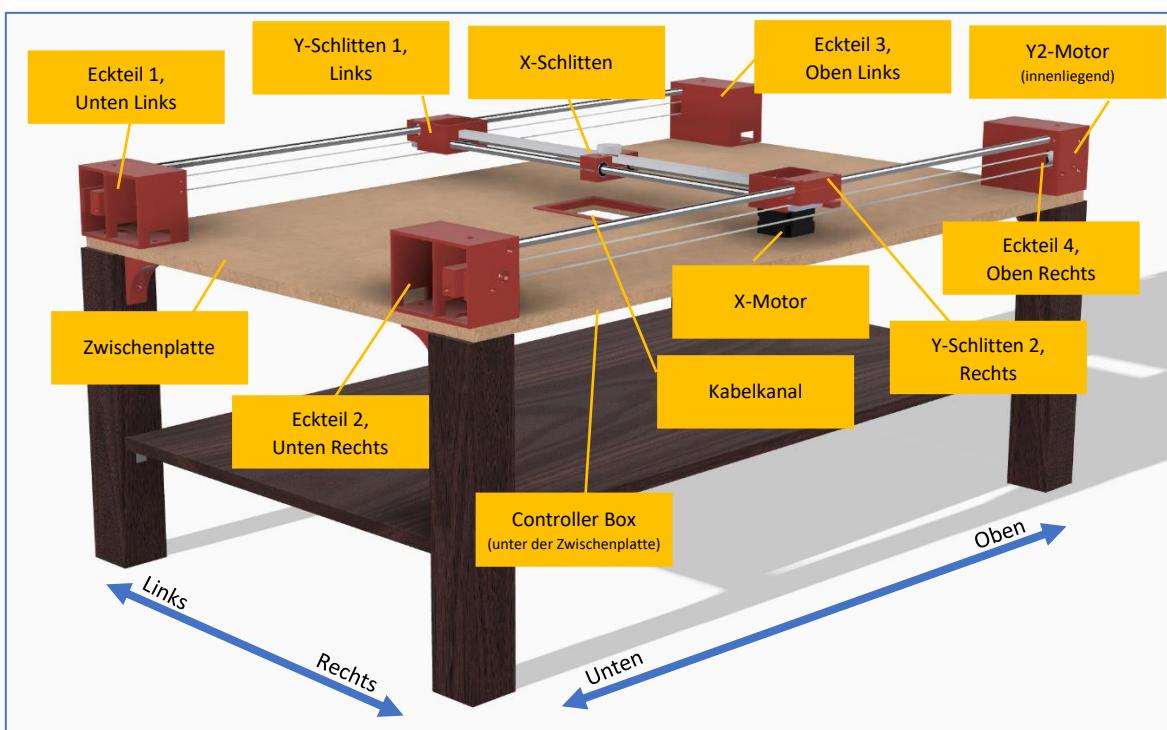


Abbildung 2: Innenansicht

4 Bauteile drucken (3D Druck)

Die nachfolgende Liste zeigt alle zu druckenden Bauteile. Wer den PrusaSlicer für das Slicing verwendet, kann direkt die bereitgestellten 3MF-Dateien öffnen und von voreingestellten Parametern und Druckausrichtungen profitieren.

Für alle sichtbaren Bauteile wird schwarzes Filament empfohlen. Diese Anleitung verwendet aus Darstellungsgründen für nicht sichtbare Bauteile rotes Filament. Blaues Filament wurde für den Druck der Werkzeuge genutzt. Selbstverständlich können alle Bauteile durchgehend mit schwarzem Filament gedruckt werden. Insgesamt wird ca. 1.2kg PLA- oder PETG-Filament benötigt. Die Druckzeit beträgt insgesamt ca. 50h (Gedruckt mit einem Prusa MK4 mit Input Shaper).

Folgende Druckanweisungen sind beim Drucken der Bauteile zu beachten:

- Die Layerhöhe kann untenstehender Tabelle entnommen werden.
- Sofern die Ausrichtung der Bauteile auf dem Druckbett korrekt vorgenommen wird, können alle Bauteile ohne Stützen gedruckt werden.
- Für den Druck kann eine Standarddüse von 0.4mm Durchmesser verwendet werden.

Anzahl	Bauteilname	Farbe	Layerhöhe	Druckhinweis
1	Controller_Box-Boden.stl	Schwarz	0.3mm	
1	Controller_Box-Rahmen.stl	Schwarz	0.3mm	
1	Bohrschablone_Abdeckung.stl	Blau	0.3mm	
1	Bohrschablone_Bodenplatte.stl	Blau	0.3mm	
1	BohrschabloneLinealVollausschnitt.stl	Blau	0.3mm	
2	Kabelkanal.stl	Rot	0.3mm	
4	Verstrebung.stl	Schwarz	0.3mm	
1	Eckteil_1-UntenLinks.stl	Rot	0.3mm	1)
1	Eckteil_2-UntenRechts.stl	Rot	0.3mm	1)
1	Eckteil_3-ObenLinks.stl	Rot	0.3mm	1)
1	Eckteil_4-ObenRechts.stl	Rot	0.3mm	1)
2	AnschlagZylinderstange.stl	Rot	0.3mm	
4	Tischbeinabdeckung.stl	Schwarz	0.3mm	
1	Y-Schlitten_1-Links.stl	Rot	0.15mm	
1	Y-Schlitten_2-Rechts.stl	Rot	0.15mm	
2	Y-Schlitten-Klemme.stl	Rot	0.15mm	
1	X-Schlitten.stl	Rot	0.3mm	
1	X-Schlitten-Klemme.stl	Rot	0.3mm	
12	LED_Profil-HalterStandard.stl	Schwarz	0.15mm	
2	LED_Profil-HalterEckeKurz1.stl	Schwarz	0.15mm	
2	LED_Profil-HalterEckeKurz2.stl	Schwarz	0.15mm	
2	LED_Profil-HalterEckeLang1.stl	Schwarz	0.15mm	
2	LED_Profil-HalterEckeLang2.stl	Schwarz	0.15mm	
2	LED_ProfilBlende-EckeKurz1.stl	Schwarz	0.3mm	2)
2	LED_ProfilBlende-EckeKurz2.stl	Schwarz	0.3mm	2)
2	LED_ProfilBlende-EckeLang1.stl	Schwarz	0.3mm	2)
2	LED_ProfilBlende-EckeLang2.stl	Schwarz	0.3mm	2)
2	Kabelclip.stl	Schwarz	0.15mm	

Druckhinweise:

- 1) Die Eckteile sollten mit 3 Perimetern gedruckt werden, da diese ein relativ hohes Gewicht zu tragen haben.
- 2) Die LED Profil-Blenden sollten stehend gedruckt werden. Für eine bessere Haftung auf dem Druckbett wird empfohlen, einen Rand («Brim») zu drucken.

5 Elektronik vorbereiten

5.1 Bauteile löten



Anzahl	Bauteil
2	Limit Switches, ZW12-B
2	JST XH Stecker mit Kabel, 3 pin, 10cm
2	2-Pin Kabel, AWG22, je ca. 80 cm lang
	Schrumpfschlauch

1. Die rote Ader des JST XH-Steckerkabels mit dem Seitenschneider abschneiden.
2. Die beiden anderen Adern (gelb und schwarz) des JST XH-Steckers mit dem 2-Pin Kabel auf insgesamt ca. 90 cm verlängern: Schwarz an schwarz, gelb an rot. Mit Schrumpfschlauch isolieren.
3. Am anderen Ende des Kabels den Limit Switch anlöten: Rot/gelb an C-Anschluss, schwarz an NO-Anschluss.

Bereite ein weiteres Stück dieses Bauteil auf dieselbe Art vor, so dass du am Ende zwei identische Limit Switches hast.



Anzahl	Bauteil
1	Kippschalter Rocker KCD1-101
1	2-Pin Kabel, AWG22, ca. 10 cm lang

1. Das 2-Pin Kabel an den Kippschalter anlöten (Polung irrelevant).
2. Das andere offene Ende des Kabels verzinnen, damit dieses später im Schraubterminal gut festgeschraubt werden kann.



Anzahl	Bauteil
1	Momentary Push Button, R13-507
1	JST XH Kabel mit Stecker, 2 pin, 10cm

1. Den Push-Button an das Kabel des zweipoligen JST XH-Steckers anlöten (Polung irrelevant).

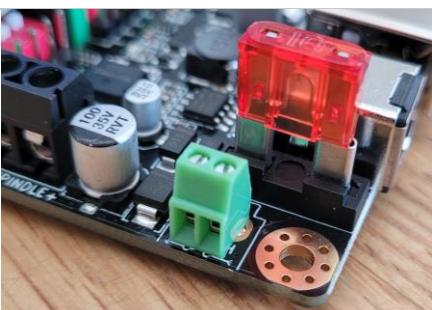


Anzahl	Bauteil
1	StepDown Converter 5V, Mini560
1	JST XH Stecker mit Kabel, 2 pin, 10cm
1	DC Power Jack Kabel, männlich, 5.5x2.5mm, Länge ca. 1 Meter

1. Das Kabel des JST Steckers an den Eingang des StepDown Converter anlöten und dabei die beiden innenliegenden Anschlüsse verwenden.
Unbedingt Polung beachten: Schwarze Ader an IN+, rote Ader an IN-.

Hinweis: Es ist unüblich, dass die schwarze Ader den Pluspol und die rote den Minuspol repräsentiert. Da aber der JST XH-Stecker nur in einer Richtung ins Board gesteckt werden kann, kommt auf diese Weise die schwarze Ader an Plus und die rote Ader an Minus.

2. Die beiden freien Kabel des Power Jack Kabels an den Ausgang des StepDown Converters anlöten.
Unbedingt Polung beachten: Rote Ader an Out+, schwarze Ader an Out-

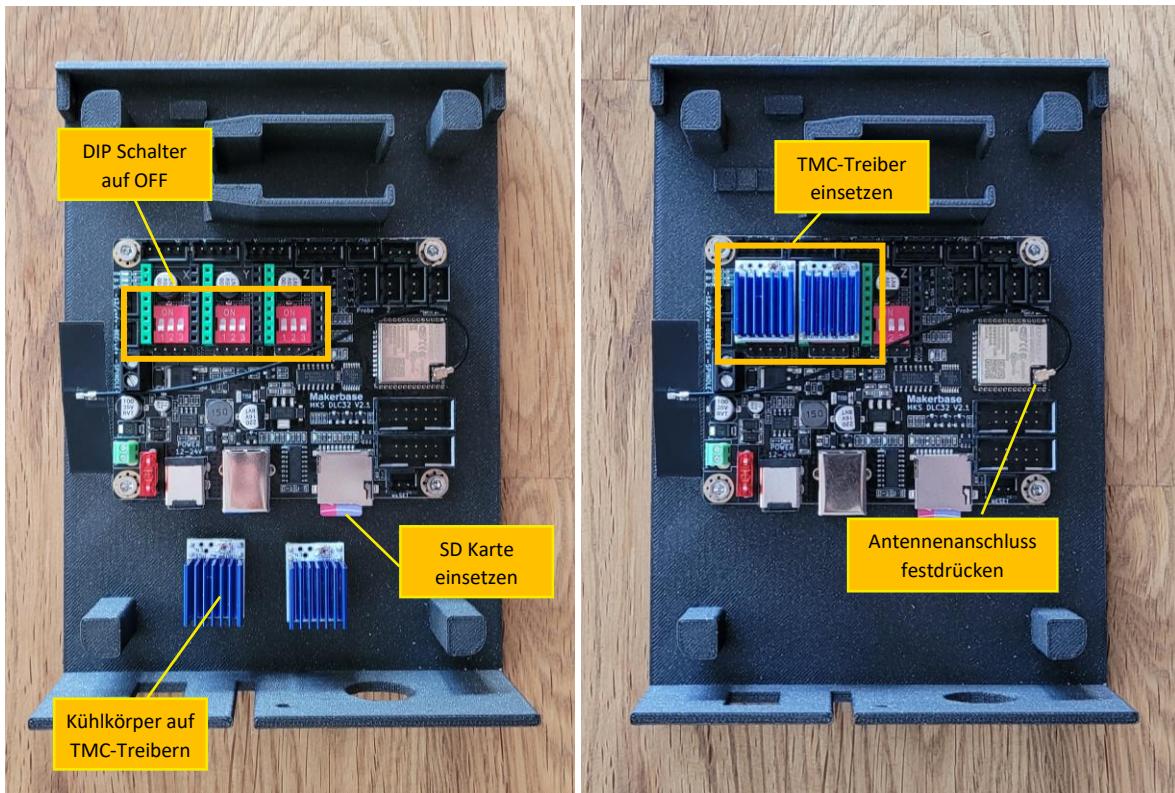


Anzahl	Bauteil
1	Makerbase MKS DLC32, WiFi Board V2.1
1	2 Pin Schraubterminal, 2.54 PCB

1. Die Pins des Terminals mit einer Zange etwas spreizen, damit das Terminal in die Bohrlöcher des Boards passen.
2. Das Terminal an den Anschluss «Switch» des Boards löten.
Ausrichtung beachten: Kabelanschluss nach aussen richten!

5.2 Makerbase-Board vorbereiten

Anzahl	Bauteil
1	Makerbase MKS DLC32, ESP32 WIFI Board V2.1
2	TMC2208 Treiber und Kühlkörper
1	Speicherkarte SD, 16 GB
1	Controller Box-Boden.stl
4	Metallschrauben M3x6



Die folgenden Tätigkeiten sind mit dem Makerbase MKS DLC32-Board auszuführen:

1. Die SD Karte in den Karteneinschub setzen.
2. Alle rotweissen DIP Schalter nach unten auf «OFF» stellen (1/8 Step).
3. Die Kühlkörper auf die Chips der TMC2208-Treibermodule kleben. Darauf achten, dass die Kühlkörper keinen Kurzschluss bei den Lötstellen verursachen.
4. Je ein TMC2208-Treiber auf den Steckplätzen für den X- und den Y-Motor einstecken.



