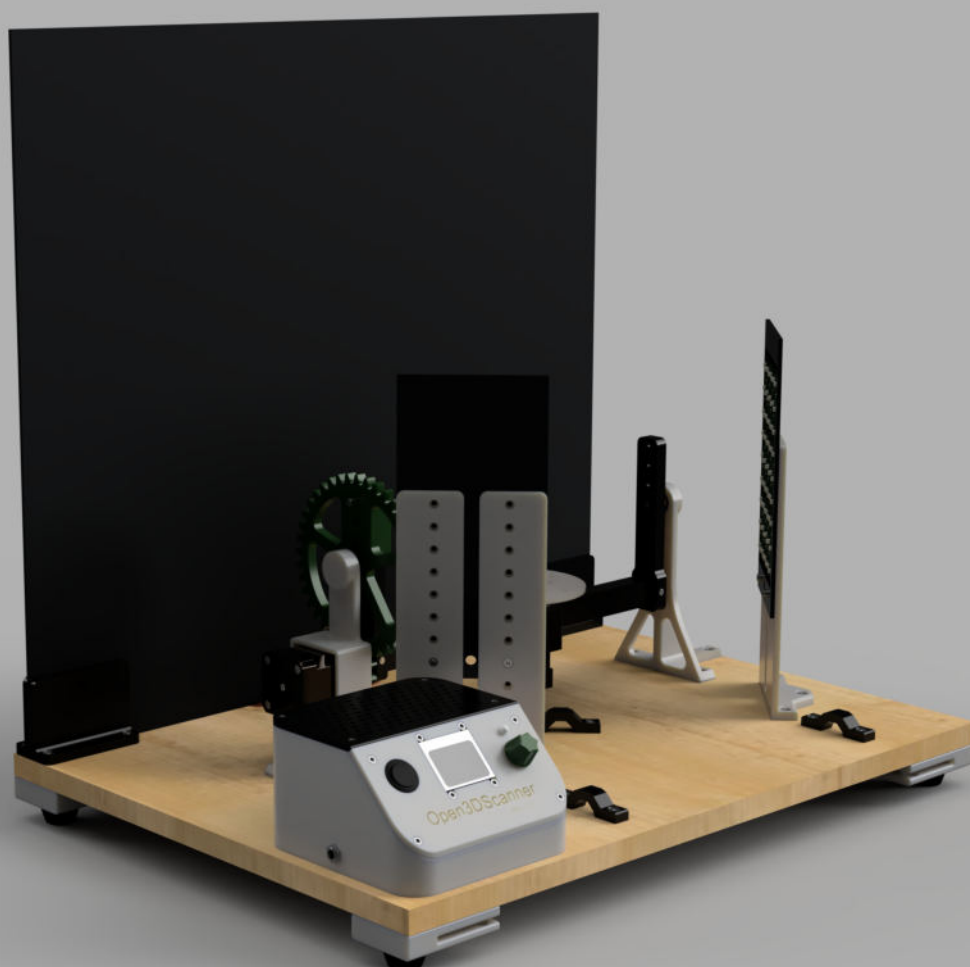


# Open3DScanner

---

Handbuch — Rev. 1.1

OKT  
26  
2019



## Inhaltsverzeichnis

- (S. 3) Vorwort ◀
- (S. 6) Verwandte OSS-Projekte ◀
- (S. 9) Verwendete Software, Tools usw. ◀
- (Seite 17) Benötigte Teile ◀
- (Seite 23) Bauanleitung ◀
- (S. 50) Benutzerhandbuch ◀
- (S. 54) Scans durchführen ◀
- (S. 56) Bilderserie  
Leiterplattenbestückung ◀
- (S. 64) Referenzen ◀

# Lizenz

Dieses Dokument ist unter der Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License lizenziert. Eine Kopie dieser Lizenz finden Sie unter <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

Version	Datum	Notiz
1.0	20.10.2019	Erstveröffentlichung
1.1	26.10.2019	Kleiner Fehler- Korrekturen

Tabelle 1 Geschichte dieses Dokuments

Nazrim  
<https://www.myminifactory.com/users/Nazrim>  
<https://www.thingiverse.com/Nazrim> <https://www.hackster.io/Nazrim> <https://github.com/nazzrim>

# 1

## Kapitel

# Vorwort

Ein 3D-Scanner ist eine gute Ergänzung zu einem 3D-Drucker.

Bevor eine detaillierte Untersuchung des Themas durchgeführt wird, ist es notwendig um zu klären, was der Begriff 3D-Scanning bedeutet.

*Beim 3D-Scannen wird ein reales Objekt oder eine reale Umgebung analysiert, um Daten zu seiner Form und möglicherweise seinem Aussehen (z. B. Farbe) zu sammeln. Die gesammelten Daten können dann zum Erstellen digitaler 3D-Modelle verwendet werden.*

—3D-Scannen — Wikipedia

3D-Scanning kann den Prozess der Erstellung einer gedruckten Kopie eines Objekts erheblich vereinfachen. Zum Beispiel, wenn eine Komponente kaputt ist und ein 3D-Drucker zum Ersetzen verwendet werden soll. Oder wenn ein physisches Objekt geändert werden soll, für das keine 3D-Dateien verfügbar sind.

Während es für jedes Budget tolle 3D-Drucker gibt, ist der Markt für 3D-Scanner nicht so groß. Zumindest sind die Geräte nicht so weit verbreitet wie 3D-Drucker.

Ähnlich wie beim 3D-Druck gibt es auch zur Realisierung von 3D-Scannern verschiedene technologische Ansätze, die mit unterschiedlichem Aufwand und Kosten verbunden sind und Unterschiede in der Qualität der Ergebnisse aufweisen.

Ein besonders interessanter Ansatz für den Laienmaker ist die Photogrammetrie. Dabei werden von einem Objekt eine Vielzahl von Fotos aus unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen. Anschließend wird mit Hilfe einer speziellen Software in einem mehrstufigen Prozess aus den Bildern ein 3D-Objekt erstellt.<sup>1</sup>

Abhängig von der Anzahl und Qualität (Beleuchtung, Schärfe, Auflösung, Kameraabstand zum Objekt, ...) der Bilder kann ein genaues 3D-Modell des physischen Modells erstellt werden.<sup>2</sup>Theoretisch können Ergebnisse mit einer Genauigkeit von 0,1mm erreicht werden.

1. Eine gute Einführung in die Photogrammetrie-Pipeline, einschließlich Verweisen auf wissenschaftliche Arbeiten, bietet [AliceVision](#).

2. Weitere Informationen zu den Faktoren, die die Qualität des endgültigen Modells beeinflussen, finden Sie unter [Photogrammetrie-Technologien](#).

Da die Kameras in Smartphones (insbesondere in High-End-Geräten) immer weiter verbessert werden und heutzutage eine beachtliche Qualität liefern, besitzen die meisten Menschen das wichtigste Werkzeug zur Erstellung eigener Photogrammetrieaufnahmen bereits.

Das andere wichtige Werkzeug in der Photogrammetrie-Pipeline ist die Software, die die aufgenommenen Bilder verarbeitet und das 3D-Modell berechnet. Es gibt viele verschiedene Softwarelösungen, die für die Photogrammetrie entwickelt wurden.<sup>3</sup>Glücklicherweise gibt es in dieser Liste auch mehrere Open-Source-Projekte.

<sup>3</sup>Eine umfangreiche Liste von Software für Photogrammetrie, die hochbeleuchtet einige Funktionen für jede Software, wird bereitgestellt von [ALL3DP](#).

Fehlt nur noch ein möglichst leistungsstarker Rechner, auf dem die Software läuft. Das sollte aber kein Problem sein, denn die meisten Maker haben bereits einen Rechner zu Hause.

Somit stehen für viele Maker alle notwendigen Tools zur Verfügung, um 3D-Scans mit Photogrammetrie zu erstellen. Es stellt sich also die Frage, warum 3D-Scanning im Vergleich zum 3D-Druck eine so geringe Popularität genießt. Eine mögliche Antwort auf diese Frage ist, dass es schlicht keinen Bedarf dafür gibt. Eine andere mögliche Antwort ist, dass die manuelle Erstellung der vielen benötigten Fotos die meisten Leute abschrecken wird, da sie sehr zeitaufwändig ist. Vielleicht liegt es auch daran, dass ein 3D-Scanner deutlich seltener zum Einsatz kommt als ein 3D-Drucker, weshalb man keinen 3D-Scanner kaufen möchte, selbst wenn dieser ähnlich günstig ist wie ein 3D-Drucker.<sup>4</sup>

<sup>4</sup>Eine Übersicht über eine Vielzahl verfügbarer 3D-Scanner und einige ihrer Funktionen finden Sie unter [ANIWAA](#). Die Liste enthält auch Photogrammetriegeräte sowie sowie verschiedene andere Technologien, es ist jedoch möglich, die angezeigten Geräte zu filtern.

Aus diesem Grund wurde das Projekt Open3DScanner gestartet. Ziel des Projekts ist es, der Maker-Community einen 3D-Scanner zur Verfügung zu stellen, der 3D-Scans in guter Qualität liefert und gleichzeitig die Kosten so gering wie möglich hält, indem er auf vorhandene Werkzeuge wie Smartphones und Computer zurückgreift. Es sollte möglich sein, das gesamte Projekt für weniger als 150,00 \$ umzusetzen, sofern die erforderlichen Werkzeuge vorhanden sind und die erforderlichen Teile ohne extreme (z. B. Versandkosten-) Kosten beschafft werden können.

In der Standardkonfiguration bietet der Open3DScanner einen Scanbereich, der einen Zylinder mit einem Durchmesser von ca. 26cm und einer Höhe von ca. 16cm umfasst. Diese Einschränkung kann durch entsprechende Konfiguration der Scans leicht bis zu einem gewissen Grad umgangen werden. Detaillierte Informationen finden Sie im Kapitel [7](#). Alle Teile sind so konzipiert, dass sie auf das Druckbett eines originalen Prusa i3 passen, um den Einsatz auf einer Vielzahl von 3D-Druckern zu ermöglichen.

Dieses Dokument dient als vollständige Referenz für das Open3DScanner-Projekt. Es enthält alle notwendigen Informationen, die Hersteller benötigen, um ihren eigenen Open3DScanner zu erstellen, den 3D-Scanner zu modifizieren oder einfach detaillierte Informationen über das Projekt zu erhalten.

Bevor wir uns mit dem Open3DScanner im Detail befassen,<sup>2</sup>stellt andere Open Source 3D-Scanner vor und vergleicht sie mit dem Open3DScanner. Kapitel<sup>3</sup>beschreibt die Toolchain, die zur Erstellung und Gestaltung des Open3DScanners verwendet wurde, und zeigt Abhängigkeiten zu anderen Projekten (z. B. Softwarebibliotheken). Kapitel<sup>4</sup>enthält eine Stückliste, die alle Teile enthält, die zum Bau des Open3DScanners benötigt werden. Darüber hinaus werden die benötigten Werkzeuge zum Bau des Scanners aufgelistet und die für den Betrieb erforderliche Hardware beschrieben. Kapitel<sup>5</sup>Anschließend werden alle notwendigen Schritte zum Bau eines eigenen Open3DScanners aus den einzelnen Komponenten detailliert beschrieben. Kapitel<sup>6</sup>enthält ein Benutzerhandbuch, das die Verwendung des vollständig montierten Open3DScanners beschreibt. Schließlich Kapitel<sup>7</sup>präsentiert verschiedene

Tipps und Tricks, die das Erstellen erfolgreicher 3D-Scans mittels Photogrammetrie erleichtern.

Je nach Interesse des Lesers sind also nicht alle Kapitel gleich interessant. Der Aufbau des Dokuments sollte es jedoch ermöglichen, die Kapitel einzeln und unabhängig voneinander zu lesen. Die notwendigen Querverweise finden sich an den notwendigen Stellen.

Es gibt keinen Zeitplan für die zukünftige Entwicklung dieses Projekts. Sie basieren auf meinen Anforderungen und den Anforderungen der Open3DScanner-Benutzer.