Unbedingt korrekte Polung beachten:

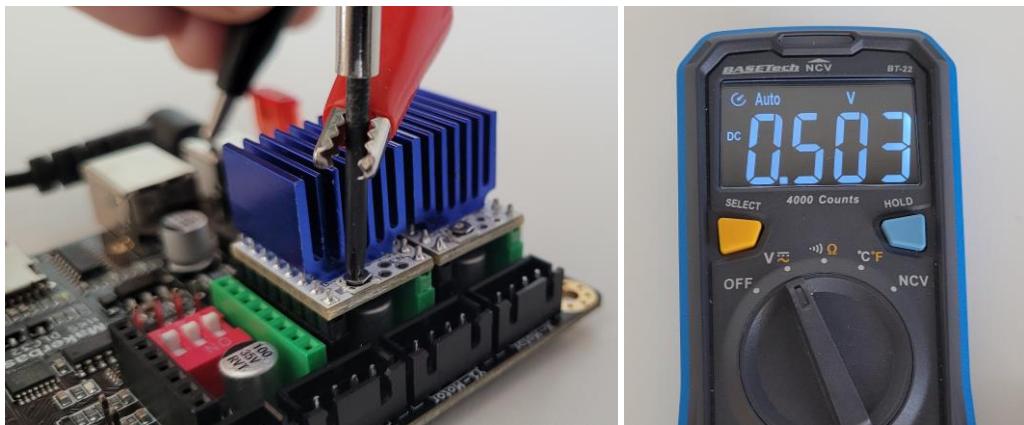
Die Schraube des Potentiometers muss gemäss Abbildung oben sein!

Der Steckplatz für den Z-Motor kann frei gelassen werden. Wir brauchen nur zwei TMC-Treiber.

5. Fester Sitz der Antenne prüfen.
6. Board in das 3D gedruckte Bauteil Controller Box-Boden.stl einsetzen und festschrauben (4 Metallschrauben M3x6).

5.3 Maximalstrom/Referenzspannung einstellen

Anzahl	Bauteil
1	Makerbase MKS DLC32, ESP32 WIFI Board V2.1 inkl. TMC2208-Treiber
1	Steckernetzteil, 12V, 3A, 36W, Power Jack 5.5 x 2.1mm



1. Das Board über die PowerJack-Buchse mit dem Netzteil verbinden. Netzteil mit Strom versorgen. Die LEDs auf dem Board sollten nun leuchten.
2. Mit Hilfe eines Multimeters die Referenzspannungen auf den beiden TMC2208-Treibern messen. (Das ist die Spannung zwischen der Stellschraube und Ground.)
3. Die Referenzspannung mit Hilfe des Potentiometers auf den TMC2208-Treibern mit einem Schraubenzieher so einstellen, dass diese jeweils 0.5 Volt beträgt.
4. Das Board von der Stromversorgung wieder trennen: Netzteil ausstecken.

Hinweise:

- *Die Referenzspannung von 0.5 Volt gilt nur, wenn du genau jene NEMA17-Motoren in Kombination mit TMC2208-Treibern verwendest, die in der Materialliste empfohlen werden.*
- *Achte beim Hantieren mit Multimeter und Schraubendreher darauf, dass du keine Kurzschlüsse verursachst. Du könntest Treiber und Controller zerstören!*
- *Stecke niemals einen Stepper-Treiber in das Board, wenn das Board unter Spannung steht.*
- *Schliesse niemals einen Stepper-Motor am Board an, wenn das Board unter Spannung steht.*

5.4 LED Streifen vorbereiten

Anzahl	Bauteil
1	LED Streifen, Paulmann Entertain LED, 3m, RGB, 5V, 60 LEDs/Meter, inkl. Fernbedienung
4	LED Verbinder, 4 Pin, 10mm, double

1. Stecke das Anschlusskabel mit dem IR Sensor für die Fernbedienung an den LED Streifen.
Achte auf die korrekte Polung!
2. Schneide den LED Streifen in folgende Teilstreifen.
Beginne mit dem ersten Streifen, an welchem du das Anschlusskabel angesteckt hast.
 1. Ein Streifen von 2-4 cm (1-2 LEDs, plus Anschlusskabel mit dem IR Sensor)
 2. Zwei Streifen à 37cm
 3. Zwei Streifen à 70cm



Selbstverständlich darfst du die Streifen nur an den dafür vorgesehenen Schnittlinien trennen!

3. Verbinde alle fünf Streifen mit den vier LED Verbinder in folgender Reihenfolge:
2-4cm Streifen mit Anschlusskabel -> Verbinder -> 37cm Streifen -> Verbinder -> 70cm Streifen -> Verbinder -> 37cm Streifen -> Verbinder -> 70cm Streifen

Das 5V Netzteil des Paulmann Entertain LED-Kits benötigen wir nicht. Du darfst es für ein anderes spannendes Projekt verwenden.

6 Firmware installieren

6.1 USB Treiber CH340 installieren

Bevor du die Firmware auf dem Board installieren kannst, musst du sicherstellen, dass das Board über die serielle Schnittstelle via COM-Port erreichbar ist. Hierzu ist ein USB CH340 Treiber erforderlich. Falls du bereits einmal mit Controllern (z.B. Arduino) gearbeitet hast, wirst du ziemlich sicher diesen Treiber bereits installiert haben.

1. Das Board mit dem USB-Kabel mit dem PC verbinden.
2. Das Board über die PowerJack-Buchse mit dem Netzteil verbinden und Netzteil mit Strom versorgen.

Prüfe nun im Gerätetmanager von Windows, ob dem Board ein COM-Port zugewiesen wurde (in diesem Beispiel COM3):

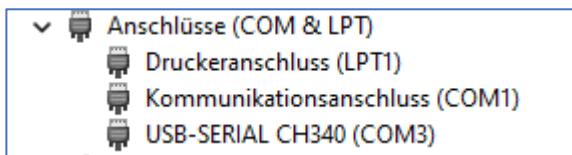


Abbildung 3: USB CH340 Port im Gerätetmanager

3. Wenn dem Board **kein** COM-Port zugewiesen wurde, musst du dich nun um die Installation des CH340 Treibers kümmern. Suche im Web nach Anleitungen, wie du den CH340-Treiber herunterladen und installieren kannst. Ich kann dir hierzu die Website von Sparkfun Electronics empfehlen (Englisch): <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-install-ch340-drivers/all>

6.2 FluidNC V3.7.8 installieren

Die Firmware «FluidNC» ist eine OpenSource-Firmware für CNC Systeme, welche für den ESP32 Controller optimiert wurde. FluidNC ist der Nachfolger des allseits bekannten GRBL_ESP32.



Schau dir zur Verdeutlichung das Video [Tutorial zur Installation von FluidNC](#) auf dem Kanal von BINGOBRICKS an.

Installiere die Version 3.7.8 wie folgt:

1. Die Firmware «FluidNC» in der Version 3.7.8 herunterladen:
<https://github.com/bdrlng/FluidNC/releases/download/v3.7.8/fluidnc-v3.7.8-win64.zip>
2. Heruntergeladene ZIP-Datei entpacken.
3. Lösche die werkseitig aufgespielte Firmware von Makerbase. Hierzu die folgende Datei ausführen, welche im entpackten ZIP-Archiv zu finden ist:

fluidnc-v3.7.8-win64\erase.bat

```
Erasing flash (this may take a while)...
Chip erase completed successfully in 1.4s
Hard resetting via RTS pin...
Drücken Sie eine beliebige Taste . . . |
```

Evtl. musst du diesen Schritt als Administrator ausführen.

Falls Windows die Ausführung der Dateien mit einer Warnmeldung «Der Computer wurde durch Windows geschützt» verhindert, dann auf «Weitere Informationen» klicken und anschliessend mit «Trotzdem ausführen» bestätigen.

4. Spiele danach die neue Firmware auf das Board. Hierzu die folgende Datei ausführen:
fluidnc-v3.7.8-win64\install-wifi.bat
5. Den COM-Port wählen, mit welchem das Board über USB verbunden ist (siehe Kapitel «6.1 - USB Treiber CH340 installieren»)
In diesem Beispiel «1» eingeben für «COM3»

```
Select a COM port
0: COM1 (\Device\Serial0)
1: COM3 (\Device\Serial2)
Choice:
```



```
FluidTerm v1.2.0 (5a7b637-dirty) using COM3
Exit: Ctrl-C, Ctrl-Q or Ctrl-[, Clear screen: CTRL-W
Upload: Ctrl-U, Reset ESP32: Ctrl-R, Send Override: Ctrl-O
```
6. Nun ist eine zusätzliche Datei für das Webinterface hochzuladen. Ctrl-U drücken und im darauf erscheinenden Dateiauswahl-Fenster die folgende Datei auswählen: fluidnc-v3.7.8-win64\wifi\index.html.gz

```
FluidNC filename [index.html.gz]: |
```

Die Auswahl ist mit ENTER zu bestätigen. Damit beginnt der Upload der Datei.

```
XModem Upload C:\Users\Admin\Downloads\fluidnc-v3.7.8-win64\fluidnc-v3.7.8-win64\wifi\index.html.gz index.html.gz
$Xmodem/Receive=index.html.gz
[MSG:INFO: Received 116654 bytes to file /spiffs/index.html.gz]
ok
```

7. Wir laden nun noch eine vorgefertigte YAML-Konfigurationsdatei für unseren Sandmaltisch hoch. Darin sind alle Voreinstellungen und Parameter enthalten, damit der Sandmaltisch ordentlich funktioniert. Du findest die Datei in der MAKE Projektablage der Anleitung. Ctrl-U drücken und die Datei config.yaml hochladen:

```
FluidNC filename [config.yaml]: |
```

Die Auswahl ist mit ENTER zu bestätigen. Damit beginnt der Upload der Datei.

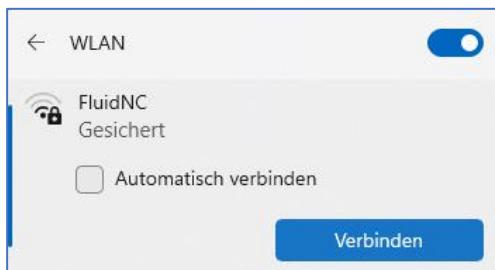
```
$xmodem/Receive=config.yaml
[MSG:INFO: Received 3360 bytes to file /spiffs/config.yaml]
ok
```

8. Damit ist FluidNC in der Version 3.7.8 auf dem Board installiert. Wir beenden den Dialog mit Ctrl-Q und drücken anschliessend eine beliebige Taste.

```
Exited by ^Q
Drücken Sie eine beliebige Taste . . . |
```

9. Das Board ist nun über Wifi erreichbar. Hierzu ist der Windows PC mit dem Wifi «FluidNC» zu verbinden.

Das Kennwort für die Verbindung lautet «12345678».



10. Anschliessend kann mit einem Webbrowser auf das Board über die Adresse <http://fluidnc.local> verbunden werden.

Die USB Verbindung benötigen wir vorerst nicht mehr. Deshalb kann das USB-Kabel jetzt getrennt werden.

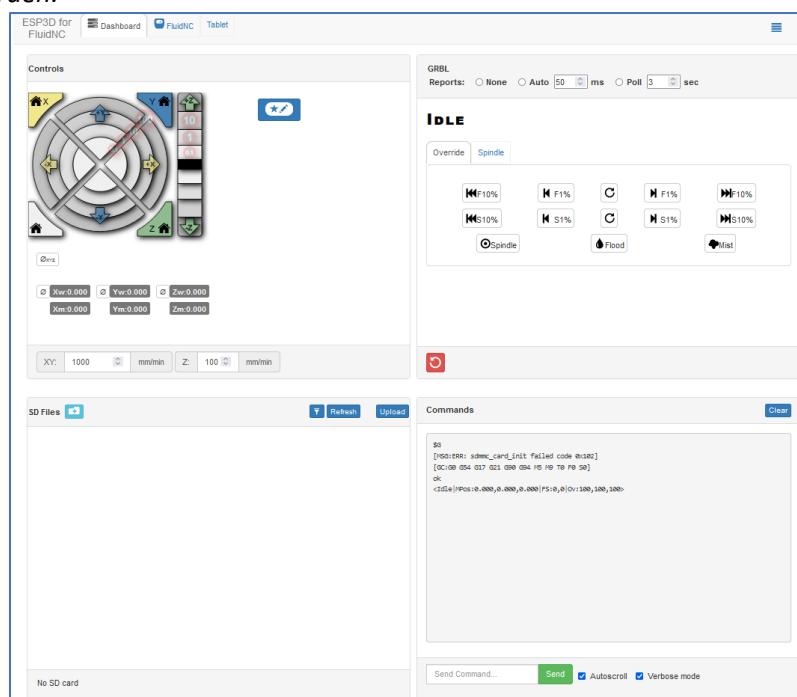


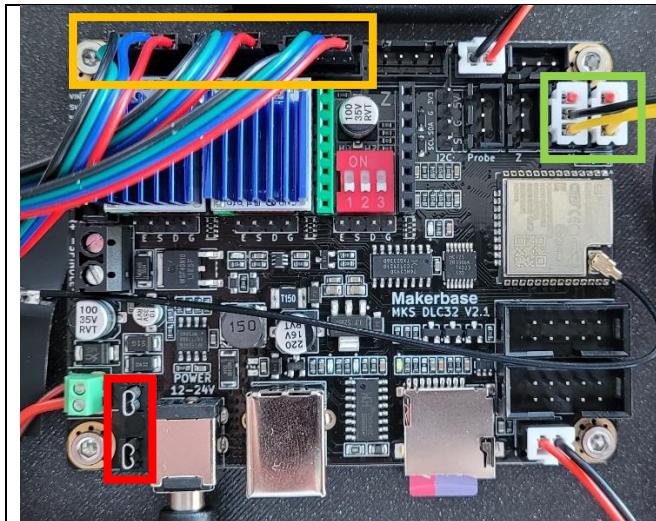
Abbildung 4: Weboberfläche von FluidNC

7 Test der Elektronik

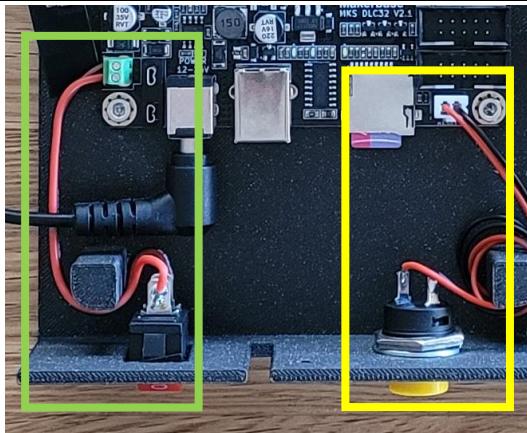
7.1 Anschliessen der elektronischen Bauteile



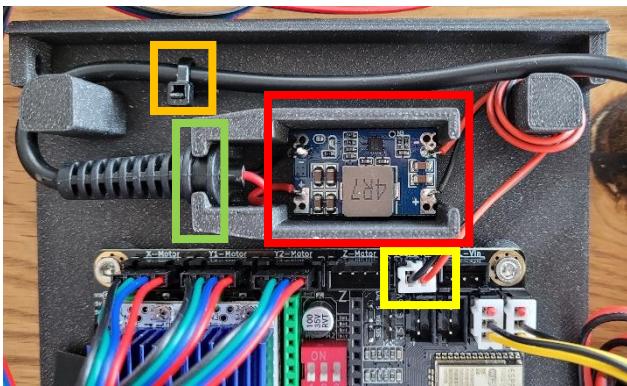
Bevor du weiterfährst: Unterbreche die Stromversorgung des Boards und entferne das USB-Kabel!