Der Open3DScanner wurde in verschiedenen Communities veröffentlicht, um ein breiteres Publikum zu erreichen. Das Zentrum der Entwicklung und sicherer Referenzpunkt für die neueste Version des Projekts ist die [Open3DScanner-Repository](#).

# 2

## Kapitel

### Wichtiger Hinweis

Es ist zu beachten, dass die Liste der in diesem Kapitel betrachteten Projekte keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Insbesondere gibt es verschiedene Variationen für die vorgestellten Projekte und die Projekte selbst können bereits eine Variation eines bestehenden Projekts sein.



Abbildung 2 Der OpenScan 3D-Scanner

# Verwandte OSS Projekte

In diesem Kapitel werden weitere Projekte aus der Open Source Software- und Open Source Hardware-Community vorgestellt, die das Ziel haben, eigene 3D-Scanner zu entwickeln. An einigen Stellen werden Vergleiche zum Open3DScanner gezogen und Einflüsse aufgezeigt, die die Projekte auf den Open3DScanner haben.

In den Abschnitten 2.1 und 2.2 werden andere Photogrammetrie-Scanner vorgestellt, während in den übrigen Abschnitten 3D-Scanner auf Basis anderer Technologien vorgestellt werden.

## 2.1 OpenScan

Schauen wir uns zunächst das Projekt an, das den größten Einfluss auf den Open3DScanner hatte, weil es als Inspiration dafür diente. Der Open3DScanner ist lediglich eine alternative Umsetzung des Projekts von Thomas Megel:

### OpenScan

OpenScan basiert auf der automatischen Drehung des zu scannenden Objekts um zwei Achsen (X und Z) während der automatischen Aufnahme der Fotos.

Das OpenScan-Projekt basiert wie der Open3DScanner auf vorhandenen Kameras, die an den Scanner angeschlossen sind. Eine Möglichkeit, die OpenScan bietet, die aber beim Open3DScanner weggelassen wurde, ist die Verwendung verschiedener SLR-Kameras für das 3D-Scannen. Die SLR-Kamera wird über einen Infrarot-Fernauslöser mit dem Scanner verbunden, der an den Scanner angeschlossen ist.

über einen Optokoppler. Diese Option wurde für den Open3DScanner entfernt, da ich weder eine Spiegelreflexkamera besitze, noch vorhabe, mir eine anzuschaffen. Darüber hinaus bin ich davon überzeugt, dass die Qualität moderner Smartphone-Kameras für die Erstellung qualitativ guter 3D-Scans ausreicht.

Eine Funktion des Open3DScanners, die OpenScan nicht bietet, ist die Möglichkeit, LED-Leuchten direkt an den 3D-Scanner anzuschließen und sie während des Scanvorgangs von der Hardware steuern zu lassen.

Auf der Homepage des Projekts finden sich keine Informationen über die anwendbare Lizenz. [OpenScan Thingiverse-Projekt](#) zeigt an, dass das Projekt unter der CC-BY-NC 3.0-Lizenz veröffentlicht wird.

Scans mit dem OpenScan 3D Scanner werden vollautomatisch durchgeführt, nachdem die Einstellungen für den jeweiligen Scan gewählt wurden. Dabei kann konfiguriert werden, wie viele Bilder pro Drehung der z-Achse aufgenommen werden und um welchen Winkel sich der Scanner auf der x-Achse drehen soll. Zudem kann festgelegt werden, an wie vielen Positionen auf der x-Achse ein Stopp erfolgen soll, der wiederum eine komplette Drehung der z-Achse zur Folge hat.

Darüber hinaus gibt es eine Einstellung, mit der sich die Zeit anpassen lässt, in der der Scanner bei jedem Foto anhält. Dies ist wichtig, damit die Kamera bei Bedarf neu fokussieren kann und verwackelte Aufnahmen vermieden werden.

### Notiz

Obwohl der Open3DScanner auf Basis des OpenScan-Projekts entwickelt wurde, handelt es sich nicht um eine einfache Kopie. Nachdem OpenScan die Entwicklung des Open3DScanners motiviert hatte, wurden die Anforderungen unabhängig vom ursprünglichen Projekt definiert. Alle Artefakte (3D-Modelle, Firmware, BOM) wurden speziell für den Open3DScanner entwickelt.

## 2.2 3D-Scanner-Drehtisch

Ein weiterer Open-Source-Photogrammetrie-3D-Scanner ist das Projekt 3D Scanner Turntable von Dave Clarke.

### 3D-Scanner-Drehtisch

Es setzt auf die Nutzung einer Smartphone-Kamera und verspricht, dass lediglich die Filamentkosten (30,00 \$) für den Bau des 3D-Scanners anfallen. Neben dem Smartphone werden passende Kopfhörer mit Tasten benötigt, mit denen sich die Kamera auslösen lässt.

Um das Ziel eines möglichst kostengünstigen 3D-Scanners zu erreichen, wird im Projekt auf zusätzliche Elektronik verzichtet, die das Scannen automatisiert. Stattdessen ist es notwendig, dass der Nutzer eine Kurbel dreht, die das zu scannende Objekt rotieren lässt und dafür sorgt, dass das Smartphone bei jeder vollen Umdrehung 55 Fotos schießt.

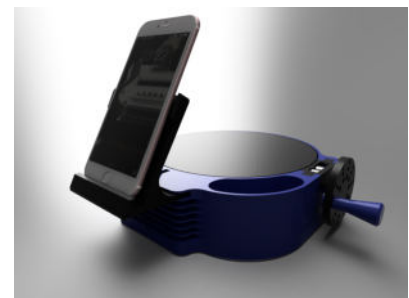


Abbildung 2.2 Der 3D-Scanner

Drehscheibe

Anders als beim Open3DScanner oder OpenScan wird das Objekt beim Scannen nur auf einer Achse gedreht, so dass es unter Umständen notwendig ist, mehrere Scans durchzuführen und das Objekt jedes Mal neu zu positionieren. Es ist also notwendig, dass der Anwender bei der Nutzung stärker mit dem 3D-Scanner interagiert, aber nur so können die Kosten im Vergleich zu anderen Projekten so gering gehalten werden.

Wie auch beim OpenScan-Projekt müssen die aufgenommenen Bilder anschließend mit entsprechender Software bearbeitet werden, um ein 3D-Modell zu erhalten.

## 2.3 Zyklus

Der Ciclop 3D Scanner ist ein ehrgeiziges Projekt von Jesús Arroyo, das von bq veröffentlicht wurde und auf Lasertriangulation basiert. Neben dem 3D-Scanner selbst bietet das Projekt auch eine eigene Software (Windows, Linux und Mac OS X) zur Durchführung der 3D-Scans.

### Zyklus

Auch wenn dieses Projekt keinen Einfluss auf die Entwicklung des Open3DScanners hat, soll es hier kurz vorgestellt werden, da es sich um ein wunderbares Open Source Hardwareprojekt zur Erstellung eines 3D-Scanners handelt, das ausführliche Quellinformationen und Dokumentation bereitstellt.

Das Ergebnis eines Scans ist eine Punktwolke, die mit anderer Software in ein 3D-Modell umgewandelt werden muss (z. B. *Mixer*), bevor das Modell weiter verwendet werden kann, z. B. für den 3D-Druck.

Das gesamte Projekt wird unter der Lizenz CC-BY-SA 3.0 sowie der GPL v2 veröffentlicht.

Im Gegensatz zu den vorherigen Projekten basiert Ciclop nicht auf externer Hardware (wie etwa der Kamera eines Smartphones), sondern ist ein eigenständiges, vollständiges Projekt, für dessen Betrieb lediglich ein PC erforderlich ist.

Den Kern des Projektes bildet ein *Logitech C270 HD-Webcam* zur Erstellung der Fotos und zwei Laser der Klasse 1, die zur Abtastung des Objekts eingesetzt werden. Das zu scannende Objekt wird auf einer Platte positioniert, die automatisch gedreht wird.



Abbildung 2.3 Der Ciclop 3D Scanner



# Verwendete Software, Werkzeuge usw.

Dieses Kapitel bietet einen Überblick über die Software und Werkzeuge, die zur Umsetzung des Open3DScanner-Projekts verwendet wurden. Darüber hinaus werden verwendete Artefakte (Bibliotheken, 3D-Modelle, ...) sowie die entsprechenden Lizenzen vorgestellt.

Ziel ist es eine möglichst vollständige Liste der Abhängigkeiten des Open3DScanners zu erstellen, um alle relevanten Lizenzinformationen an einem zentralen Ort zu haben.

Transitive Abhängigkeiten, welche sich aus den verwendeten Artefakten ergeben, sind von der Betrachtung ausgeschlossen. Bei Interesse ziehen Sie bitte die Dokumentation des jeweiligen Artefakts zurate, welche, sofern vorhanden, an entsprechender Stelle dieses Dokuments verlinkt ist.

## 3.1 Arduino

Da das Herzstück des Open3DScanners ein ESP32 ist<sup>1</sup> und die Entwicklung sollte mit der [Arduino IDE](#), eine der wichtigsten Abhängigkeiten im Arduino-Bereich ist die [Arduino-Kern für ESP32-WLAN-Chip](#), das die Nutzung von ESP32-Entwicklungsboards mit der Arduino IDE ermöglicht. Dies vereinfacht die Entwicklung des Projekts erheblich.

Die Arduino IDE wird unter der GPL-Lizenz veröffentlicht, während die enthaltenen Bibliotheken unter der LGPL-Lizenz veröffentlicht werden. Die LGPL-Lizenz gilt auch für den Arduino-Kern für den ESP32-WiFi-Chip.

<sup>1</sup>Detaillierte Informationen zum ESP32, einschließlich des Datenblatts, finden Sie auf der [Espressif ESP32-Produktpage](#).

### 3.1.1 Bibliotheken

Im Folgenden werden die Bibliotheken beschrieben, die für die Implementierung des Open3DScanners verwendet wurden und nicht in der Arduino IDE enthalten sind.

Bibliothek	Version	Autor	Lizenz	Zweck
Nokia-5110-LCD-Bibliothek	2.0.0	platids	MIT-Lizenz	Bedienung des Nokia 5110 LCD.
Schrittmotortreiber	1.1.4	laurb9	nicht angegeben	Zweipolig Schrittmotor Motor Treiberbibliothek.
ESP32Encoder	0,1,5	Abonnieren	MIT-Lizenz	Drehgeberbibliothek mit Interrupts.
Arduino-Menüsystem	3.0.0	Abonnieren	MIT-Lizenz	Datenstrukturen für Menüstrukturen.

Tabelle 3.1 Im Open3DScanner verwendete Arduino-Bibliotheken

Man erkennt, dass insgesamt nur wenige externe Bibliotheken benötigt werden, da ein Großteil der Funktionalität bereits durch die von der Arduino IDE und dem Arduino-Core für den ESP32-WiFi-Chip bereitgestellten Bibliotheken vorhanden ist.



Abbildung 3.1 LCDAssistant-Benutzeroberfläche

An manchen Stellen zeigt das Display des Open3DScanners auch andere Dinge als reinen Text an, z.B. um Buttons anzuzeigen. Dazu wurden entsprechende Bitmaps erstellt, die dann mit dem Tool **LCD-Assistent** von Radosław Kwiecień.

Die Lizenz des LCD Assistant wird vom Entwickler auf der Projektseite nicht angegeben.

## 3.2 Schaltpläne und PCB-Design

### LCDAssistant

Der LCDAssistant ist ein nützliches Tool, das die einfache Umwandlung von Bitmaps in Zeichenarrays ermöglicht, die direkt an die verschiedenen LCD-Bildschirme übermittelt werden können. Es bietet einige Konfigurationsmöglichkeiten für verschiedene LCDs.

2. Weitere Informationen zu unerwünschten

Nebenwirkungen, die bei der Anwendung auftreten können

Steckplatinen finden Sie auf **Hacken-ein Tag Und Steckbrett-Abenteuer**.

3. Niedrige Ausfallrate

Obwohl es praktisch ist, während der Entwicklung die notwendigen Schaltkreise auf einer lötfreien Steckplatine zu testen, ist dies keine langfristige Lösung. Dies gilt insbesondere, wenn man bedenkt, dass die Steckplatine neue Fehlerquellen schafft.

Neben den allgemein bekannten Problemen, wie Instabilität (im Allgemeinen, aber auch bei z.B. Vibrationen) und hohem Platzbedarf im Vergleich zu einer kundenspezifischen Leiterplatte, muss beachtet werden, dass die einzelnen Leiterbahnen des Steckbretts hohe Widerstände aufweisen und unerwünschte Kapazitäten in die Schaltung einbringen können.<sup>2</sup>

Bei der Entwicklung war es nicht möglich, einen LDO zu verwenden: Regler auf dem Steckbrett zu platzieren und eine stabile Ausgangsspannung von 5V zu erhalten. Stattdessen war es notwendig, den Low-Dropout und seine Komponenten auf eine Prototyp-Platine auszulagern, um eine stabile Ausgangsspannung zu erhalten. Andernfalls wäre es nicht möglich gewesen, den Schaltungsentwurf zu testen, da spontane Spannungseinbrüche zu Abstürzen des ESP32 führten.

Figur 3.2 zeigt die Schaltung des Open3DScanners auf einem Steckbrett.

Außerdem ist die Prototyp-Platine mit dem LDO-Regler zu sehen. Man erkennt leicht, dass die Schaltung chaotisch und daher schwer zu warten, zu debuggen und zu entwickeln ist. Für das Bild wurden sogar Kabel entfernt: Die Schrittmotoren sind nicht angeschlossen und die Lichter wurden entfernt.

Aufgrund der Größe der Bauteile war es notwendig, zwei Steckplatinen zu verwenden, was die gesamte Konstruktion extrem fragil machte. Um die Schaltung auf den Steckplatinen aufzubauen, waren über 50 Kabel nötig.

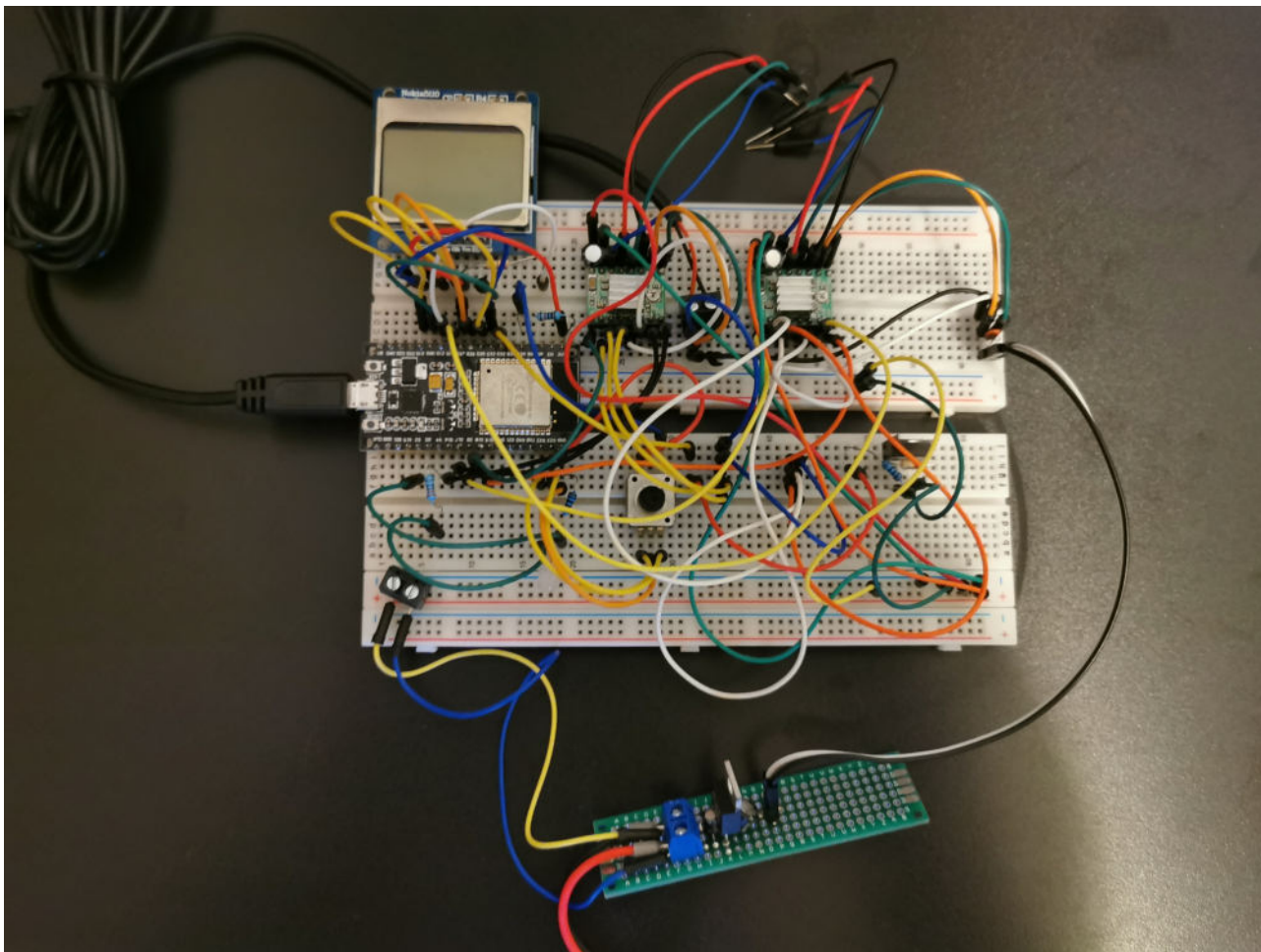


Abbildung 3.2 Die Open3DScanner-Schaltung auf einem lötfreien Steckbrett

Schnell wird klar, dass es auf lange Sicht notwendig ist, eine spezielle Leiterplatte für den Open3DScanner zu entwerfen und herzustellen.

Für den Entwurf der Platine wird die Software **KiCad** verwendet. KiCad ist ein Open-Source-Programmpaket, das unter der GPL lizenziert ist.

KiCad enthält Werkzeuge für alle Schritte beim Entwurf einer Leiterplatte. Die einzelnen Werkzeuge bieten eine sehr gute Integration untereinander, was den Entwurfsprozess erheblich vereinfacht.

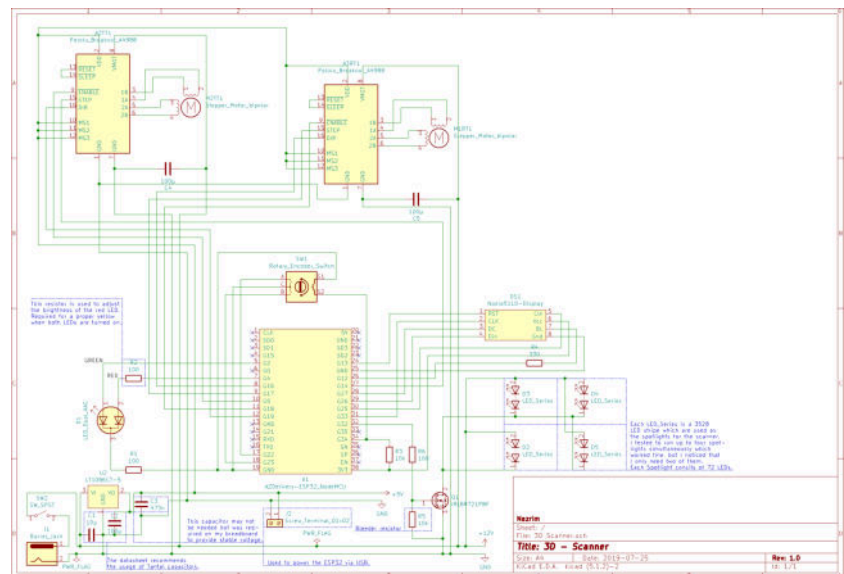
Zunächst erstellt man einen Schaltplan für die Schaltung. Die einzelnen Bauteile werden dabei mit sogenannten Footprints verbunden. Diese Footprints legen die Anordnung der einzelnen Bauteile auf der Platine fest (Löcher, Beschriftungen, ...). Mit diesen Informationen geht man dann zum eigentlichen Entwurf der Platine über.

#### JLCPCP

Die Leiterplatten für den ersten Prototyp des Open3DScanners wurden hergestellt von **JLCPBP**. Der Hersteller sitzt in China und bietet sehr günstige PCBs an, die bei meiner Bestellung von sehr guter Qualität waren. Einziger Nachteil ist, dass selbst der schnellste Versand, abgesehen von der Mindestbestellmenge von 5 Platinen, etwa eine Woche dauert. Dies wird jedoch mehr als ausgeglichen, wenn man die Preise mit lokalen Anbietern vergleicht.

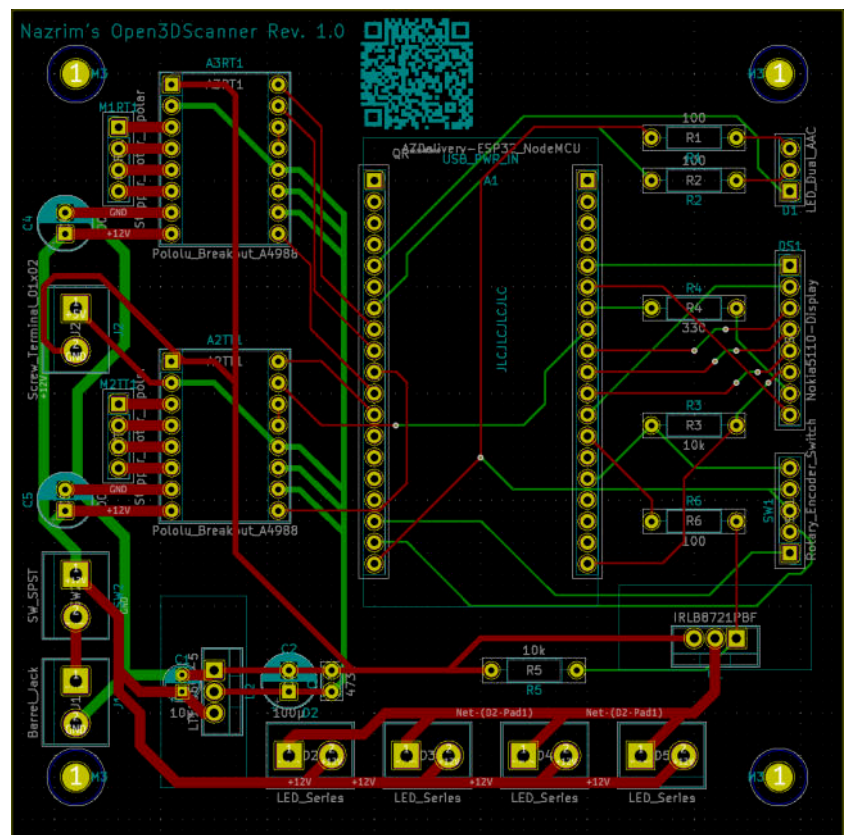
Figur 3.3 zeigt das schematische Diagramm für den Open3DScanner.

Abbildung 3.3 Schematische Darstellung für den in KiCad entworfenen Open3DScanner



Alle Elemente werden auf einer leeren Fläche platziert, die die spätere Platine darstellt. Der Anwender muss nun die einzelnen Elemente positionieren und Leiterbahnen für die Verbindungen zeichnen. Dabei wird dem Anwender immer angezeigt, welche Pins miteinander verbunden werden müssen. Abbildung 3.4 zeigt das PCB-Design für den Open3DScanner.