- Entferne die rote Sicherung auf dem Makerbase Board.
- Stecke die beiden Limit Switches in den Anschluss X und Y.
- Stecke die drei Motorkabel mit den Dupont-Steckern an die Anschlüsse X-Motor, Y1-Motor und Y2-Motor.
Achte auf die Polung: Die roten Adern müssen jeweils mit dem rechten Pin der Anschlüsse verbunden werden!
Verbinde die anderen Enden (JST XH-Stecker) der Kabel mit den Motoren.



- Stecke den Kipp-Schalter in die vorgesehene Öffnung und schraube die beiden Enden des Kabels im Schraubterminal fest.
- Schraube den Momentary-Push-Button in die vorgesehene Öffnung und stecke den JST XH-Stecker an den Anschluss RESET.



- Yellow arrow: Stecke das Kabel mit dem angelöteten StepDown-Converter an den Anschluss 12/24V
- Red arrow: Lege den StepDown-Converter in die Öffnung.
- Green arrow: Presse das dicke Kabelende des DC Power Jack Kabels in die dafür vorgesehene Nut.
- Yellow arrow: Führe das DC Power Jack Kabel um die Kabelumleitung und befestige das Kabel anschliessend mit einem Kabelbinder.
Es hat dort, wo das Kabel aufliegt, eine kleine Aussparung für die Durchführung des Kabelbinders.
- Schliesse anschliessend noch die LED Streifen am DC Power Jack Kabel an (siehe nächste Abbildung).

Tipp: Bringe für den nachfolgenden Test eine kleine Klammer oder etwas Klebeband an den Achsen der Motoren an, damit du beim Funktionstest die Drehrichtung der Motoren besser erkennen kannst.

Insgesamt sollte das Board mit allen eingesteckten Bauteilen nun wie folgt aussehen.

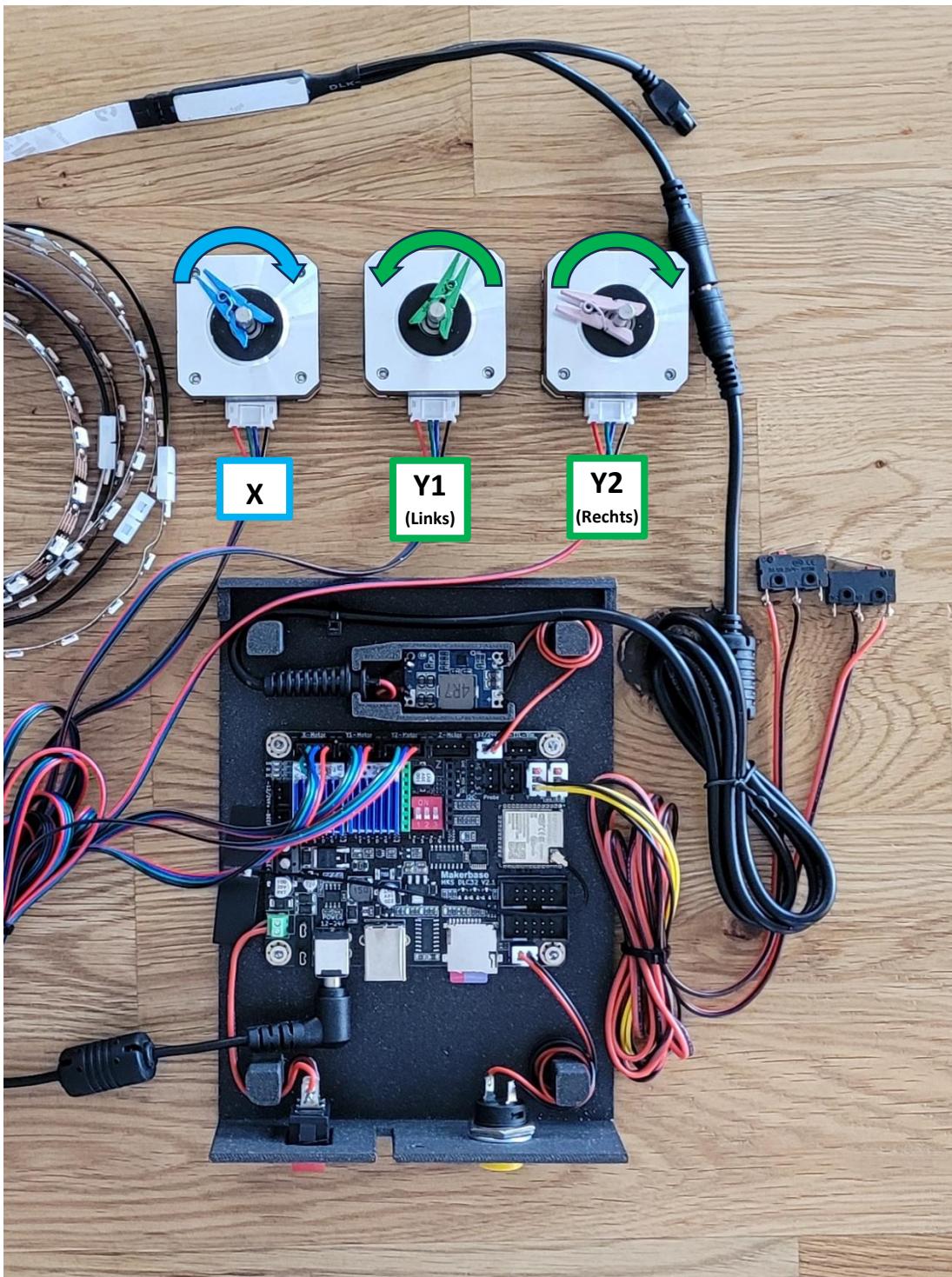


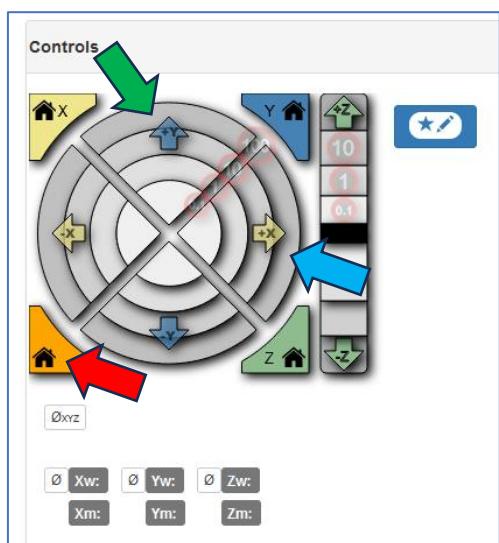
Abbildung 5:Übersicht elektronische Komponenten

1. Nun kannst du die Stromversorgung des Boards einschalten:
PowerJack-Kabel des Netzteils einstecken und On/Off-Schalter einschalten.
2. Anschliessend kannst du dich mit dem WiFi «FluidNC» verbinden und mit einem Webbrowser über die Adresse <http://fluidnc.local> auf das Board zugreifen (siehe Kapitel «6.2 - FluidNC V3.7.8 installieren»).

7.2 Test der Elektronik und der Firmware-Einstellungen.



Schau dir zur Verdeutlichung das Video [Tutorial zum Test der elektronischen Komponenten](#) auf dem Kanal von BINGOBRICKS an.



Test der Motordrehrichtung

- Klicke auf den rechten äussersten Ring. Der X-Motor sollte sich einige Sekunden lang im Uhrzeigersinn drehen (siehe Abbildung 5).
- Klicke auf den obersten äusseren Ring. Der Y1-Motor sollte sich einige Sekunden gegen den Uhrzeigersinn, der Y2-Motor jedoch im Uhrzeigersinn drehen (siehe Abbildung 5).

Falls die Drehrichtung der Motoren nicht stimmt, hast du ziemlich sicher das Motorenkabel verkehrt eingesteckt. Stelle zudem sicher, dass du jene config.yaml-Datei auf die Firmware geladen hast, die in der Projekt-Dateiablage zur Verfügung steht.

Test der Limit Schalter

- Klicke auf das Home-Symbol. Alle drei Motoren sollten sich drehen. Drücke anschliessend kurz beide Limit-Schalter gleichzeitig. Alle Motoren sollten nun stoppen.

Die Motoren vollführen nach dem Betätigen der Limit-Schalter einen Stop und gleich anschliessend zwei langsamere Richtungswechsel. FluidNC wird danach einen Alarm Nr. 9 ausgeben und nicht mehr auf Eingaben reagieren. Macht nichts!

Test der LED-Streifen

Drücke den On-Schalter auf der Fernbedienung der LED Streifen: Der gesamte 2 Meter lange LED Streifen sollte leuchten.

Test des Reset-Buttons

Drücke den Reset-Schalter (Momentary Push-Button). Das Board sollte einen Reset ausführen. Das erkennst du daran, dass die kleine rote LED ungefähr in der Mitte des Boards kurz erlischt und gleich darauf wieder leuchtet.

Test des On/Off-Kippschalters

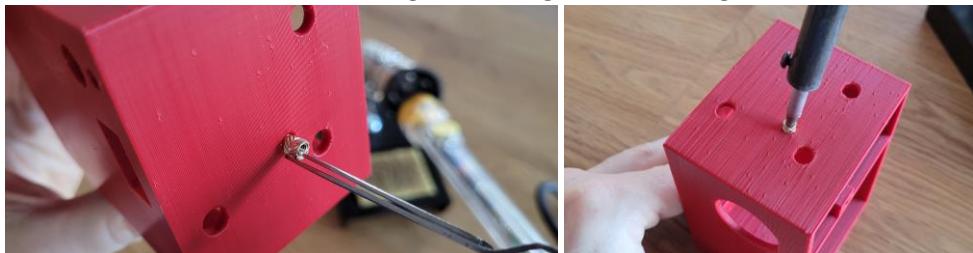
Wenn du den Kippschalter auf Off stellst, sollte die Stromversorgung des Boards getrennt werden und alle LED-Lichter auf dem Board sowie jene der LED-Streifen erloschen.

8 Bauteile vorbereiten

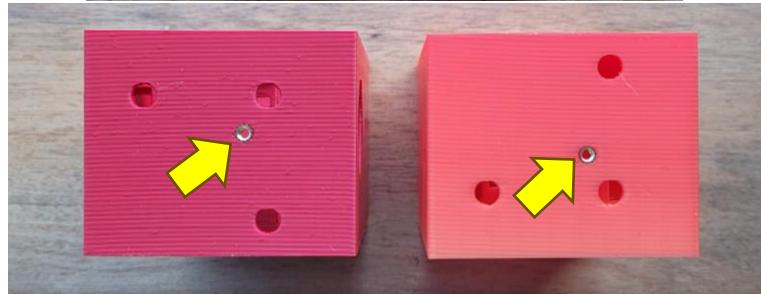
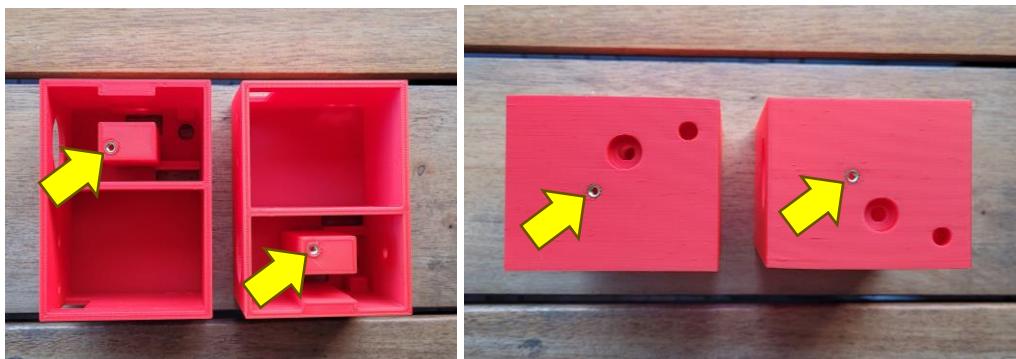
8.1 Gewindeeinsätze einschmelzen

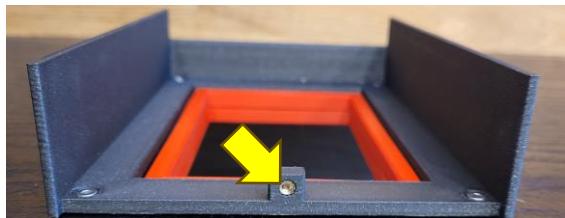
Anzahl	Bauteil
31	Gewindeeinsätze, M3xL5xOD4.5

Die Gewindeeinsätze lassen sich am besten mit dem Lötkolben in die 3D gedruckten Bauteile einschmelzen. Lege hierzu zuerst den Gewindeeinsatz auf die Öffnung. Anschliessend drückst du den Einsatz mit dem heissen Lötkolben vorsichtig vollständig in die Öffnung hinein.

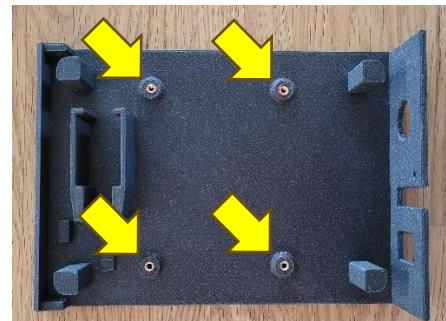


Setze insgesamt 31 Gewindeeinsätze in die folgenden 3D Druckbauteile:





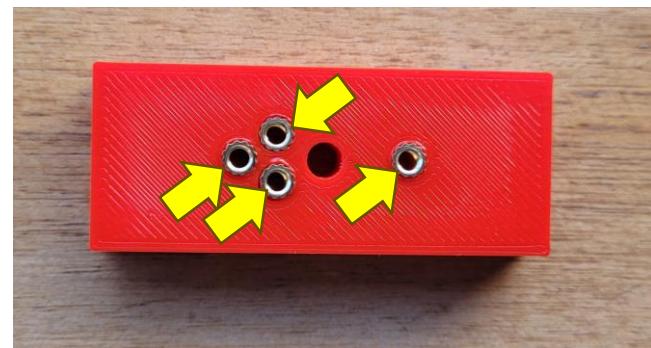
Controller Box-Rahmen.stl



Controller Box-Boden.stl



Y-Schlitten 1-Links.stl
Y-Schlitten 2-Rechts.stl



X-Schlitten-Klemme.stl

8.2 Weitere Vorbereitungen

Bevor du beginnst, solltest du die Kabel für die Motoren, die Kabel für die Limit Schalter und die LED Streifen vom Makerbase Controller-Board trennen.



Anzahl	Bauteil
1	Eckteil 1-UntenLinks.stl
1	GT 2 Idler (aus dem GT2 Kit)
1	Metallschrauben, M5x25, Ultraflachkopf
1	Metallschrauben, M3x10
2	Metallschrauben, M2.5x10
1	Limit Switch, ZW12-B

- Den GT2 Idler mit der M5-Schraube in das Bauteil schrauben.
- Die M3x10-Schraube in das Bauteil schrauben.
Diese dient später als Anschlag der linken Y-Linearstange.
- Den in Kapitel «5.1 - Bauteile löten» vorbereiteten Limit Switch mit den zwei M2.5-Schrauben in die dafür vorgesehene Öffnung schrauben, so dass der Hebel des Schalters nach aussen ragt.



Teste den Limit Switch: Wenn du den herausragenden Hebel des Schalters auf eine ebene Fläche stellst, sollte der Schalter auslösen. Geschieht dies nicht, biege den Hebel **ganz wenig** nach aussen.

- Das Kabel des Limit Switch durch die Öffnungen in den Verstrebungen nach aussen führen.



Eckteil 1-UntenLinks.stl

Anzahl	Bauteil
1	Eckteil 2-UntenRechts.stl
1	GT 2 Idler (aus dem GT2 Kit)
1	Metallschrauben, M5x25, Ultraflachkopf
1	Metallschrauben, M3x10

- Den GT2 Idler mit der M5-Schraube in das Bauteil schrauben.
- Die M3x10-Schraube in das Bauteil schrauben.
Diese dient später als Anschlag der rechten Y-Linearstange.



Eckteil 2-UntenRechts.stl



Anzahl	Bauteil
1	Eckteil 3-ObenLinks.stl
1	GT 2 Pulley
1	Stepper Motor NEMA17, Pancake 17HS4023
3	Metallschrauben, M3x6

- Den GT2 Pulley auf den NEMA17 Stepper Motor setzen, so dass der untere Rand des Pulleys 10mm vom Motor entfernt ist.
- Den Pulley mit den beiden im Pulley sitzenden Madenschrauben festschrauben.
- Den NEMA17 Stepper Motor in das Eckteil setzen und so ausrichten, dass der Anschluss für die Kabel nach aussen zeigt. Den Motor mit drei M3x6-Schrauben festschrauben.
- Das Motorkabel am Motor anschliessen und das Kabel durch die seitliche Öffnung nach aussen führen.



Eckteil 3-ObenLinks.stl

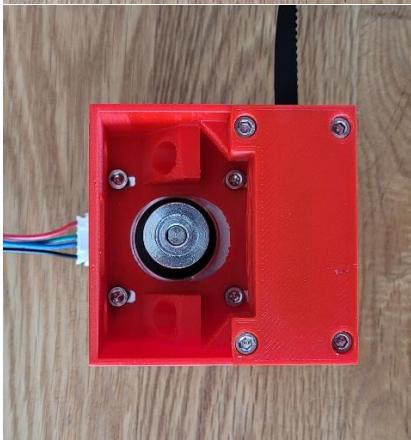


Anzahl	Bauteil
1	Eckteil 4-ObenRechts.stl
1	GT 2 Pulley
1	Stepper Motor NEMA17, Pancake 17HS4023
3	Metallschrauben, M3x6

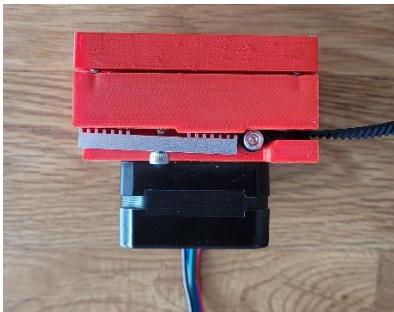
- Den GT2 Pulley auf den NEMA17 Stepper Motor setzen, so dass der untere Rand des Pulleys 10mm vom Motor entfernt ist.
- Den Pulley mit den beiden im Pulley sitzenden Madenschrauben festschrauben.
- Den NEMA17 Stepper Motor in das Eckteil setzen und so ausrichten, dass der Anschluss für die Kabel nach aussen zeigt. Den Motor mit drei M3x6-Schrauben festschrauben.
- Das Motorkabel am Motor anschliessen und das Kabel durch die seitliche Öffnung nach aussen führen.



Eckteil 4-ObenRechts.stl

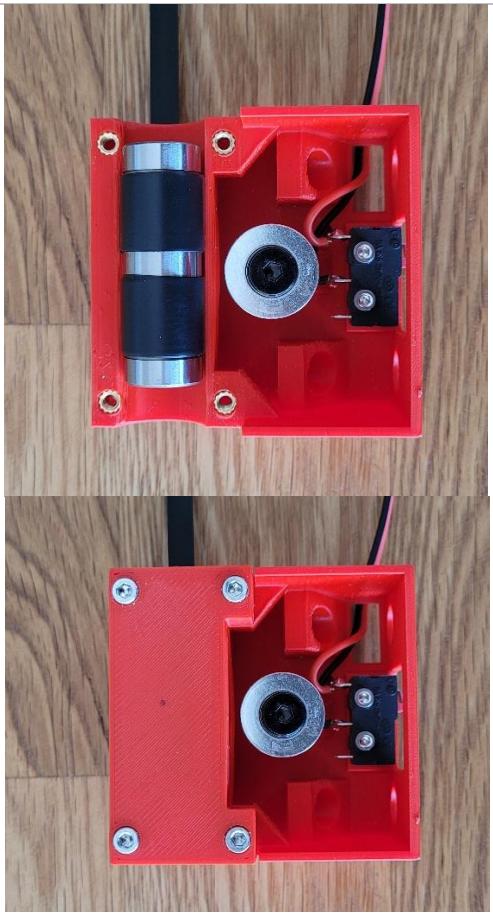


Y-Schlitten 2-Rechts.stl;
Y-Schlitten-Klemme.stl

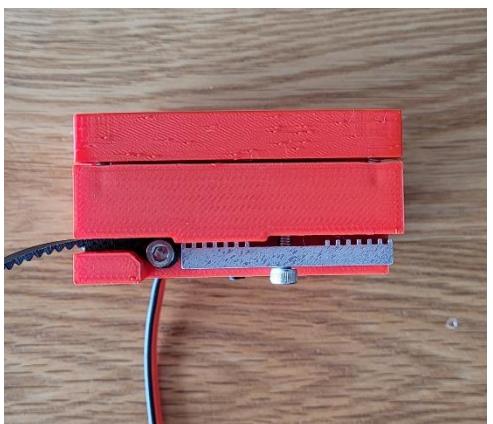


Anzahl	Bauteil
1	Y-Schlitten 2-Rechts.stl
1	GT 2 Pulley
1	Stepper Motor NEMA17, Pancake 17HS4023
4	Metallschrauben, M3x6
1	Y-Schlitten-Klemme.stl
1	Linearlager 8mm, LM8LUU
	Isolierband
4	Metallschrauben, M3x10
1	GT2 Aluminium Klemmen
1	GT2 Zahnriemen, 190cm
2	Metallschrauben, M3x10

- Den GT2 Pulley auf den NEMA17 Stepper Motor setzen, so dass der untere Rand des Pulleys 7mm vom Motor entfernt ist.
- Den Pulley mit den beiden im Pulley sitzenden Madenschrauben festschrauben.
- Den NEMA17 Stepper Motor in das Bauteil setzen und so ausrichten, dass der Anschluss für das Kabel wie abgebildet zeigt. Den Motor mit vier M3x6-Schrauben festschrauben.
- Das Motorkabel am Motor anschliessen.
- Das LM8LUU Linearlager 2x mit je 4 Umlwicklungen Isolierband versehen (Gesamtdurchmesser Linearlager und Isolierband = 16mm) und in die Fassung des Eckteils legen.
- Die Klemme Y-Schlitten-Klemme.stl auf das Linearlager setzen und mit vier M3x10-Schrauben anschrauben.
- Ein 190cm langes Stück GT2 Zahnriemen vorbereiten.
- Das eine Ende des Zahnriemens um die M3x10 Schraube wickeln (Zähne des Zahnriemens innenliegend).
- Die M3x10 Schraube in den Y-Schlitten schrauben und den Zahnriemen durch die Kerbe nach aussen führen. Das Ende des Zahnriemens darf nicht über das Teil hinausragen.
- Die GT2-Aluminium Klemme mit einer M3x10 Schraube lose anschrauben.



Y-Schlitten 1-Links.stl;
Y-Schlitten-Klemme.stl



Anzahl	Bauteil
1	Y-Schlitten 1-Links.stl
1	GT 2 Idler
1	Metallschrauben, M5x25, Ultraflachkopf
1	Unterlegscheibe 5x15mm
2	Metallschrauben, M2.5x10
1	Limit Switch, ZW12-B
1	Y-Schlitten-Klemme.stl
1	Linearlager 8mm, LM8LUU
	Isolierband
4	Metallschrauben, M3x10
1	GT2 Aluminium Klemme
2	Metallschrauben, M3x10
1	GT2 Zahnriemen, 190cm

- Den GT2 Idler mit der M5-Schraube und einer Unterlegscheibe in den Y-Schlitten schrauben.
- Den in Kapitel «5.1 - Bauteile löten» vorbereiteten Limit Switch mit den zwei M2.5-Schrauben in die dafür vorgesehene Öffnung schrauben, so dass der Hebel des Schalters nach aussen ragt.
- Das Kabel des Limit Switch durch die Öffnung nach aussen führen.
- Das LM8LUU Linearlager 2x mit je 4 Uwicklungen Isolierband versehen (Gesamtdurchmesser Linearlager und Isolierband = 16mm) und in die Fassung des Eckteils legen.
- Die Klemme Y-Schlitten-Klemme.stl auf das Linearlager setzen und mit vier M3x10-Schrauben anschrauben.
- Ein 190cm langes Stück GT2 Zahnriemen vorbereiten.
- Das eine Ende des Zahnriemens um die M3x10 Schraube wickeln (Zähne des Zahnriemens innenliegend).
- Die M3x10 Schraube in den Y-Schlitten schrauben und den Zahnriemen durch die Kerbe nach aussen führen. Das Ende des Zahnriemens darf nicht über das Teil hinausragen.
- Die GT2-Aluminium Klemme mit einer M3x10 Schraube lose anschrauben.



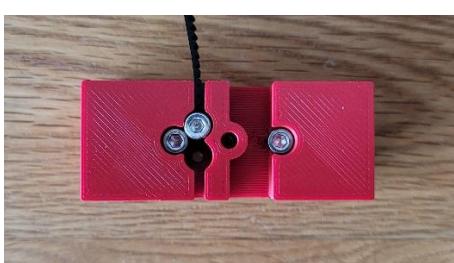
Anzahl	Bauteil
1	X-Schlitten-Klemme.stl
1	X-Schlitten.stl
2	Linearlager 8mm, LM8LUU
2	Metallschrauben, M3x20
	Isolierband
1	GT2 Zahnriemen, 120cm
1	Metallschraube, M3x20

- Die beiden LM8UU Linearlager je 1x mit Isolierband umwickeln.
- Die Lager in die Fassung der X-Schlitten-Klemme legen.
- Den X-Schlitten auf die Klemme setzen und mit zwei M3x20-Schrauben leicht anschrauben.



Achtung:

Schraube die Klemme nur so fest, dass die Lager zwar gut sitzen, sich aber die Teile keinesfalls durchbiegen!



X-Schlitten-Klemme.stl;
X-Schlitten.stl

- An einem Ende des Zahnriemens eine kleine Schleife mit den Zähnen nach innen bilden. Eine M3x20 Schraube durch die Schleife führen und den Zahnriemen festschrauben, währenddem der Zahnriemen durch die Kerbe nach aussen geführt wird. Die Schraube bündig bis zur Bauteilloberfläche einschrauben. Sie darf nicht hervorstehen.
- Überschüssiges kleines Ende des Zahnriemens mit dem Seitenschneider abkneifen.