Abbildung 3.4 PCB-Design für die Open3DScanner in Ki-Cad entworfen



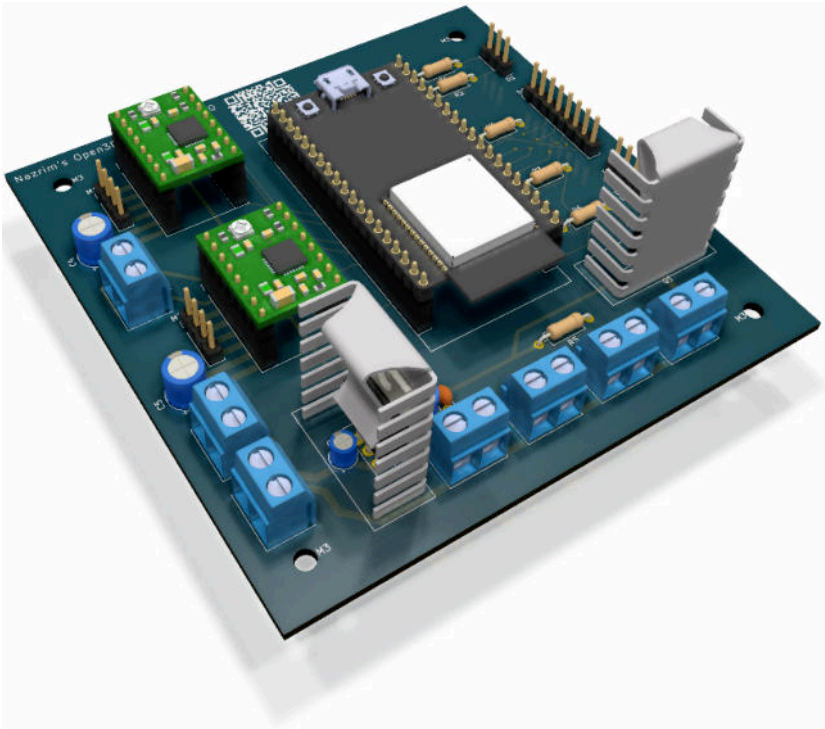
#### Gerber-Dateien

Hersteller liefern in der Regel Anleitungen, welche Gerber-Dateien zu verwenden sind und welche Namenskonventionen zu beachten sind. Oft gibt es sogar Anleitungen für konkrete Software.

An diesem Punkt sind alle notwendigen Schritte für den Entwurf der Leiterplatte abgeschlossen. Die notwendigen Gerberdateien können erzeugt und einem entsprechenden Dienstleister zur Produktion übergeben werden.

Alternativ kann auch vorab ein 3D-Modell der fertigen Platine (mit allen Bauteilen) erstellt werden. Hierzu ist es notwendig, die Footprints mit 3D-Modellen zu verknüpfen. Für das Rendern des 3D-Modells ist kein weiterer Aufwand notwendig.

Ich halte diesen Schritt für sehr sinnvoll. Einerseits bekommt man so eine bessere Vorstellung davon, wie die fertige Platine aussehen wird und andererseits kann man noch einmal kontrollieren, dass keine Bauteile miteinander in Konflikt geraten. Das ist vor allem bei einer hohen Packungsdichte der Bauteile wichtig. [Abbildung 3.5](#) zeigt das gerenderte 3D-Modell der Platine des Open3DScanners inklusive aller Komponenten.



**Abbildung 3.5** 3D-Rendering des

Leiterplatte inklusive Komponenten für den Open3DScanner, entworfen in KiCad

Aufgrund der Vielzahl der vorhandenen Bauteile kann KiCad nicht für alle ein Schaltplansymbol, einen Footprint und ein 3D-Modell enthalten. Es ist auch möglich, dass für ein Bauteil ein anderer Footprint gewählt werden sollte, weil es beispielsweise nicht direkt, sondern über eine Stiftleiste mit der Platine verbunden ist.

Dies gilt auch für mehrere Teile des Open3DScanners. Bei fehlenden Schaltplansymbolen und Footprints ist es möglich, die entsprechenden Teile über intuitive integrierte Editoren zu zeichnen.

Sollten 3D-Modelle für Bauteile fehlen, ist es notwendig diese mitzuliefern (z.B. als STEP-Datei). Geschieht dies nicht, kann die Platine zwar trotzdem gerendert werden, die entsprechenden Bauteilplätze bleiben jedoch leer.

Eine mögliche Quelle für entsprechende 3D-Modelle von Komponenten, die in Open-Source-Projekten verwendet werden sollen, ist [GrabCAD](#). Aus lizenzrechtlichen Gründen bevorzuge ich andere Quellen für den Bezug von 3D-Modellen von Bauteilen. Einerseits stellen viele Hersteller bereits entsprechende CAD-Dateien zur Verfügung und andererseits [SnapEDA](#) bietet eine große Datenbank mit Komponenten, die ein Schaltplansymbol, einen PCB-Footprint und ein 3D-Modell enthält. Die einzelnen Einträge sind unter CC-BY-SA 4.0 lizenziert.

#### GrabCAD-Lizenz

Von GrabCAD bezogene 3D-Modelle dürfen nur für nichtkommerzielle Zwecke verwendet werden. Für die kommerzielle Nutzung muss die Genehmigung des Autors des Modells eingeholt werden.



### 3.2.1 Verwendete 3D-Modelle

Dieser Abschnitt listet die 3D-Modelle auf, die noch nicht Teil von KiCad sind und die zum Rendern der Open3DScanner-Platine verwendet werden, sowie deren Quelle.

**Tabelle 3.2** Zum Rendern des Open3DScanners verwendete 3D-Modelle

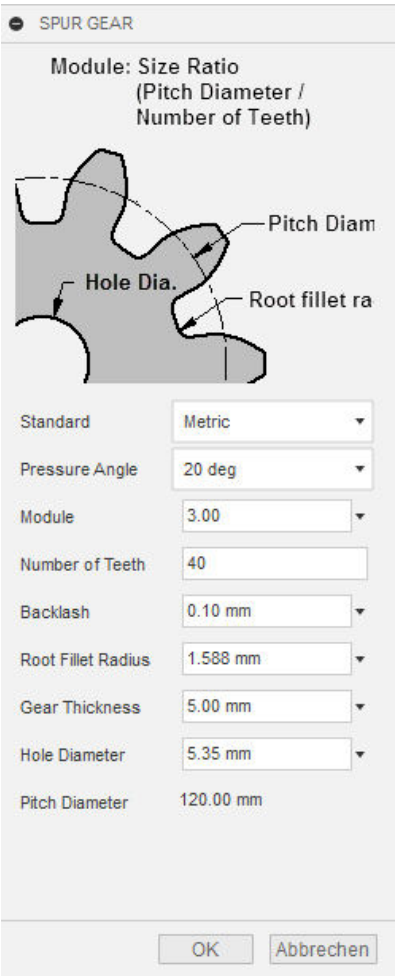
Komponente	Quelle
ESP32 Devkit-C	<a href="#">SnapEDA - ESP32-DEVKITC-32D</a>
Blaue zweipolige Schraubklemme	<a href="#">SnapEDA - TB002-500-02BE</a>
A4988 Schrittmotortreiber	<a href="#">Pololu - A4988 Produktseite</a>
TO 220 Aufsteckkühlkörper	<a href="#">fischer elektronik - FK 245 MI 247 O Produktseite</a>

### 3.3 3D-Konstruktion

Wenn es um die 3D-Modellierung des Open3DScanners geht, gibt es nicht viel Besonderes zu erwähnen.

Alle für das Projekt benötigten und mit einem 3D-Drucker gedruckten Komponenten wurden mit [Fusion 360](#). Es ist zu beachten, dass Fusion 360 praktische Skripte enthält, um bestimmte Elemente automatisch zu erstellen. Eines dieser Skripte ermöglicht die Erstellung von Zahnrädern mit vorgegebenen Parametern. Dieses Skript wurde für die Zahnräder im Open3DScanner verwendet.

Für die nachfolgenden Bauanleitungen und Renderbilder des fertigen Open3DScanners werden CAD-Modelle einiger Standardbauteile wie beispielsweise Kugellager benötigt.



**Abbildung 3.6** Fusion 360-Skript  
Einstellungen zum Erstellen des  
Stirnrads des Open3DScanners

Quelle	Modelltyp	Lizenz
<a href="#">AST Lager</a>	Lager	nicht angegeben, aber frei
<a href="#">Cad.Solidworks.Teile</a>	Nema 17	MIT
<a href="#">Oktopart</a>	Verschieden	nicht angegeben, aber frei
<a href="#">FreeCAD-Bibliothek</a>	Dupont toren	Anschluss- CC-BY 3.0
<a href="#">Digi-Key</a>	Molex-Steckverbinder & Kabelschuhe	nicht angegeben, aber frei
<a href="#">SnapEDA</a>	Micro USB-B-Stecker Anschluss	CC BY-SA 4.0

**Tabelle 3.3** Quellen für CAD-Modelle nichtelektrischer Komponenten

Es gibt mehrere Anbieter mit großen Bibliotheken von CAD-Modellen, die möglicherweise nicht frei verwendet und/oder verteilt werden. [Tabelle 3.3](#) enthält Informationen, welche Angebote für welche Modelle genutzt wurden.

## 3.4 Photogrammetrie

Das Herzstück des gesamten Photogrammetrieprozesses ist die Software, die aus den aufgenommenen Bildern das 3D-Modell erstellt.

Hierzu verwende ich die Software [Maschenraum](#). Es ist intuitiv zu bedienen und führt den gesamten Prozess durch. Aus den eingespeisten Bildern entsteht das fertige (texturierte) 3D-Modell. Alternative Softwarelösungen bieten nicht immer den gesamten Prozess an und erzeugen beispielsweise nur eine Punktwolke, die mit einem anderen Programm in ein 3D-Modell umgewandelt werden muss. Dies gilt beispielsweise für [VisualSFM](#).

Meshroom wird unter der MPL 2.0 veröffentlicht und kann vom Benutzer selbst kompiliert oder als gebrauchsfertiges Installationsprogramm bezogen werden.

Generell würde ich jedem die Nutzung von Meshroom empfehlen, da es einfach sehr einfach zu bedienen ist, tolle Ergebnisse liefert und gleichzeitig umfangreiche Konfigurationsmöglichkeiten bietet.

Die einzige Einschränkung besteht darin, dass für optimale Ergebnisse eine CUDA-fähige Grafikkarte (Nvidia) erforderlich ist, da die Berechnungen auf der GPU erfolgen. Sollte eine solche Karte nicht vorhanden sein, kann ein „Vorschaumodus“ aktiviert werden, der ohne CUDA funktioniert, aber auch schlechtere Ergebnisse liefert.

## 3.5 MATEX

MaZur Erstellung dieses Handbuchs wurde TEX verwendet und zu guter Letzt werden wir uns ansehen, welche Pakete zur Erstellung verwendet wurden.

Die verwendete Dokumentklasse ist yReport von Harvey Sheppard. Die Klasse ist Teil seines Projekts [yLatex](#), das Dokumentklassen und -pakete zum Erstellen ansprechender Dokumente bereitstellt. Das gesamte yLatex-Projekt ist mit LPPL 1.3 lizenziert.

Der verwendete Compiler ist [X<sub>3</sub>LaTeX](#), welches von der Dokumentklasse yReport benötigt wird. [TEX Live](#) wird als TEX-Verteilung verwendet und [TEXstudio](#) als Herausgeber.

Bilder finden sich an verschiedenen Stellen in diesem Dokument. Sofern es sich bei diesen Bildern nicht um Fotos, Screenshots oder Exporte aus anderer Software handelt, wurden die Bilder mit Gimp erstellt, welches unter der GPL lizenziert ist.

Darüber hinaus werden zur Realisierung einzelner Aspekte des Dokuments verschiedene Pakete eingesetzt. Diese sind im Folgenden aufgeführt.