Verstrebung.stl

Anzahl	Bauteil
4	Verstrebung.stl
8	Metallschrauben, M5x25, Aussensechskant

- Je zwei M5-Schrauben in die vier Verstrebungen setzen.

Tipp:

Mit einer M5 Mutter auf der Gegenseite können die Schrauben gut in die Löcher hineingezogen/hineingeschraubt werden.

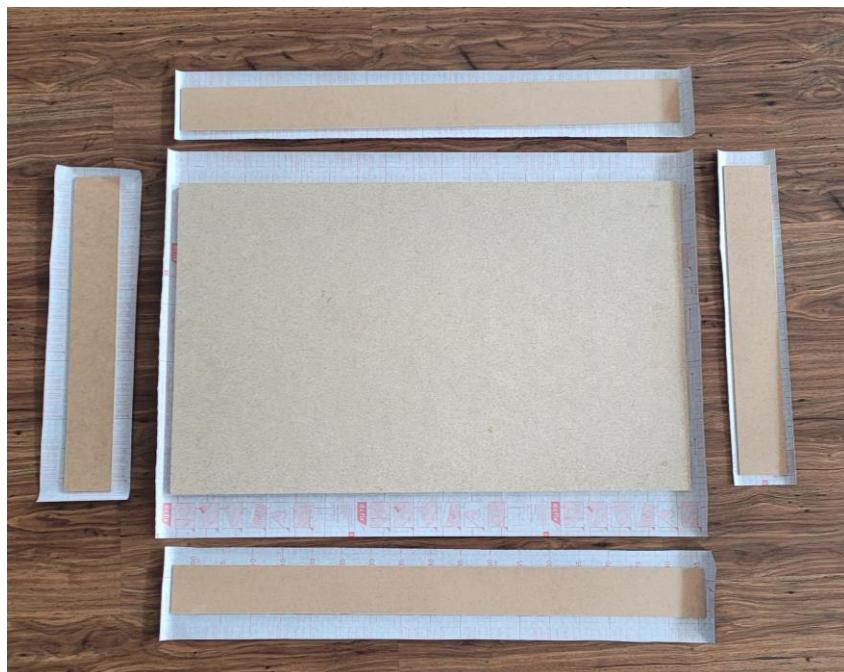
9 Holz- und Metallverarbeitung

9.1 Folien anbringen

Anzahl	Bauteil
1	Spanplatte, 884x544x12mm, roh
2	Holzplatten, MDF, 80x550x3mm, roh
2	Holzplatten, MDF, 80x893x3mm, roh
1	Klebefolie d-c-fix, Blackwood, 67.5x200 cm

1. Schneide die d-c-fix Klebefolie in folgende Stücke:

- Für die Spanplatte: 1 Stück à 100cm x 67.5cm
- Für die langen MDF Holzplatten: 2 Stücke à 100cm x 12cm
- Für die kurzen MDF Holzplatten: 2 Stücke à 60cm x 12cm



2. Beziehe die Spanplatte und alle MDF Platten mit der Klebefolie einseitig: Ecken ausschneiden. Die überlappendenden Stücke über die Kanten umlegen. Mit einem Spachtel oder einem Tuch die Folie ausstreichen.



9.2 Zwischenplatte vorbereiten

Anzahl	Bauteil
1	Spanplatte, 884x544x12mm, roh
2	Kabelkanal.stl
1	Controller Box-Rahmen.stl
4	Holzschrauben, 3x12, Senkkopf

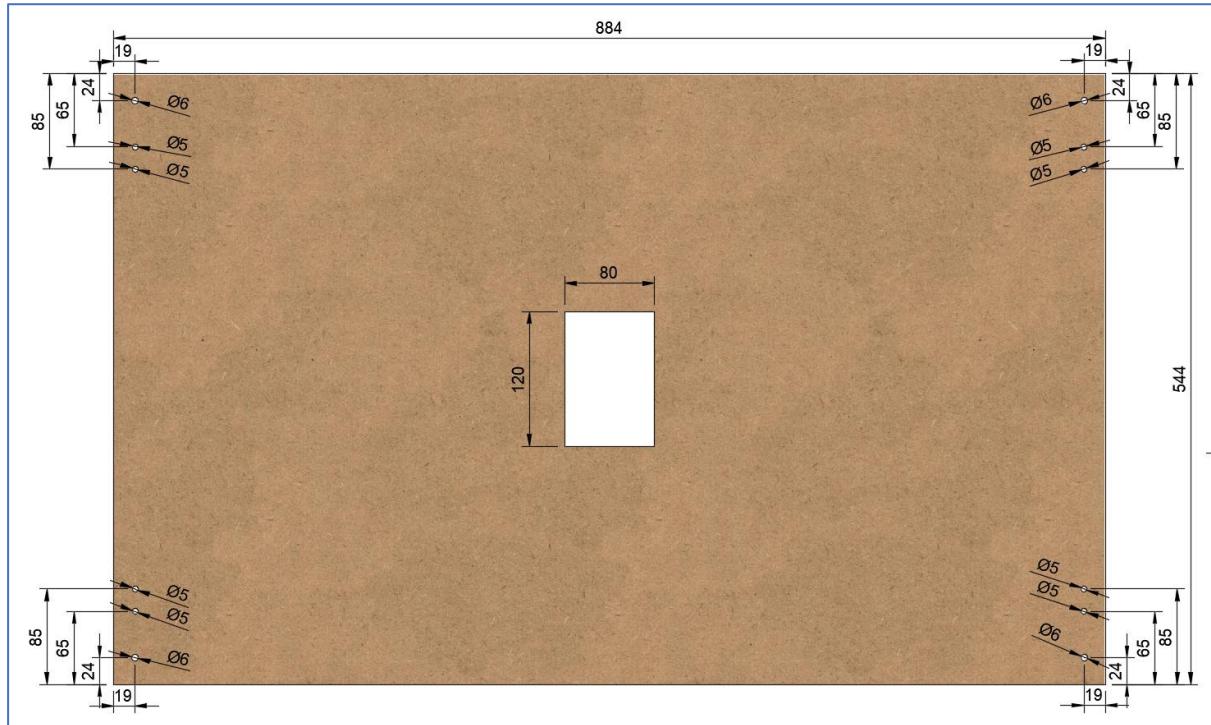


Abbildung 6: Positionen der Löcher und des Kabelkanals in der Zwischenplatte.

- Bohre vier Löcher mit Durchmesser 6mm und acht Löcher mit Durchmesser 5mm an den abgebildeten Positionen in die Platte.



Um dir das Bohren der Löcher an den korrekten Positionen zu erleichtern, kannst du das 3D gedruckte Werkzeug Bohrschablone Zwischenplatte.stl verwenden. Richte die Schablone exakt an den Kanten der Spanplatte aus, dann kannst du direkt durch die Aussparungen der Bohrschablone bohren und hast damit die Löcher automatisch an der richtigen Stelle.

2. Ungefähr in der Mitte der Platte sägst du mit der Stichsäge einen Vollausschnitt mit den Abmessungen 80x120mm aus. Beachte die Ausrichtung des Ausschnitts gemäss Abbildung 6.
3. Setze die beiden 3D gedruckten Bauteile Kabelkanal.stl in die Aussparung der Zwischenplatte. Eines auf der rohen Seite, das andere auf der Folienseite. Falls die Teile nicht von selbst halten, klebe die Teile ein.



4. Setze das 3D gedruckte Bauteil Controller Box-Rahmen.stl um den eingeklebten Kabelkanal **auf der Folienseite** der Platte. Schraube es fest (Holzschrauben, 3x12mm, Senkkopf).



9.3 Abdeckung vorbereiten

Anzahl	Bauteil
2	Holzplatten, MDF, 80x550x3mm
2	Holzplatten, MDF, 80x893x3mm

1. Erstelle je zwei Bohrungen mit Durchmesser 5mm pro MDF-Holzplatte. Platziere die Bohrungen gemäss nachfolgenden Abbildungen.



**Beachte die unterschiedlichen seitlichen Abstände:
30mm bei den kürzeren und 25mm bei den längeren Platten!**

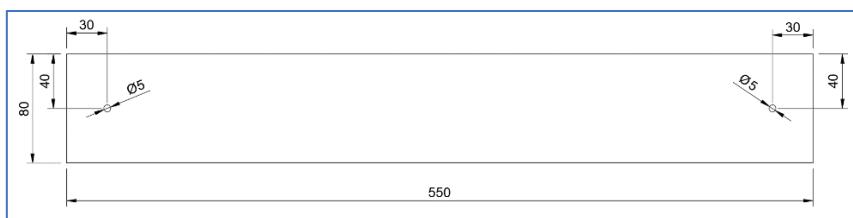


Abbildung 7: Grösse und Positionen der Bohrungen in den beiden kleineren MDF-Platten

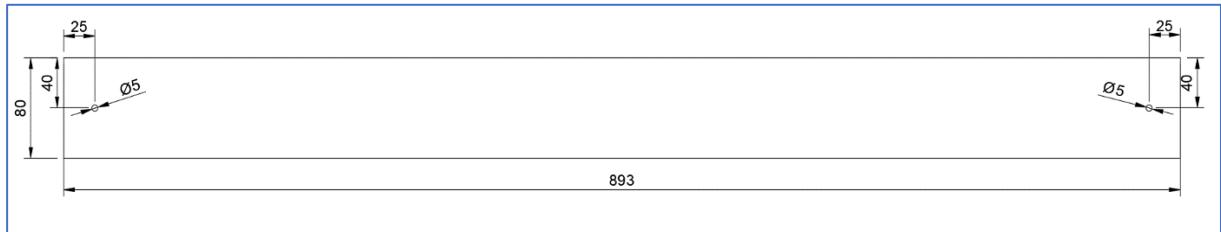


Abbildung 8: Grösse und Positionen der Bohrungen in den beiden grösseren MDF-Platten



Abbildung 9: Bohrlöcher anbringen mit der Bohrschablone

Um dir das Bohren der Löcher an den korrekten Positionen zu erleichtern, kannst du das 3D gedruckte Werkzeug Bohrschablone Abdeckung.stl verwenden. Richte die Schablone exakt an den Kanten der MDF Platten aus, dann kannst du direkt durch die Aussparungen der Bohrschablone bohren und hast damit die Löcher automatisch an der richtigen Stelle.

9.4 Tischplatte bearbeiten



Schau dir zur Verdeutlichung das Video [Tutorial zur Erstellung eines Vollausschnitts](#) auf dem Kanal von BINGOBRICKS an.

2. Packe die grosse Tischplatte des IKEA Lack Couchtisch aus und lege die anderen Teile vorerst beiseite.

Anzahl	Bauteil
1	IKEA Lack, Couchtisch, 90x55, schwarzbraun

3. Säge mit der Stichsäge einen Vollausschnitt mit den Abmessungen 770mm x 420mm in die obere Wand der Tischplatte.

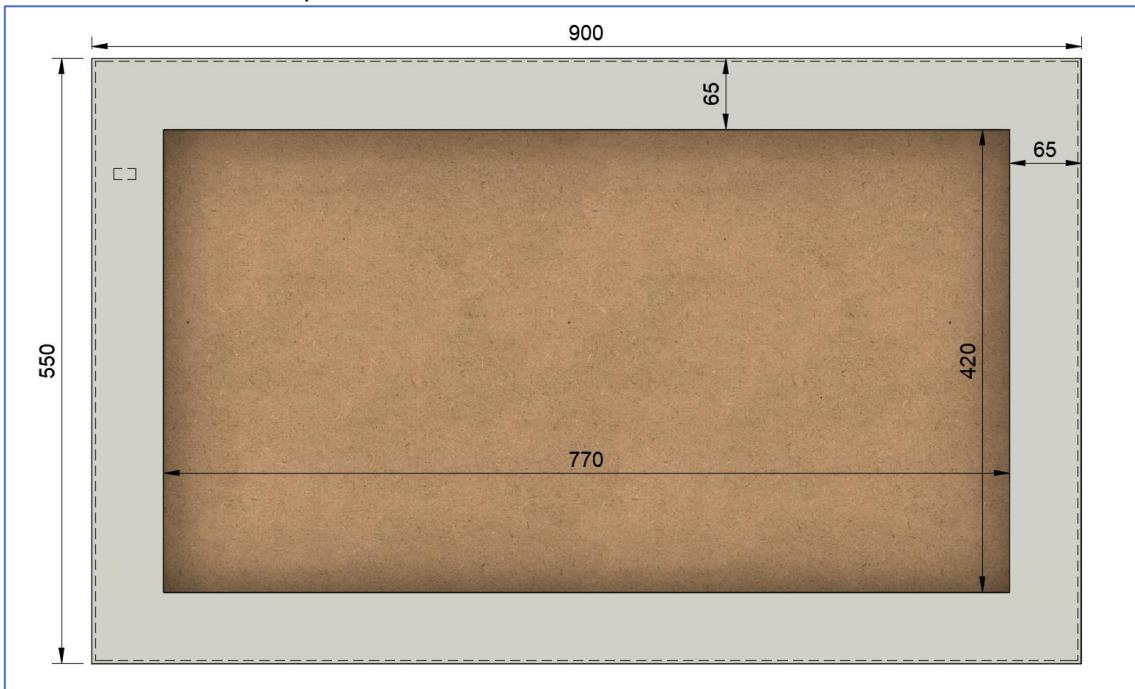
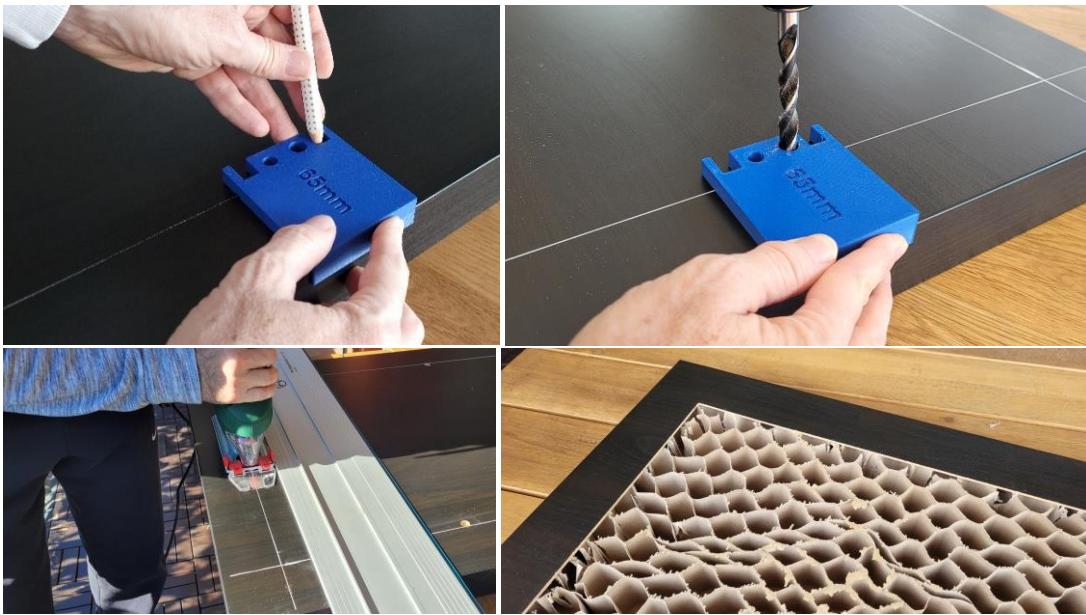


Abbildung 10: Vollausschnitt in Deckenwand der Tischplatte (Ansicht: oben)

Der Ausschnitt muss millimetergenau der angegebenen Grösse entsprechen, absolut rechtwinklig sein und genau in der Mitte der Tischplatte liegen. Siehe hierzu auch die Ausführungen in Kapitel «10.2 - Intermezzo: Bestellung der Glasplatte».