Paket	Version	Betreuer	Lizenz	Zweck
fontawesome5	5.9.0	Marcel Krüger	LPPL 1.3c	Erforderlich für yAuthorBlock und & OFL Wird verwendet, um einige Symbole im gesamten Dokument anzuzeigen.
yAuthorBlock	unbekannt	Harvey Sheppard	LPPL 1.3	Wird verwendet, um den Autorenblock auf der zweiten Seite zu erstellen.
tabellarischx	2.11	Das L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X Team	LPPL 1.3	Da tabu (verwendet von yReport) etwas fehlerhaft ist, verwendet dieses Dokument tabularx.
Abonnieren	2,7 Sekunden	Joseph Wright	LPPL 1.3c	Wird verwendet, um Zahlen und Einheiten ordnungsgemäß anzuzeigen.
Indextools	1.5.1	Maïeul Rouquette	LPPL 1.3	Wird verwendet, um einen Index aller Weblinks für gedruckte Dokumente zu erstellen.
xparse	28.05.2019	Das L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X Team	LPPL 1.3c	Erforderlich für String Magic zur Anzeige von URLs im Index (Anhang B) in angemessener Weise.
infoBulle	unbekannt	Harvey Sheppard	LPPL 1.3	Wird zur Anzeige verschiedener Blocktypen (Info, Warnung, ...) im Hauptbereich verwendet.
marginInfoBulle	unbekannt	Harvey Sheppard	LPPL 1.3	Wird zur Anzeige verschiedener Blocktypen (Info, Warnung, ...) im Randbereich verwendet.
Isodat	2.28	Harald Harders	LPPL 1.3c	Wird für die einheitliche Anzeige von Daten verwendet. Wird aufgrund des seltsamen Verhaltens des Datetime-Pakets (in yReport enthalten) benötigt.
xurl	0,07	Herbert Voß	LPPL 1.3	Erlauben Sie URL-Umbrüche bei jedem alphanumerischen Zeichen.
holo	1.13	Heiko Oberdiek	LPPL 1.3	Wird verwendet, um Logos aus dem L anzuzeigen <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X-Familie.

Tabelle 3.4 Gebraucht L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Pakete im Open3DScanner-Handbuch



# 4

## Kapitel

# Erforderliche Teile

In diesem Kapitel wird gezeigt, welche Dinge zum Bau des Open3DScanners benötigt werden. Es befasst sich mit den Komponenten des Druckers sowie mit den Werkzeugen und Geräten, die zum Zusammenbau benötigt werden.

Es wird empfohlen, dieses Kapitel sorgfältig zu lesen, wenn Sie Ihren eigenen Open3DScanner erstellen möchten.

## 4.1 Stückliste

Einer der wichtigsten Punkte zum Bau Ihres eigenen Open3DScanners ist eine Stückliste der benötigten Teile.

Diese sind in den folgenden Abschnitten enthalten. Die Gesamtliste ist in zwei Teillisten aufgeteilt. Die erste enthält alle elektrischen Bauteile, die sich auf der Platine befinden oder mit ihr verbunden sind. Die zweite Liste enthält alle weiteren Dinge, die zum Zusammenbau des Open3DScanners benötigt werden.

### 4.1.1 Elektrische Komponenten

Die folgende Tabelle enthält alle elektrischen Komponenten, die zum Bau des Open3DScanners erforderlich sind.

Neben dem Bauteil und der benötigten Menge wird auch die Kennung des jeweiligen Bauteils auf der Leiterplatte angegeben. Darüber hinaus werden bei einzelnen Bauteilen noch Informationen angegeben, die beim Einkauf beachtet werden müssen.

Komponente	Menge	PCB-Kennung	Notiz
ESP32-DevKitC	1	A1	Während ich die <b>AZ-Delivery ESP32-DevKitC</b> , jede Version, die die <b>ESP32-DevKitC</b> Spezifikation sollte funktionieren.
A4988 Schrittmotortreiber	2	A2TT1 und A3RT1	Jeder A4988-Schrittmotortreiber sollte funktionieren. Ich empfehle den Kauf passender Kühlkörper.
Nema 17 Schrittmotor	2	M1RT1 und M2TT1	Achten Sie darauf, die Version mit Dshaft zu kaufen. Ich verwende starke Schrittmotoren, wie diesen <b>59Ncm Nema 17 Schrittmotor</b> .
LT1086CT-5	1	U2	Stellen Sie sicher, dass Sie die <b>Bis-220</b> Typ.
IRLB 8721	1	Frage 1	Stellen Sie sicher, dass Sie die <b>Bis-220</b> Typ.
TO-220-Kühlkörper	2	Q1 und U2	Ich empfehle mindestens einen für die <b>LT1086CT-5</b> da es im Betrieb sehr heiß wird. Der für die <b>IRLB 8721</b> ist nur zur Sicherheit. Während ich die <b>FK 245 MI 247 O</b> Sie können wählen, was in den Raum passt (ca. 22,5 mm×10mm).
1 ml Wärmeleitpaste	1	-	Erforderlich für eine gute Verbindung zwischen <b>Bis-220</b> Komponenten und deren Kühlkörper. Es wird nur eine winzige Menge benötigt.
Drehgeber STEC12E08	1	-	Dieser wird mit der Stiftleiste SW1 verbunden.
Nokia 5110 Anzeige	1	-	Dieser wird mit der Stiftleiste DS1 verbunden. Kaufe eine mit Schraubblöchern. Der Lochabstand auf der X-Achse sollte 34mm und auf der Y-Achse 40,5mm betragen.
5 mm 3-polige zweifarbig LED	1	-	Dieser wird mit der Stiftleiste D1 verbunden. Ich empfehle die Verwendung einer rot-grünen Variante.
5 m×8mm 300 LED 3528 Streifen, 12V 1 1,5A	-	-	Dieser wird an die Stiftleisten D2, D3, D4, D5 angeschlossen.
Runder 20-mm-SPST-Wippschalter (R13 112)	1	-	Dieser wird mit der Stiftleiste SW2 verbunden.
5,5 mm×2,1 mm Buchse für Gleichstromversorgung, 1 Buchse, Panelmontage (L722AS)	-	-	Dieses wird mit der Stiftleiste SW2 verbunden. Achten Sie darauf, eine mit Gewinde und Mutter für die Panelmontage zu nehmen.
473nF Keramikkondensator	1	C3	Wählen Sie 2,54 mm Stiftabstand und 3,4 mm Radius.
10µF Elektrolytkondensator	1	C1	Wählen Sie 2 mm Stiftabstand und 4 mm Radius.
100µF Elektrolytkondensator	3	C2, C4, C5	Wählen Sie 2,5 mm Stiftabstand und 6,3 mm Radius.
100Ω Widerstand	3	R1, R2, R6	Wählen Sie, was Sie zur Hand haben, beispielsweise Kohlenstofffilm oder Metall(oxid)film.
330Ω Widerstand	1	R4	Wählen Sie, was Sie zur Hand haben, beispielsweise Kohlenstofffilm oder Metall(oxid)film.
10kΩ Widerstand	2	R3, R5	Wählen Sie, was Sie zur Hand haben, beispielsweise Kohlenstofffilm oder Metall(oxid)film.

Tabelle 4.1 Stückliste für alle elektrischen Komponenten des Open3DScanners – Teil 1/3

Komponente	Menge	PCB-Kennung	Notiz
2-polige Schraubklemmen, 5 mm Abstand	7	J1, J2, SW2, D2. Achten Sie darauf, dass Sie welche mit 5 mm Abstand bekommen. D3, D4, D5	
2,54 mm 40-poliger Header	1	M1RT1, M2TT2, D1, DS1, SW1	Wird in 1 geschnitten×3, 2×4, 1×5 und 1×8.
2,54 mm 40-polige Buchse	2	A1, A2TT1, A3RT1	Wird in 2 Teile geschnitten×19 und 4×8. Jeder Schnitt führt zum Verlust einer Zahnpfanne.
1×3 Dupont-Gehäuse	4	-	Wird verwendet um D1 mit der Bicolor-LED auf beiden Seiten sowie den STEC12E08-Drehgeber auf der Bauteilseite anzuschließen.
1×5 Dupont-Gehäuse	1	-	Wird verwendet, um SW1 mit dem Drehgeber auf der PCB-Seite zu verbinden.
1×8 Dupont-Gehäuse	2	-	Wird verwendet, um DS1 auf beiden Seiten mit dem LCD zu verbinden.
Weibliche Dupont-Anschlüsse	33	-	Erforderlich für alle Dupont-Gehäuse.
Molex Crimpgehäuse - Micro-Fit - 1x2-polig, männlich (430200201)	4	-	Erforderlich zum Anschließen der Lichter an den Open3DScanner. Teilenummer <a href="#">Molex 430200201</a>
Molex Crimpgehäuse - Micro-Fit - 4 1x2-polig, weiblich	-	-	Erforderlich zum Anschließen der Lichter an den Open3DScanner. Teilenummer <a href="#">Molex 430250200</a>
Molex Crimpkontakt – Micro-Fit, weiblich	8	-	Erforderlich zum Anschließen der Lichter an den Open3DScanner. Teilenummer <a href="#">Molex 430300007</a>
Molex Crimpkontakt – Micro-Fit, 8 Stecker	-	-	Erforderlich zum Anschließen der Lichter an den Open3DScanner. Teilenummer <a href="#">Molex 430310007</a>
Kabelschuh	4	-	Die Kabelschuhe müssen zu deiner Strombuchse und deinem Wippschalter passen. Bei mir sind es 2×2,8 mm (Stromanschluss) und 2×4,8 mm (Wippschalter).
Netzteil 12V, 2250mA mit 1 5,5mm×2,1 mm Hohlstecker männlich	-	-	Dies wird den gesamten Open3DScanner mit Strom versorgen
15 cm Micro USB-B-Kabel	1	-	Wird verwendet, um J2 mit dem USB-Anschluss des ESP32 zu verbinden. Besorgen Sie sich nach Möglichkeit ein bereits vorbereitetes Kabel, andernfalls müssen Sie selbst eins zuschneiden.
AWG 18 oder 0,75 mm²Kabel	-	-	Dient zur Stromübertragung (z.B. von der Strombuchse zur Platine, innerhalb von Teilen des LED-Streifens und zum LED-Streifen hin). Da die Kabel keiner oder nur geringer Bewegung ausgesetzt sind, bestehen keine besonderen Anforderungen wie bei Silikonkabeln. Ich verwende einfaches Lautsprecherkabel, das in Rollen zu 25m verkauft wird. Eine genaue benötigte Menge an Drähten kann ich nicht angeben, da dies etwas von der individuellen Verkabelung abhängt.

Tabelle 4.2 Stückliste für alle elektrischen Komponenten des Open3DScanners – Teil 2/3

Komponente	Menge	PCB-Kennung	Notiz
AWG 24 oder 0,2 mm <sup>2</sup> Kabel	-	-	Wird verwendet, um die verschiedenen Komponenten mit der Leiterplatte zu verbinden. Ich kann keine genaue erforderliche Anzahl an Drähten angeben, da dies teilweise von der individuellen Verdrahtung abhängt.
Leiterplatte	1	-	Die Gerber-Dateien für die Leiterplatte des Open3DScanners sind Teil dieses Projekts und können verwendet werden, um Leiterplatten von einem Hersteller zu beziehen.

**Tabelle 4.3** Stückliste für alle elektrischen Komponenten des Open3DScanners – Teil 3/3

## 4.1.2 Andere Komponenten

Der vorherige Abschnitt enthält die Stückliste für alle elektrischen Teile des Open3DScanners.

Darüber hinaus enthält dieser Abschnitt eine Stückliste aller restlichen Teile, die zum Bau des Open3DScanners benötigt werden. Die Trennung soll helfen, die Bestellungen bei den jeweiligen Lieferanten besser bündeln zu können.

Es ist zu beachten, dass die Mengenangaben bei den Schrauben Maximalmengen darstellen. Diese können kleiner ausfallen, wenn z.B. nicht die maximal vier Leuchten montiert werden.

Komponente	Menge	Notiz
400 mm×550 mm×16mm Holz 1 Brett		Dies wird als Basis für den gesamten Open3DScanner verwendet.
500 mm×550 mm×3 mm PVC-Hartschaumplatte	1	Die Rückseite des Open3DScanners.
800 g ABS-Filament	1	Hauptfarbe. Andere Materialien wie PLA können geeignet sein.
800 g ABS-Filament	1	Sekundärfarbe. Andere Materialien wie PLA können geeignet sein.
800 g ABS-Filament	1	Akzentfarbe. Andere Materialien wie PLA können geeignet sein.
Nema 17 Dämpfer	2	Für Entkopplung Die Motoren aus Die Struktur von Open3DScanner.
Flüssigkleber	1	Wird für die Montage der Leuchten benötigt, wenn das auf den LED-Streifen aufgebrachte M3-Klebeband nicht hält und zum Festkleben einiger Muttern.
5 mm×26 mm Stahlstange	5	Dient zum Verbinden und Sichern verschiedener Teile.
625ZZ Lager	2	Dient dazu, die beweglichen Teile möglichst reibungsarm mit dem Rahmen zu verbinden.

**Tabelle 4.4** Stückliste für alle nicht elektrischen Komponenten des Open3DScanner 1/2

Komponente	Menge	Notiz
BMW M3×6 Stück	6	Dient zum Verbinden der Schrittmotoren mit den Dämpfern sowie der LED mit dem Gehäuse.
BMW M3×8 Stück	12	Wird für verschiedene Verbindungen verwendet.
BMW M3×10 Stück	12	Wird für verschiedene Verbindungen verwendet.
BMW M3×12 Stück	6	Wird für verschiedene Verbindungen verwendet.
BMW M3×20 Stück	4	Wird für verschiedene Verbindungen verwendet.
M3 Mutter	40	Dient zum Zusammenbau der Leuchten.
4.0×16 Senkkopf-Holzschraube	56	Dient zum Verbinden der Einzelteile mit dem Sockel.
5/8" Gummidichtring	1	Wird für die Kabeleinführung des Schrittmotortreibers in das Gehäuse verwendet.
30 mm×15 mm Gummifüße	4	Wird als Standfuß für den Open3DScanner verwendet.

**Tabelle 4.5** Stückliste für alle nicht elektrischen Komponenten des Open3DScanner 2/2

## 4.2 Verwendete Werkzeuge

Zur Einrichtung des Open3DScanners sind verschiedene Tools erforderlich. Diese werden in diesem Abschnitt beschrieben.

Zunächst werden die Standardwerkzeuge aufgelistet, die benötigt werden, in diesem Kapitel aber nicht näher beschrieben werden. Für die verwendeten Schrauben werden Schraubendreher benötigt und auch wenn Zange und Pinzette nicht unbedingt erforderlich sind, erweisen sie sich bei manchen Teilen der Montage als nützlich.

### 4.2.1 3D Drucker

Ein 3D-Drucker wird benötigt, um alle Modelle zu drucken, aus denen der Open3DScanner erstellt wird. Die Anforderungen sind relativ gering, da alle Teile aus PLA oder ABS gedruckt werden können.

Alle Teile sind so konzipiert, dass sie in das Druckvolumen eines **Original Prusa i3 MK3**, das ein Druckvolumen von 250 mm hat×210 mm×210mm. Es kann jeder andere FDM 3D-Drucker verwendet werden, der mindestens dieses Druckvolumen hat. Das einzige, was ich empfehle, ist ein beheiztes Druckbett, aber heutzutage ist es in fast allen Druckern enthalten.

#### Verwendete Filamente

Ich habe alle Teile für den Open3DScanner mit ABS gedruckt, daher ist dies das einzige Material, bei dem ich mit Sicherheit sagen kann, dass es funktioniert. Es sollte jedoch möglich sein, PLA und PETG sowie andere Materialien zu verwenden, da keine besonderen Kräfte auf die Teile wirken.

### 4.2.2 Crimpwerkzeuge

Um eine ordentliche und sichere Verkabelung des Open3DScanners zu erreichen, ist es notwendig die Kabel zu crimpen.

Für die verschiedenen Anschlüsse werden unterschiedliche Crimpwerkzeuge verwendet. Für die Anschlüsse an den Schraubklemmen wird eine Aderendhülsen-Crimpzange verwendet, für die Dupont-Kabel, die die einzelnen Komponenten mit der Platine verbinden, wird eine Universal-Crimpzange verwendet und für die Anschlüsse an den einzelnen Komponenten, die Stecker für Kabel haben, wird eine Terminal-Crimpzange verwendet.

#### Universal-Crimpzange

Während ich für meine Crimpwerkzeuge meist billige Sets kaufte, kaufte ich ein **Ingenieur PA-09** zum Crimpen von Dupont-Kabeln, da ich solche Kabel am häufigsten crimpe. Auch wenn dieses Crimpwerkzeug etwas teurer ist als vergleichbare Crimpzangen, macht sich die Qualität des Crimpwerkzeugs bezahlt. Aus diesem Grund empfehle ich das **Ingenieur PA-09**, insbesondere wenn Sie häufig Dupont-Kabel crimpen.

Ösen.

## 4.2.3 LötKolben

Zum Bestücken der Platine wird ein LötKolben benötigt. Da der Open3DScanner keine besonders empfindlichen oder sonstwie speziellen Teile verwendet, kann nahezu jeder LötKolben verwendet werden. Der Einsatz einer digitalen Lötstation ist nicht notwendig.

## 4.3 Hardware für Photogrammetrie

Ein leistungsstarker Computer verkürzt die notwendige Verarbeitungszeit für den Photogrammetrieprozess. Wie bereits im Kapitel 3.4 ist zur Verwendung der Meshroom-Software eine Nvidia-GPU erforderlich. Für andere Photogrammetrie-Software ist möglicherweise keine Nvidia-GPU erforderlich.

Ansonsten profitiert Photogrammetrie-Software deutlich von mehr Arbeitsspeicher, weshalb 32GB eine sinnvolle Untergrenze darstellen, die auch von verschiedenen Herstellern von Software für Photogrammetrie genannt wird.

Ein weiterer wichtiger Punkt, der berücksichtigt werden muss, ist, dass bei der Berechnung in den einzelnen Zwischenschritten große Datenmengen erzeugt werden, die persistiert werden müssen. Die Größe der erzeugten Daten übersteigt die Größe der Eingangsbilder um ein Vielfaches. Einer meiner Beispielscans mit 231 Bildern erzeugte über 20GB an Daten.

### Beispiel-Scan

Der erwähnte Scan besteht aus vier Einzelscans, deren Daten zusammengeführt wurden. Auf diesen Scan wollen wir an dieser Stelle nicht näher eingehen, entsprechende Informationen finden sich in den Kapiteln 6 und 7.

Aus diesem Grund muss darauf geachtet werden, dass ausreichend Speicherplatz zur Verfügung steht.



# Bauanleitung- tionen

In diesem Kapitel werden Schritt für Schritt die einzelnen Schritte erklärt, die notwendig sind, um aus den Einzelkomponenten einen Open3DScanner zu bauen.

Um ähnliche Aufgabenstellungen zusammenzufassen, werden die einzelnen Arbeitsschritte in Gruppen zusammengefasst.

## 5.1 Drucken der Teile

Zunächst müssen die benötigten Teile für die Montage ausgedruckt werden. Wie bereits erwähnt, empfehle ich die Verwendung von ABS-Filament, da dies die einzige Filamentart ist, die ich für den Open3DScanner getestet habe, aber ich gehe davon aus, dass auch andere Materialien wie PLA und PETG funktionieren.

Verwende PLA also nur, wenn Du mit Deinem 3D-Drucker kein ABS drucken kannst, weil Dir zum Beispiel ein geschlossener Druckraum oder ein beheiztes Druckbett fehlt.

Die Teile des Open3DScanners wurden so entworfen, dass sie alle in das Druckvolumen eines [Original Prusa i3 MK3](#) (zumindest einzeln). Dadurch wird sichergestellt, dass die meisten 3D-Drucker die Teile für den Open3DScanner drucken können.

Die Toleranz für die Verbindungen zwischen den Teilen sowie für Schraublöcher usw. beträgt bei allen Teilen an allen Stellen 0,35mm.

Mit Ausnahme der Rotor-Stand- und Passive-Stand-Dateien können alle Dateien ohne Support gedruckt werden. Für die beiden genannten Objekte ist es notwendig, Support in den Bereichen zu drucken, in denen die Lager eingesetzt werden.

### Testdruck

Es kann hilfreich sein, ein Teil als Probe auszudrucken und zu prüfen, ob die verwendeten Toleranzen für den eingesetzten Drucker geeignet sind.

Außer der Entfernung der Stütze ist keine Nachbearbeitung der Teile notwendig.

### Notiz

Die Zuordnung der Komponenten zu Farben ist willkürlich und entspricht meinem persönlichen Geschmack. Natürlich kann von dieser „Empfehlung“ abgewichen werden, es sei lediglich darauf hingewiesen, dass diese Zuordnung zur Berechnung der benötigten Filamentmengen verwendet wurde.

In der nachfolgenden Tabelle ist aufgeführt, welcher Teil wie oft ausgedruckt werden muss.

**Tabelle 5.1** Menge und Farbe der 3D-gedruckten Teile

Teil	Menge	Farbe
Rotorträger	2	Primär
Spotlight-Rahmen	1 – 4	Primär
Plattenspieler-Arm	1	Primär
Gehäuse-Top	1	Primär
Kabelhalter	5	Primär
Backplate-Halter	2	Primär
Plattenspieler-Mittel	1	Sekundär
Passiv-Ständer	1	Sekundär
Rotor-Ständer	1	Sekundär
Spotlight-Ständer	1 – 4	Sekundär
Gehäuse-Main	1	Sekundär
Gehäuseplatte	1	Sekundär
LCD-Halter	4	Sekundär
LED-Halter	1	Sekundär
Encoder-Halter	1	Sekundär
Micro-Fit-Halter-P1	4	Sekundär
Micro-Fit-Halter-P2	4	Sekundär
Restehalter-Klemme	4	Sekundär
Rotor-Getriebe	1	Akzent
Rotor-Ritzel	1	Akzent
Gehäuse-Knopf	1	Akzent

Nachfolgend sind die Druckeinstellungen für die Objekte angegeben. Dabei wird davon ausgegangen, dass eine 0,4mm Düse verwendet wird. Für andere Düsen müssen die Werte entsprechend angepasst werden.

Die Anzahl der in der Tabelle aufgeführten Druckeinstellungen wird so gering wie möglich gehalten, um nur Slicer-unabhängige Einstellungen zu beschreiben.

Insbesondere die Verwendung eines bestimmten Slicers ist für einen erfolgreichen Druck nicht notwendig. Bei der Wahl der restlichen Einstellungen muss lediglich darauf geachtet werden, dass die gedruckten Objekte möglichst stabil sind.



Einstellung	Wert
Schichthöhe	0,2 mm
Umfänge	4
Feste Deckschichten	5
Feste Bodenschichten	5
Füllmaterial	40 %

Tabelle 5.2 Druckeinstellungen für 3D-Druckteile mit 0,4-mm-Düse

Die 3D Modelle der Objekte liegen alle in der Ausrichtung vor, in der es empfohlen wird, sie zu drucken. Die Teile sind dabei so ausgerichtet, dass die Stabilität der Einzelteile bei späteren Belastungen verbessert wird (z.B. Drehtischarm) oder dass die Qualität der gedruckten Details in den Bereichen verbessert wird, in denen dies wichtig ist (z.B. Scheinwerferrahmen).

Wenn du dich an mein Farbschema hältst und maximal vier Lichter baust, brauchst du etwas mehr als eine 800g-Rolle Filament der Sekundärfarbe. Insgesamt brauchst du etwa 500g Filament der Primärfarbe, 850g Filament der Sekundärfarbe und 80g Filament der Akzentfarbe.

## 5.2 Bestückung der Leiterplatte

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Platine zusammengebaut wird. Dies ist keine Schritt-für-Schritt-Anleitung, aber ich gehe auf einige besondere und wichtige Punkte ein und beschreibe sie.

Eine solche Schritt für Schritt Anleitung zum Löten der Platine ist in diesem Dokument nicht enthalten. Vergleichbar ist lediglich eine Bilderserie, die alle Schritte dokumentiert, die ich bei der Montage der Platine durchgeführt habe. Diese Bilderserie findet sich im Anhang A.