Um die Kennzeichnung der Schnittlinie zu erleichtern und die Löcher für die Einführung der Stichsäge passend anzubringen, kannst du das 3D gedruckte Werkzeug BohrschabloneLinealVollausschnitt.stl verwenden.

4. Entferne das in der Tischplatte zum Vorschein kommende Wabenmuster aus Pappe.



Abbildung 11: Beschädigte Schnittkante und Reparatur mit d-c-fix Klebefolie

Falls der IKEA Tisch beim Aussägen des Vollausschnitts beschädigt wurde, kannst du den Tisch zu einem geeigneten Zeitpunkt mit dem Restmaterial der d-c-fix Klebefolie aus Kapitel «9.1 - Folien anbringen» retten. Klebe hierzu die gesamte Schnittfläche des Vollausschnitts mit der Klebefolie ab, so dass es einen schönen 5mm breiten Rahmen rund um den Ausschnitt gibt.

5. Schleife den Boden des Tisches ein wenig mit grobem Schleifpapier, so dass keine Pappreste mehr am Boden kleben und der Boden möglichst frei von Unebenheiten ist. Ein paar flache Leimrückstände dürfen bestehen bleiben, sie werden nicht stören.
6. Drehe die Tischplatte um, so dass die Bodenwand der Tischplatte nach oben zeigt. Säge oder Bohre ein Loch mit den ungefähren Abmessungen 20x10mm an der in der Abbildung angegebenen Position in die Bodenwand der Tischplatte.

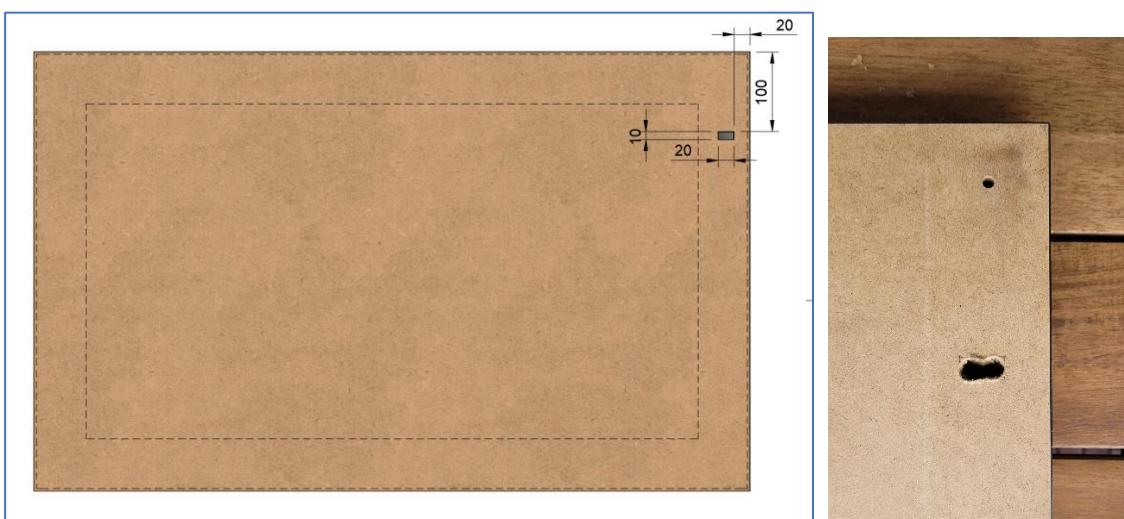


Abbildung 12: Kabeldurchführung für LED-Kabel

Durch diese Aussparung wird später das LED-Kabel durchgeführt. Die Grösse und Form der Aussparung ist nicht so entscheidend, solange der Stecker des LED-Strips hindurch passt. Wichtig ist allerdings die Position des Lochs, da das LED-Kabel später ausschliesslich durch diese Lücke von 10mm an allen anderen Teilen vorbei in den technischen Unterbau geführt werden kann.

7. Lege die Kanthölzer (Rechteckleisten) und Klebstoff bereit.

Anzahl	Bauteil
2	Kanthölzer, Fichte, 44x44x670mm
2	Kanthölzer, Fichte, 44x44x330mm

8. Klebe die vier Kanthölzer gemäss nachfolgender Abbildung in die Tischplatte an die jeweiligen innenliegenden Aussenwände.

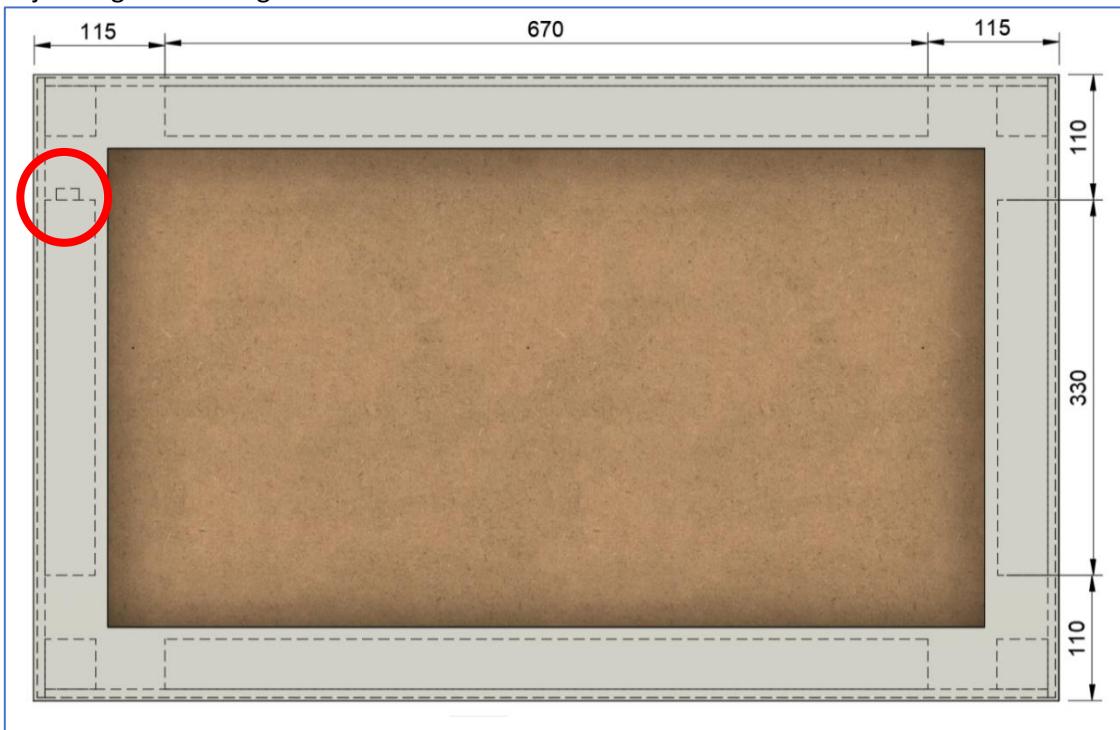


Abbildung 13: Position der Rechteckleisten.

Der Kabelkanal, hier markiert durch den roten Kreis, muss frei bleiben!

Die Kanthölzer sollten ungefähr in der Mitte der jeweiligen Tischseiten angeklebt werden. Ein paar Millimeter mehr links oder rechts sind tolerierbar. Achte aber unbedingt darauf, dass das Kantholz nicht die Aussparung für das LED-Kabel abdeckt! (siehe Kreise in Abbildungen)



Abbildung 14: Aussparung für LED Kabel

9. Lege die beiden Moosgummimatten bereit.

Anzahl	Bauteil
2	Moosgummimatten, 25x100cm, 1mm Stärke, weiss oder schwarz
	Starkes dünnes Klebeband, z.B. Gaffer-Tape
	Holzleim

- Schneide aus den beiden Moosgummimatten je ein Stück mit den Abmessungen 795x220mm.
Klebe die Matten mit starkem Klebeband (z.B. Gaffer-Tape) zusammen, so dass dies eine Matte mit den Abmessungen 795 x 440mm ergibt.
Klebe die Matte in die innenliegende Bodenwand und achte darauf, dass alles schön plan liegt. *Die Matte dient dazu, kratzende Geräusche des Sandes zu dämmen.*

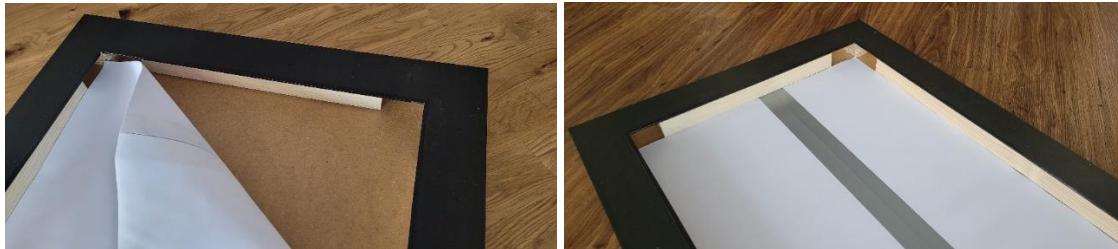


Abbildung 15: Boden zur Geräuschdämmung mit Moosgummimatte belegen

9.5 Tischbeine vorbereiten

Anzahl	Bauteil
	Tischbeine, Metallverstrebungen und Schrauben aus dem IKEA LACK-Set
4	Tischbeinabdeckung.stl

- Kürze mit der Säge die vier Tischbeine des LACK Tisches auf 310mm.

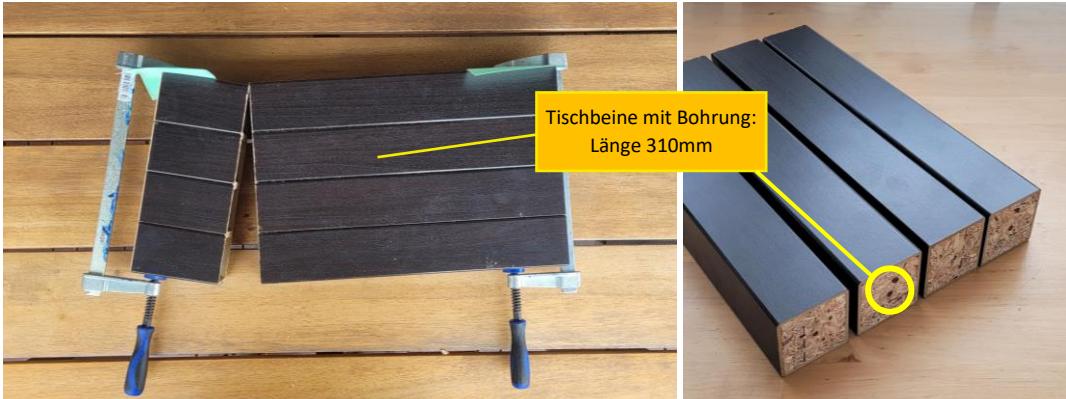


Abbildung 16: Tischbeine kürzen



*Die eine Seite jedes Tischbeins hat eine Bohrung, die andere Seite hat keine Bohrung. Du musst unbedingt das Tischbein so kürzen, dass **das Teil mit Bohrung** eine Länge von 310mm aufweist.*

- Schraube die vier original IKEA Metallverstrebungen mit Hilfe der IKEA-Schablone in die Tischbeine.
Nutze hierzu die original Schrauben aus dem LACK Paket.



Abbildung 17: IKEA Metallverstrebungen anschrauben

- Klebe je ein 3D gedrucktes Bauteil Tischbeinabdeckung.stl in die offenen Enden der Tischbeine.



Abbildung 18: Tischbeinöffnung mit gedrucktem Bauteil bedecken.

Wenn die Tischbeine unterschiedlich lang sind, wird der Tisch später wackeln. In diesem Fall kannst du die Datei Tischbeinabdeckung.step mit einem 3D CAD Programm etwas anpassen und die unterschiedlichen Längen der Tischbeine damit wieder angleichen.

9.6 LED Profileisten kürzen

Anzahl	Bauteil
1	LED Profil LP7, 2 Meter

- Säge das LED Profil mit der Metallsäge in vier Teile: 2x 670mm und 2x 330mm.
- Entgrate die entstandenen Kanten an den Schnittflächen mit einer Metallfeile.