Stattdessen sollte die Platine so bestückt werden, wie es für Sie am einfachsten ist. Alle Bauteile haben eine Kennung, die in der Stückliste zu finden ist und auf der Platine aufgedruckt ist.

### 5.2.1 Vorbereiten von Stiftleisten und Buchsen

Da sowohl Stiftleisten als auch Stiftsockel als 40 polige Variante erworben wurden, ist es erforderlich die Stiftleisten und Buchsen vor der Verwendung in passende Stücke zu schneiden.

Bei den Stiftleisten ist die Vorgehensweise sehr einfach, da sich zwischen den Pins immer eine Kerbe befindet, an der die Stiftleisten mit einem Seitenschneider durchtrennt werden können. Abbildung 5.1 zeigt eine dreipolige Stiftleiste mit den deutlich sichtbaren Einkerbungen.

Bei Stiftsockelleisten ist dieser Vorgang nicht ganz so einfach wie bei Stiftleisten, da aufgrund fehlender Abstände keine Aussparungen zwischen den Pins vorhanden sind.

Aus diesem Grund ist es notwendig, zunächst mit einer Zange einen Stift zu entfernen, an dem die Leiste abgetrennt werden soll. Wird eine fünfpolige Buchse benötigt, wird der sechste Stift entfernt. Anschließend wird die Buchse vorsichtig mit einem Seitenschneider durchtrennt.



Abbildung 5.1 Die Kerben zwischen die Stifte erleichtern die Trennung

an der nun freien Stelle. Dadurch können die Buchsen sicher und zuverlässig getrennt werden. Die Ecken und Kanten können mit dem Seitenschneider geglättet werden. Der Vorgang ist in [Abbildung 5.2](#).

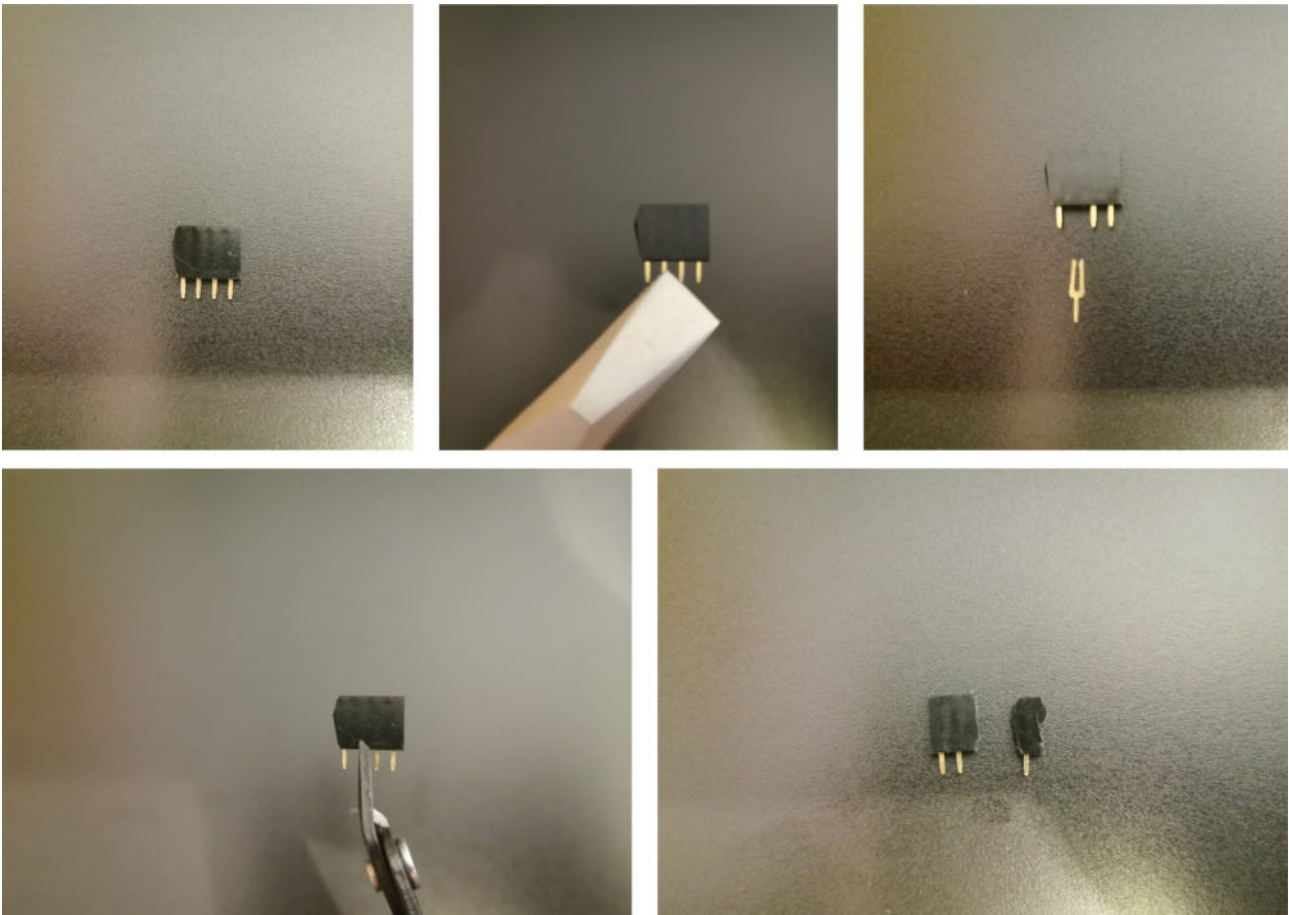


Abbildung 5.2 So trennen Sie Stiftsockel

## 5.2.2 Stiftsockel montieren

Die auf Stiftsockel montierten Bauteile sind die [A4988 Schrittmotortreiber](#) und die [ESP32-DevKitC](#).

Beide Bauteile verfügen über zwei Pinreihen. Daher ist es wichtig, dass die Pinsockel gerade und parallel auf der Platine montiert werden, damit die Bauteile später bestückt werden können.

Ohne Hilfsmittel ist das eine ziemlich fummelige Angelegenheit. Die einfachste Lösung für dieses Problem ist, die Pin-Sockel auf die entsprechenden Bauteile aufzustecken und diese dann auf der Platine zu verlöten. So ist gewährleistet, dass die Bauteile später exakt passen.

## 5.2.3 TO-220 & A4988 Kühlung

Der Open3DScanner verwendet keine aktive Kühlung, es wird jedoch empfohlen, einige Teile passiv zu kühlen.

Einerseits **A4988 Schrittmotortreiber** sollte mit einem Kühlkörper ausgestattet sein. Wenn die Schrittmotortreiber zu warm werden, kann es zu merkwürdigem Verhalten kommen (z. B. verpasste Schritte). Dies gilt insbesondere, wenn die Schrittmotortreiber auf über 1 A eingestellt sind.

Darüber hinaus gibt es zwei **Bis-220** Komponenten auf der Platine: die **IRLB 8721** und die **LT1086CT-5**. Der **LT1086CT-5** erzeugt im Betrieb viel Wärme, was die Lebensdauer des Bauteils erheblich verkürzen kann. Aus diesem Grund empfehle ich dringend die Verwendung von Wärmeleitpaste und einem geeigneten Kühlkörper.

Für die **IRLB 8721** inwieweit es im Betrieb Wärme entwickelt, habe ich nicht geprüft, empfehle aber nach dem Motto „Vorsicht ist besser als Nachsicht“ die Verwendung von Wärmeleitpaste und Kühlkörper.

Achten Sie darauf, dass die Kühlkörper keine anderen Bauteile oder die Platine berühren. Insbesondere bei den **LT1086CT-5** es geht etwas eng zu, da für eine optimale Funktion des Bauteils eine hohe Packungsdichte nötig ist.

Falls ihr die von mir in der Stückliste angegebenen TO-220-Kühlkörper verwendet, ist folgendes zu beachten: Je nachdem wie tief die Pins vor dem Löten in die Platine gesteckt werden, kann es nötig sein, die untere Finne des Kühlkörpers zu entfernen. Sonst passen die Kühlkörper nicht auf die Platine, da sie keinen Druck auf das Bauteil ausüben können, der bei den aufsteckbaren Kühlkörpern nötig ist.

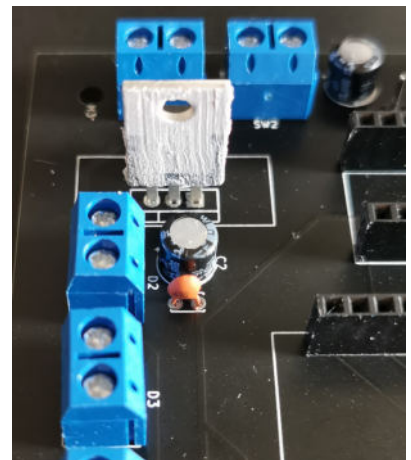


Abbildung 5.3 Tragen Sie eine dünne Schicht Wärmeleitpaste auf...

## 5.2.4 Bereiten Sie den LED-Streifen vor

Die Anweisungen in diesem Abschnitt müssen für jede Lampe wiederholt werden, die an den Open3DScanner angeschlossen wird. Obwohl es möglich ist, den Open3DScanner mit bis zu vier Lampen gleichzeitig zu betreiben, verwende ich nur zwei.

Für den Aufbau der Leuchten ist es zunächst notwendig den LED Streifen vorzubereiten. Der LED Streifen ist in regelmäßigen Abständen markiert. An diesen Markierungen ist es möglich den Streifen zu unterteilen.

Für die Beleuchtung des Open3DScanners werden 15cm lange Streifen benötigt. Das entspricht drei Segmenten mit je drei LEDs. Abbildung 5.5 zeigt so ein 15cm Stück LED-Streifen.



Abbildung 5.5 Ein Stück LED-Streifen, wie er im Open3DScanner verwendet wird

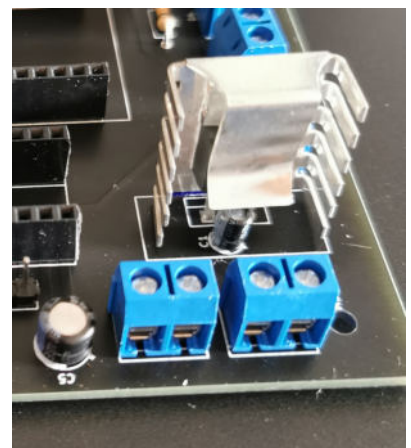


Abbildung 5.4 ...vor der Installation der Kühlkörper

Jede Leuchte des Open3DScanners nutzt acht dieser kurzen Streifen und somit 72 LEDs.