10 Montage

10.1 Montage der LED-Profile

Anzahl	Bauteil
12	LED Profil-HalterStandard.stl
2	LED Profil-HalterEckeKurz1.stl
2	LED Profil-HalterEckeKurz2.stl
2	LED Profil-HalterEckeLang1.stl
2	LED Profil-HalterEckeLang2.stl
20	Holzschrauben, 3x12, Senkkopf

1. Schraube mit den 3x12 Holzschauben alle LED Profil-Halter an die in den Tischrahmen eingeklebten Kanthölzer. Alle Standardteile kommen an die Seiten, alle Eckteile in die Ecken des Tischrahmens. Die langen Eckteile kommen an die lange Seite, die kurzen Eckteile an die kurze Seite des Tisches.

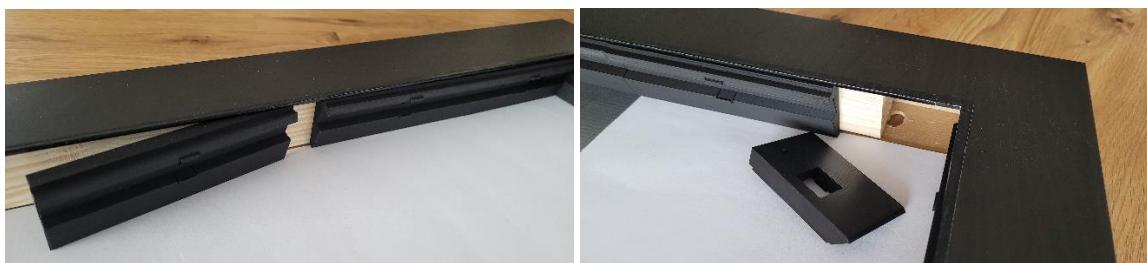


Abbildung 19: LED-Profilleisten anschrauben.

Lege zuerst alle Teile an die entsprechenden Stellen, bevor du diese anschraubst. Achte insbesondere darauf, dass sich die beiden Eckteile einer Ecke nicht in die Quere kommen. Achte auch darauf, dass kein Versatz beim anschrauben der Teile entsteht, denn die Nut muss schön durchgängig auf selber Höhe für die Aufnahme der LED Profile sein. Nimm eine Profilblende (LED ProfilBlende-EckeLang1.stl) zu Hilfe, um die Teile aufeinander auszurichten. Das Teil, das an die Stelle der Kabeldurchführung kommt, solltest du noch nicht anschrauben. Das erleichtert es dir, später das Kabel durch die Kabeldurchführung zu ziehen.

2. Klebe die vier LED Streifen in die vier LED Profile der passenden Länge. Die LED Streifen sollten die LED Profile etwas überragen, damit die LED Verbinder angeschlossen werden können. Schiebe die Diffusoren über die Profile.
3. Setze die vier LED Profile in die LED Profil-Halterungen ein. Achte darauf, dass du sie jeweils mittig einsetzt. Verstaue überschüssiges Kabel der LED Verbinder in den Löchern der LED Profil Halter.



Sind die langen LED Profile einmal vollständig in den Halterungen, lassen sie sich nur noch sehr schwierig verschieben oder entfernen. Achte also bereits beim Einsetzen darauf, dass du sie mittig in die Halterungen drückst, damit später die Profil Blenden links und rechts von den Halterungen einpassen.

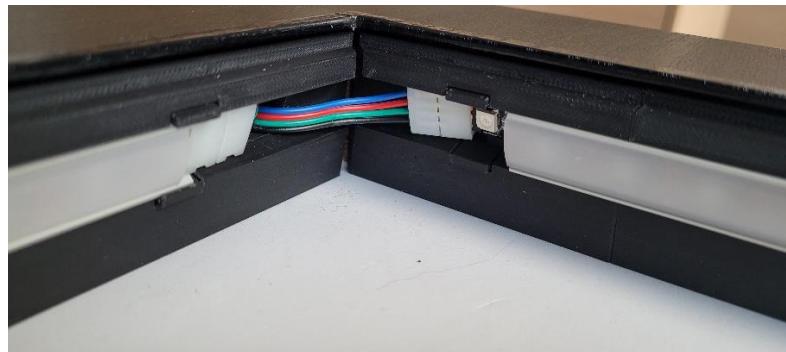


Abbildung 20: Eingesetzte LED Profile mit LED Verbindern

Führe das LED Kabel durch die noch nicht befestigte Profil Halterung in der Ecke sowie durch das Bohrloch für die Kabeldurchführung im Tisch. Nun kannst du auch diese letzte Profil-Halterung festschrauben.

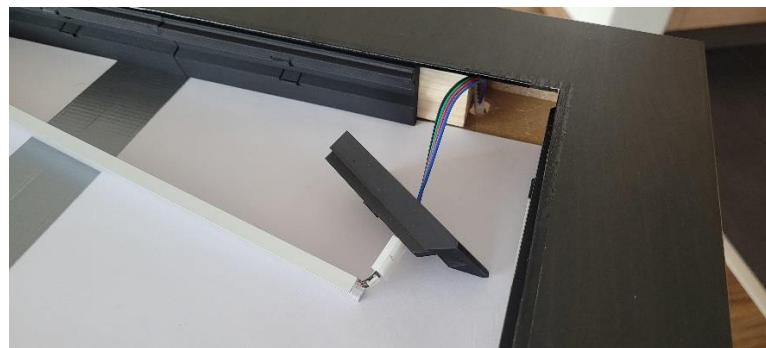


Abbildung 21: Durchführung des LED Kabels durch die untere Tischwand

- Setze die LED Profil-Blenden in den Eckbereichen ein, damit diese die Verbindungskabel abdecken.

Anzahl	Bauteil
2	LED ProfilBlende-EckeKurz1.stl
2	LED ProfilBlende-EckeKurz2.stl
2	LED ProfilBlende-EckeLang1.stl
2	LED ProfilBlende-EckeLang2.stl

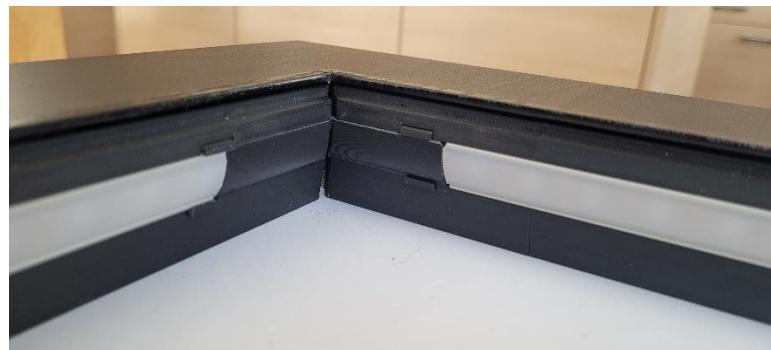


Abbildung 22: Eingesetzte LED Profilblenden

Die Blenden lassen sich einfach einklemmen und brauchen nicht weiter befestigt zu werden. Orientiere dich erneut an den Längen der Profilblenden: Die längeren passen zur langen Seite, die kürzeren zur kurzen Seite des Tisches. Verstaue überschüssiges Kabel im Tischrahmen, indem du die Kabel durch die Aussparungen der LED Profil Halterungen drückst.

10.2 Intermezzo: Bestellung der Glasplatte

Jetzt ist es an der Zeit, die massgeschneiderte Glasplatte zu bestellen. Eine Glasplatte wird von deinem Glaslieferanten garantiert rechtwinklig und in der Regel mit einer Schnitttoleranz von +/- 1 Millimeter gefertigt. Du allerdings wirst den mit der Stichsäge gefertigten Vollausschnitt wahrscheinlich nicht ganz genau im rechten Winkel und ziemlich sicher auch nicht millimetergenau gemäss den Anweisungen dieser Anleitung hingekriegt haben. (*Falls ich deine Fähigkeiten unterschätze, bitte ich um Entschuldigung*). Deshalb musst du nun die genauen Abmessungen der auf deinen spezifischen Tisch passenden Glasplatte eruieren. Ich schlage dir hierzu folgendes Vorgehen vor, welches sich in meinem Fall bewährt hat:

1. Miss die exakten Massen des Vollausschnitts in der Tischplatte. Überprüfe, ob die Längen und Breiten des Vollausschnitts überall gleich sind. Wenn nicht, orientiere dich für die weiteren Schritte am jeweils kleinsten gemessenen Mass für Länge und Breite.
2. Ziehe von beiden Längen (Länge und Breite) 1mm ab, um die Schnitttoleranz auszugleichen.
3. Falls du das Gefühl hast, dass aufgrund eines ungenauen Ausschnitts weitere Korrekturen notwendig sind, reduziere das Längen- und Breitenmass um weitere Millimeter.
4. Lasse dir eine günstige Holzplatte (z.B. MDF-Platte) in mindestens 5mm Stärke in den berechneten Längen- und Breitenmassen vom Baumarkt zuschneiden.
Du kannst natürlich auch selbst eine solche Platte sägen. Dann solltest du dir aber absolut sicher sein, dass du die Platte rechtwinklig zuschneiden kannst.
5. Setze die Holzplatte im Sinne einer Glas-Attrappe in die Tischplatte. Überprüfe sie auf Passgenauigkeit. Korrigiere nötigenfalls die Bestellmasse.
6. Sobald du dir sicher bist, welche Abmessungen die Glasplatte haben muss, kannst du jetzt die entsprechende Bestellung beim Glaslieferanten auslösen. Ich empfehle ein Einscheibensicherheitsglas (ESG) mit gesäumten Kanten zu bestellen.

Vergiss nicht die Schnitttoleranz bei den Massen einzuberechnen!

10.3 Montage des Unterbaus

Nun setzen wir den IKEA Tisch zusammen. Anstelle der originalen Tischplatte verwenden wir aber die massgeschneiderte Spanplatte.

Anzahl	Bauteil
1	Controller Box-Boden.stl (mit montierter Elektronik)
2	Metallschrauben, M3x10, schwarz, Ultraflachkopf
1	Metallschrauben, M3x6
1	Spanplatte, 884x544x12mm, roh
4	Metallschrauben, M6x50, Flachkopf
4	Unterlegscheiben, M6x18x1.5
	Ablageplatte, Metallverstrebungen und Schrauben aus dem IKEA LACK-Set
4	Verstrebung.stl
4	Holzschrauben, 3x12, Senkkopf

1. Bereite die vormontierte Elektronik im Boden der Controllerbox für die Montage vor:
 - Trenne alle Motorkabel vom Controller
 - Trenne alle Kabel für die Limit Schalter vom Controller
 - Trenne die LED Streifen vom DC Power Jack-Kabel
 - Trenne das Stromversorgungs- und das USB-Kabel vom Controller
2. Schraube den Boden der Controllerbox in den bereits montierten Controller Box-Rahmen.stl auf der Spanplatte. Setze hierzu zwei M3x10 Ultraflachkopf-Schrauben als Achse in die seitlichen Löcher des Rahmens und schraube diese in den Controllerbox-Boden. Die Box sollte sich somit als Klappe öffnen und schliessen lassen. Schliesse die Klappe der Controller Box und arretiere sie, indem du eine M3x6 Schraube in die vordere Blende schraubst.



Abbildung 23: Montage der Controller Box

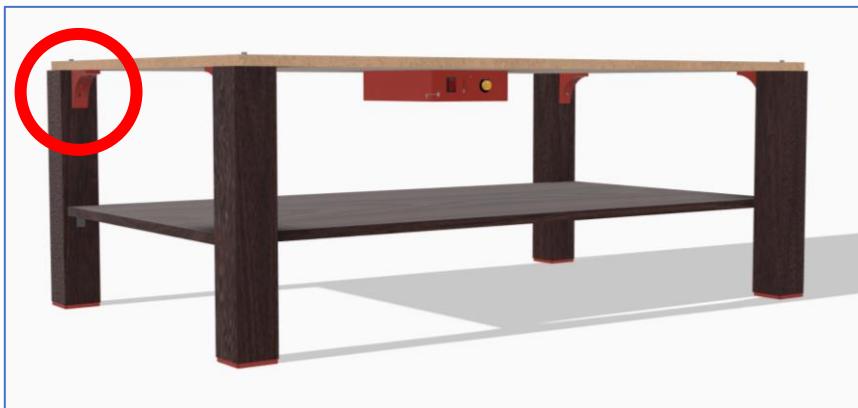
3. Montiere die vier Tischbeine an die Spanplatte. Nutze hierzu die vier M6x50 Schrauben mit den M6x18 Unterlegscheiben. Drehe die Tischbeine so, dass die Metallverstrebungen der Tischbeine nach Innen zeigen, so dass diese im nächsten Schritt die IKEA Ablageplatte tragen können.



4. Nun legst du die original IKEA Ablageplatte auf die Metallverstrebungen und schraubst diese fest mit den original IKEA Schrauben.



5. Stecke die 3D gedruckten Verstrebungsteile von unten in die dafür vorbereiteten Bohrungen der Spanplatte. Schraube die Verstrebungen mit je einer 3x12 Holzschaube in die Tischbeine.



10.4 Montage der X-Achse

Anzahl	Bauteil
1	Y-Schlitten 1-Links.stl
1	Y-Schlitten 2-Rechts.stl
1	X-Schlitten.stl
2	Linearstangen zylindrisch, 8mm, 500mm
1	Metallschraube, M3x20
1	Neodym Scheibenmagnet mit Loch Ø25x7 mm
1	Metallschraube, M4x14, Senkkopf

1. Stecke die beiden 500mm langen Linearstangen in das Bauteil Y-Schlitten 1-Links.stl. Schiebe die Stangen ganz bis zum Anschlag in das Bauteil hinein.
2. Schiebe nun ganz vorsichtig das Bauteil X-Schlitten.stl auf die beiden Linearstangen. Achte auf die richtige Ausrichtung des Bauteils gemäss «Abbildung 24»: Der X-Motor ist auf der rechten Seite und der X-Schlitten ist so aufgeschoben, dass die beiden Enden des Zahnriemens oben sind.
3. Stecke das Bauteil Y-Schlitten 2-Rechts.stl auf das andere Ende der Linearstangen.
4. Lege den Zahnriemen um die beiden Umlenkrollen und wieder zurück zum X-Schlitten.
5. Wickle das freie Ende des Zahnriemens um die M3x20-Schraube und schraube diese in den X-Schlitten. Führe den Zahnriemen dabei durch die Kerbe, während du die Schraube bündig zur Oberfläche des Bauteils einschraubst.

Achte auf eine angemessene Spannung des Zahnriemens. Der Zahnriemen darf nicht zu locker sein. Andernfalls kannst du die vier Schrauben des X-Motors lösen, den Motor etwas nach aussen schieben um den Zahnriemen zu spannen, und anschliessend die Position des X-Motors wieder fixieren.

6. Prüfe, ob sich der X-Schlitten problemlos über die ganze Länge der X-Achse verschieben lässt.
7. Überprüfe nochmals die korrekte Ausrichtung aller Bauteile anhand «Abbildung 24». Lege die X-Achse so vor dich hin, dass der X-Motor rechts ist. Die Enden des Zahnriemens (gelber Pfeil) müssen oben sein.

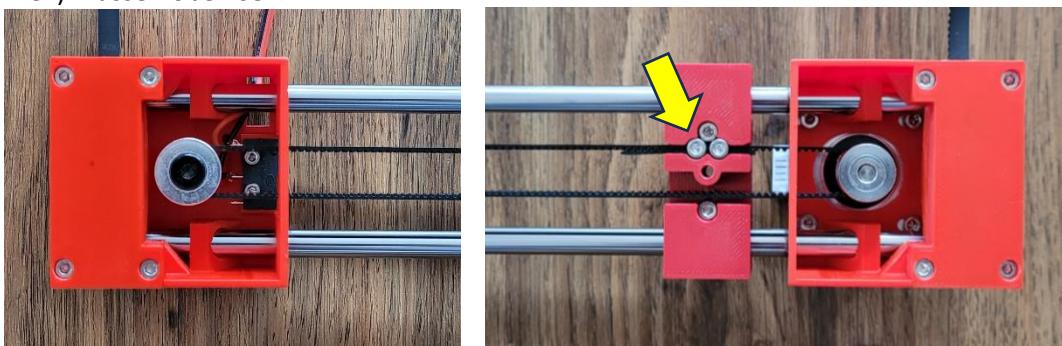


Abbildung 24: Ausrichtung des X-Schlittens

8. Schneide das überschüssige Ende des Zahnriemens mit dem Seitenschneider ab.

9. Schraube den Scheibenmagnet mit Hilfe der M4x14-Schraube auf den X-Schlitten.



Abbildung 25: X-Schlitten mit Magnet bestückt

10.5 Montage Y-Achse

Anzahl	Bauteil
	Alle vier 3D gedruckten Eckteile (unten, oben, links, rechts)
8	Sechskantmuttern, M5
8	Unterlegscheiben M5x15x1
	(X-Achse aus vorherigem Schritt)
2	Linearstangen zylindrisch, 8mm, 800mm
2	AnschlagZylinderstange.stl
2	Metallschrauben, M3x10

1. Schiebe die gedruckten Eckteile auf die Schrauben der Verstrebungen in den jeweiligen Ecken der Zwischenplatte. Orientiere dich für die korrekte Platzierung der Eckteile an «Abbildung 2: Innenansicht» am Anfang dieser Anleitung.
2. Schraube die Eckteile an den Verstrebungen fest, indem du sie mit M5-Muttern inkl. M5x15 Unterlegscheiben festziehst.



Achte beim Festschrauben der Eckteile darauf, dass diese nicht schräg, sondern schön parallel zur Zwischenplatte ausgerichtet zu liegen kommen.

3. Führe eine der 800mm langen Linearstangen in die runde Öffnung des Bauteils Eckteil 3-ObenLinks.stl. Schiebe die Stange etwa bis zur Mitte durch das Bauteil durch.
4. Führe die andere 800mm lange Linearstange in die runde Öffnung des Bauteils Eckteil 4-ObenRechts.stl. Schiebe die Stange etwa bis zur Mitte durch das Bauteil durch.
5. Führe die beiden Linearstangen **vorsichtig** durch die Linearlager der X-Achse.



Achte auf die Ausrichtung der X-Achse gemäss «Abbildung 2: Innenansicht» am Anfang dieser Anleitung! Der Motor der X-Achse muss auf der rechten Y-Achse liegen.

6. Schiebe die beiden 800mm langen Linearstangen bis zum Anschlag (Schraube) in die Öffnungen der beiden gegenüberliegenden Eckteile.
7. Befestige mit einer M3x10 Schraube das gedrucktes Bauteil AnschlagZylinderstange.stl am Ende der Linearstange an Bauteil Eckteil 3-ObenLinks.stl



Abbildung 26: Arretierung Y-Achse am Eckteil oben links

8. Befestige mit einer M3x10 Schraube das gedrucktes Bauteil

AnschlagZylinderstange.stl am Ende der Linearstange an Bauteil Eckteil 4-
ObenRechts.stl



Abbildung 27: Arretierung Y-Achse am Eckteil oben rechts

Die beiden langen Linearstangen der Y-Achsen sollten somit fest arretiert sein und sich nicht mehr verschieben lassen.

9. Führe den rechten Zahnriemen der Y-Achse über den Pulley des Y-Motors und über den gegenüberliegenden Idler zurück zum Y-Schlitten. Bevor den Zahnriemen einklemmen kannst, musst du den Zahnriemen mit einem Seitenschneider auf die passende Länge kürzen. Spanne danach den Zahnriemen und klemme ihn in die Aluminium-Klemme, während du die Schraube der Klemme anziehst.



Abbildung 28: Mit Aluminium-Klemme befestigter Zahnriemen

10. Wiederhole den vorherigen Schritt mit dem linken Zahnriemen der Y-Achse.

Stelle sicher, dass beide Zahnriemen der Y-Achse ausreichend gespannt sind.

10.6 Verlegung der Kabel

Anzahl	Bauteil
2	Kabelclips.stl
2	Holzschrauben, 3x12, Senkkopf

1. Verbinde alle Kabel mit Ausnahme des LED Streifens gemäss den Anweisungen in Kapitel «7.1 - Anschließen der elektronischen Bauteile» mit dem Controller. Führe die Kabel durch den Kabelkanal der Zwischenplatte.



Achte auf die korrekten Anschlüsse und Polungen der Motoren:

Y1-Motor ist links, Y2-Motor ist rechts gemäss «Abbildung 2: Innenansicht».

Polung des Steckers gemäss Abbildung in Kapitel «7.1 - Anschließen der elektronischen Bauteile»

2. Führe das DC Power Jack-Kabel für die LED Streifen durch den Kabelkanal nach oben auf die Zwischenplatte. Schliesse den IR Empfänger des LED Streifens am DC Power Jack-Kabel an. Verstaue überschüssiges Kabel im Kabelkanal. *Den LED Streifen wirst du erst später anschliessen können, wenn die Tischplatte aufgesetzt ist.*
3. Führe den IR Empfänger des LED Streifens seitlich über die kurze Seite des Tisches unter die Zwischenplatte. Befestige den IR Empfänger mit zwei Kabelclips.stl und 3x12 Holzschrauben.



Abbildung 29: Befestigung des LED IR Empfängers mit Kabelclips

4. Das Stromversorgungskabel für den Controller musst du ebenfalls über die kurze Tischseite nach aussen verlegen. Dieses Kabel führst du über ein Tischbein zur Steckdose. Das Kabel kannst du mit Kabelbindern oder Klettbändern am Tischbein befestigen.

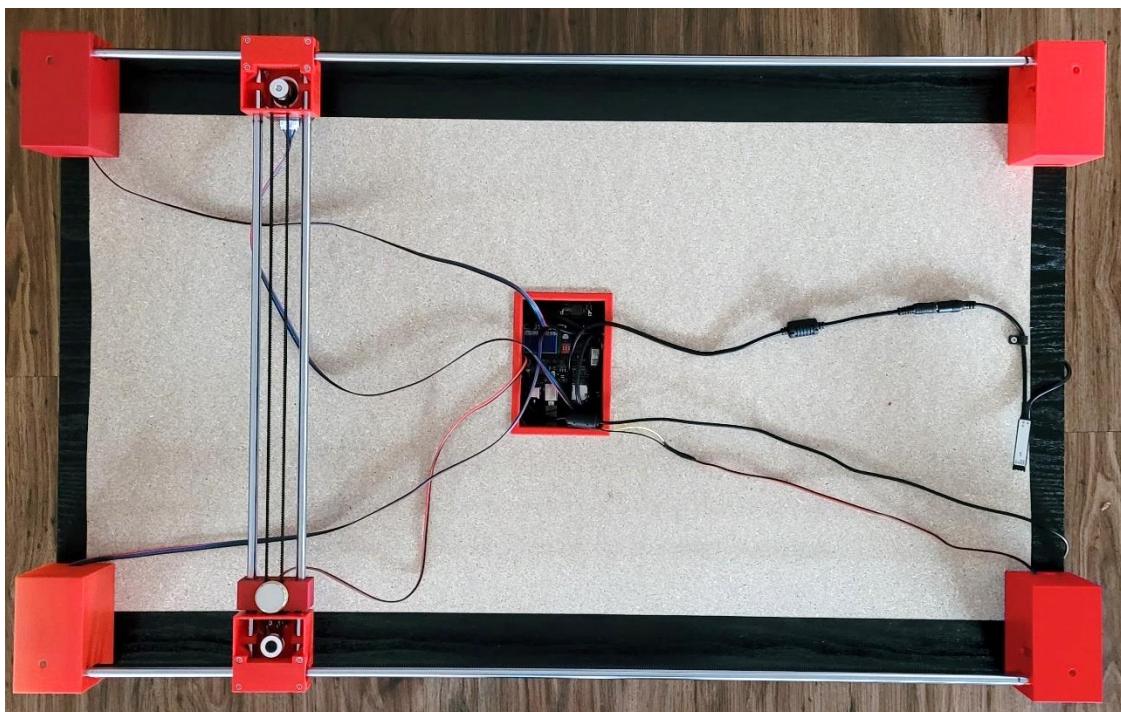


Abbildung 30: Verlegung der Kabel

10.7 Schlussmontage

Anzahl	Bauteil
4	Gewindestifte, M6x50, Innensechskant
4	Sechskantmuttern, M6
4	Unterlegscheiben, M6x18x1.5
2	Holzplatten, MDF, 80x550x3mm
2	Holzplatten, MDF, 80x893x3mm
8	Metallschrauben, M3x10, schwarz, Ultraflachkopf
8	Unterlegscheiben, M3x10, schwarz

1. Schraube die Gewindestifte mit einem Inbus-Schlüssel in die von IKEA vorgebohrten Löcher an den Ecken unterhalb der Tischplatte. Lasse ca. 1 cm des Gewindestiftes hervorstehen.



Abbildung 31: Gewindestifte mit Inbus-Schlüssel einschrauben

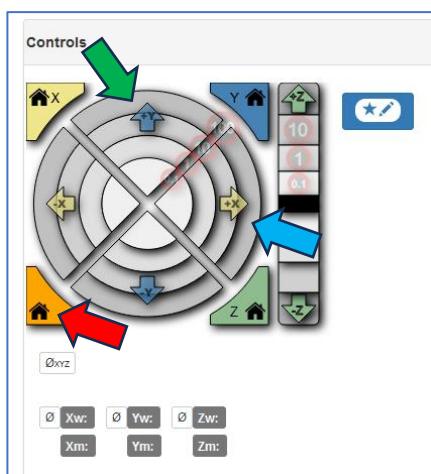
2. Setze die Tischplatte auf die vier Eckteile. Führe die vier Gewindestifte durch die entsprechenden Öffnungen der Eckteile.
3. Schraube die Tischplatte mit vier M6-Muttern und passenden Unterlegscheiben an den Eckteilen fest.
4. Verbinde jetzt das LED Kabel der Tischplatte mit dem bereitliegenden DC Power Jack-Kabel gemäss Kapitel «7.1 - Anschliessen der elektronischen Bauteile».
5. Schraube die vier MDF-Holzplatten mit Hilfe von schwarzen M3x10 Schrauben und entsprechenden schwarzen Unterlegscheiben an die Seiten der Eckteile.



Abbildung 32: Fertig montierter Tisch

11 Abschlusstest

1. Schliesse den Sandmaltisch an die Stromversorgung an.
2. Schalte den Controller mit dem On/Off-Kippschalter ein.
3. Teste die LED Beleuchtung.
4. Setze die Kugel in den Tisch, dort wo das Magnet darunter liegt, damit die Kugel vom Magnet erfasst wird.
Ich empfehle dir, den ersten Funktionstest noch ohne Sandbefüllung zu machen.
5. Verbinde dein Smartphone, Tablet oder PC mit dem WiFi «FluidNC»:



Orientiere dich für die nachfolgenden Tests an «Abbildung 2: Innenansicht».

- Führe ein Homing aus.
Die Kugel sollte sich in die untere linke Ecke bewegen.
- Klicke auf den rechten äussersten Ring (X-Achse).
Die Kugel sollte sich nach rechts bewegen.
- Klicke auf den obersten äusseren Ring (Y-Achse).
Die Kugel sollte sich nach oben bewegen.

Hat das alles geklappt? Dann kannst du nun die zwei letzten Schritte zur Inbetriebnahme durchführen:

6. Befülle den Tisch mit feinkörnigem Sand und verteile ihn gleichmässig.
Sollte die Kugel auf dem Weg durch den Sand den Kontakt zum Magneten einmal verlieren, dann reduziere die Sandmenge.
7. Bedecke den Tisch mit der Glasplatte.
Der in der Materialliste aufgeführte Saugnapf hilft dir jeweils beim Einsetzen oder Entfernen der Glasplatte.