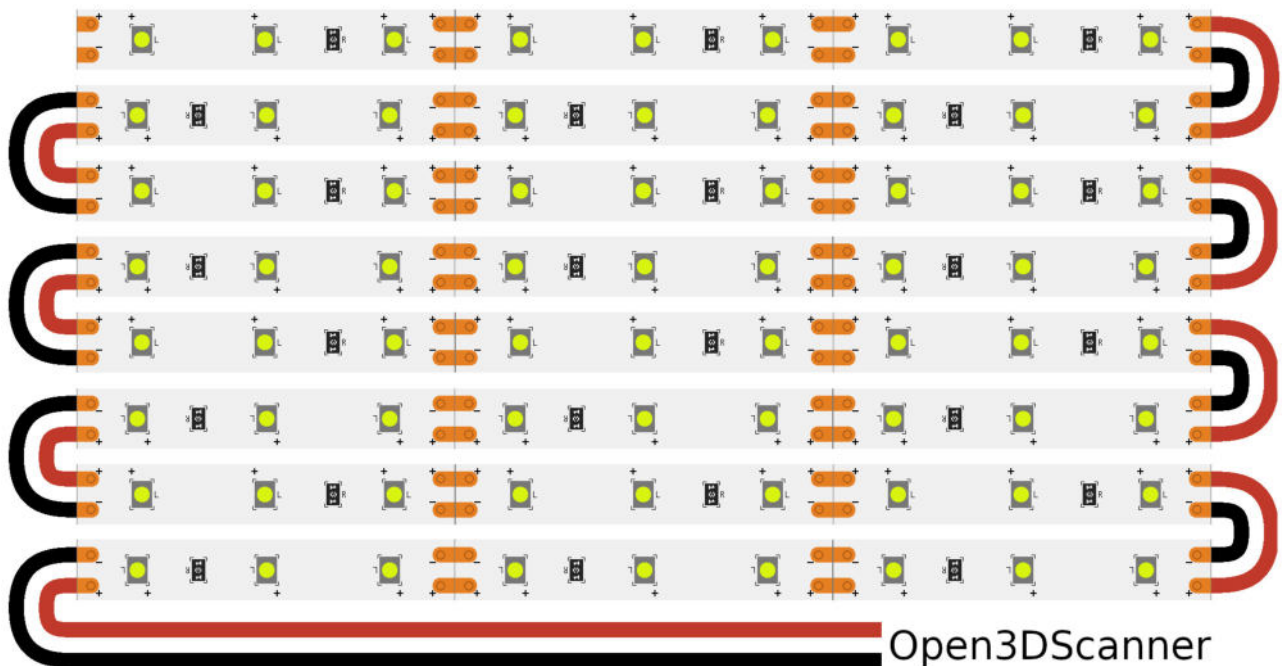


Abbildung 5.6 Schematische Darstellung des verlöteten LED-Streifens für eine Leuchte

Nach dem Teilen des LED-Streifens benötigen wir sieben etwa 7 cm lange Stücke von 0,75 mm<sup>2</sup> Kabel mit jeweils zwei Adern (für + und -). Diese dienen dazu, die Segmente des LED-Streifens miteinander zu verbinden. Außerdem benötigen wir noch ein ca. 60cm langes Kabel, welches für die Verbindung zum Open3DScanner verwendet wird. Dieses Kabel kann gekürzt werden, sobald die Leuchten montiert sind und das Kabel richtig verlegt ist.



Abbildung 5.7 Verlöteter LED-Streifen  
in bedrucktes Teil eingeklebt

Nun werden die einzelnen Stücke des LED-Streifens in Reihe miteinander verlötet und das lange Kabel an einem Ende festgelötet.

Wichtig ist, dass an dem langen Kabel an dieser Stelle noch kein Molex-Stecker angebracht wird, da wir das Kabel sonst nicht wie vorgesehen verlegen können. Generell ist es sinnvoll, den Stecker erst anzubringen, nachdem das Kabel auf die richtige Länge gekürzt wurde.

Eine schematische Darstellung, wie das Lötresultat aussehen sollte, finden Sie in [Abbildung 5.6](#). Achten Sie beim Lötun unbedingt auf die Verbindung der richtigen Kontakte.

Nun wird der verlötete LED-Streifen auf den Spotlight-Frame geklebt. In die Aussparungen wird jeweils ein Streifen mittig geklebt. Dabei darauf achten, dass das lange Kabel am unteren Ende liegt.

Das Ende des langen Kabels wird durch das Loch geführt, welches sich im unteren Bereich, in der Mitte des Teils befindet. [Abbildung 5.7](#) zeigt wie das Ergebnis aussehen sollte.

Der LED-Streifen wird mit dem vormontierten M3-Klebeband eingeklebt. Sollte dieses nicht fest genug sein und sich die LED-Streifen wieder lösen, kann man

Dazu einfach etwas Flüssigkleber auf das bedruckte Teil auftragen und den LED-Streifen anschließend wieder festdrücken.

Der LED-Streifen ist nun bereit für die Montage der Leuchte, die im Abschnitt 5.3.

## 5.2.5 Vorbereiten der Kabel

In diesem Abschnitt werden die im Open3DScanner verwendeten Kabel genauer beschrieben. Dies ist ausdrücklich keine Anleitung zum Crimpen, es gibt sehr gute Quellen hierfür<sup>1</sup>.

Stattdessen werden in den folgenden Abschnitten die einzelnen Kabel und ihre Verbindungen beschrieben.

Zu jedem Kabel ist eine Prinzipskizze beigelegt, aus der die ggf. erforderliche Kabelausrichtung deutlich hervorgeht.

Stromkabel sind in den Farben Rot (+) und Schwarz (GND) dargestellt, während sämtliche Datenkabel in Blau dargestellt sind. Diese Farbkodierung wird in späteren Abbildungen wiederverwendet und erleichtert so die Orientierung.

Die angegebenen Kabellängen verstehen sich exklusive der Länge der jeweils verwendeten Stecker.

LED-Streifen



Abbildung 5.8 Schematische Darstellung des LED-Streifenkabels

Bei der Montage werden die Molex-Stecker in das Gehäuse des Open3DScanners geklemmt, sodass diese direkt von außen zugänglich sind und die Lichter mit einem passenden Molex-Stecker angeschlossen werden können.

Da Aderendhülsen crimps für die 0,75 mm<sup>2</sup> Kabeln kann es sein, dass diese anschließend sehr fest in den Schraubklemmen sitzen, was aber kein Problem darstellt.

Auch wenn keine oder weniger als vier Leuchten an den Open3DScanner angeschlossen werden sollen, ist es notwendig vier dieser Kabel vorzubereiten, damit später keine Lücken im Gehäuse entstehen.

An den LED-Streifen müssen noch die entsprechenden Buchsenstecker angebracht werden. Diese Kabel sind hier nicht abgebildet. Achten Sie lediglich auf die passende Polarität dieser Kabel.

<sup>1</sup> Im Internet gibt es viele gute Anleitungen zum Crimpen verschiedener Verbindungen. Zum Beispiel zum Crimpen Dupont-Kabel, Molex Micro Fit, und Kabelschuhe. YouTube ist auch eine großartige Quelle für Tutorials.

Merkmal	Wert
Menge	4
Drahtstärke	0,75 mm <sup>2</sup>
Länge	15 cm
Ende A-Anschluss	Aderendhülsen-Crimp
Anschlussende B	Mikro-Fit - 1x2-Stift, männlich
Ende A verbindet	Leiterplattenkontakte D2, D3, D4, D5
Ende B verbindet	Open3DScanner Gehäuse

Tabelle 5.3 Eigenschaften von LED-Streifenkabeln  
Tics



## Stromkabel

Merkmal	Wert
Menge	2
Drahtstärke	0,75 mm <sup>2</sup>
Länge	16/20cm (Leistung Wagenheber/Wippe Schalten)
Ende A-Anschluss	Aderendhülsen-Crimp
Anschlussende B	Kabelschuh
Ende A verbindet	Leiterplattenkontakte J1, SW2
Ende B verbindet	Wippschalter & Stromanschluss

**Tabelle 5.4** Stromanschlusskabel  
Eigenschaften

Merkmal	Wert
Menge	1
Drahtstärke	Undefiniert
Länge	15 cm
Ende A-Anschluss	Aderendhülsen-Crimp
Anschlussende B	Micro USB-B
Ende A verbindet	Leiterplattenkontakt J2
Ende B verbindet	ESP32-DevKitC

**Tabelle 5.5** Eigenschaften des USB-Kabels

Merkmal	Wert
Menge	1
Drahtstärke	0,2 mm <sup>2</sup>
Länge	11 cm
Ende A-Anschluss	3-poliger Dupont
Anschlussende B	3-poliger Dupont
Ende A verbindet	Leiterplattenkontakt D1
Ende B verbindet	Zweifarbige LED

**Tabelle 5.6** Zweifarbige LED-Kabeleigenschaft  
Merkmale



**Abbildung 5.9** Schematische Darstellung des Stromanschlusskabels

Zwei identische Kabel dienen zum Verbinden der Stromquelle mit der Platine sowie zum Anschluss des Wippschalters, welcher das Ein- und Ausschalten des Gerätes ermöglicht.

Achten Sie darauf, dass für beide Kabel die richtigen Kabelschuhe verwendet werden. Diese können bei verschiedenen Teilevarianten unterschiedlich sein und müssen passend zum Bauteil ausgewählt werden.

## USB-Kabel



**Abbildung 5.10** Schematische Darstellung des USB-Kabels

Da ein **ESP32-DevKitC** wird im Open3DScanner verwendet, ist eine Stromversorgung über die Micro-USB-B Buchse notwendig.

Der Kabeldurchmesser für das USB-Kabel ist nicht angegeben, da jedes beliebige USB-Kabel zur Stromversorgung des ESP32 verwendet werden kann. Die auf dem Markt erhältlichen USB-Kabel haben unterschiedliche Kabeldurchmesser, es ist jedoch nicht notwendig, ein spezielles Kabel zu kaufen.

## Zweifarbige LED-Kabel



**Abbildung 5.11** Schematische Darstellung des Bi-Color LED Kabels

Die Bicolor-LED wird direkt in den Dupont-Stecker eingesteckt.

Bei der Konfektionierung dieses Kabels ist unbedingt auf die Kabelbelegung zu achten. Die beiden Stecker sind nicht identisch angeschlossen.

## Encoderkabel



Abbildung 5.12 Schematische Darstellung des Encoderkabels

Wie auch bei der Bi-Color LED wird das Kabel für den Encoder direkt am Bauteil angeschlossen. Allerdings gibt es hier eine Besonderheit, die durch das Pin-Layout des verwendeten Encoders gegeben ist.

Die Pins des Encoders sind in zwei Reihen (2 + 3) angeordnet. Die Pins der 2er-Reihe sind wie bei einer 3er-Reihe angeordnet, wobei der mittlere Pin fehlt. Aus diesem Grund werden auf der Bauteilseite zwei 3-polige Dupont-Gehäuse verwendet, wobei ein Platz frei bleibt.

Merkmal	Wert
Menge	1
Drahtstärke	0,2 mm <sup>2</sup>
Länge	15 cm
Ende A-Anschluss	3-poliger Dupont
Anschlussstück Ende B	2x3-poliger Dupont
Ende A verbindet	Leiterplattenkontakt SW1
Ende B verbindet	Drehgeber

Tabelle 5.7 Eigenschaften der Encoderkabel  
Tics

## Displaykabel



Abbildung 5.13 Schematische Darstellung des Displaykabels

Da das verwendete Display auf einer Platine montiert ist, erfolgt der Anschluss des Kabels an den beiden Stiftleisten des Displays und der Platine.

Merkmal	Wert
Menge	1
Drahtstärke	0,2 mm <sup>2</sup>
Länge	15 cm
Ende A-Anschluss	8-poliger Dupont
Anschlussstück Ende B	8-poliger Dupont
Ende A verbindet	Leiterplattenkontakt DS1
Ende B verbindet	Anzeige

Tabelle 5.8 Kabeleigenschaften anzeigen-  
Tics

## 5.3 Zusammenbau des Open3DScanners

Nachdem alle notwendigen Vorarbeiten erledigt sind, folgt nun die eigentliche Anleitung zum Bau des Open3DScanners.

Jeder einzelne Schritt wird durch eine Abbildung illustriert. Zusätzlich ist jeder Schritt mit einer Kurzanleitung versehen und es werden, sofern sinnvoll, weitere Tipps, Warnungen und Hinweise gegeben.

Bei jedem Schritt werden alle verwendeten Bauteile aufgelistet. Werden diese teilweise montierten Teile später in weiteren Schritten verwendet, werden sie nicht nochmal aufgelistet.

Am Ende sind noch weitere Abbildungen zu finden, welche genaue Maße und Ausrichtungen der Teile beinhalten.

Teil	Menge
Rotor-Ständer	1
Passiv-Ständer	1
625ZZ Lager	2

Tabelle 5.9 Benötigte Teile für Schritt 1

#### Anweisungen

Drücken Sie in die dafür vorgesehenen Öffnungen im oberen Bereich der Druckteile jeweils ein Lager. Die Lager sollten bündig mit der Oberfläche der Druckteile abschließen.

#### Tipp

Sollte die Öffnung für die Lager etwas zu eng sein, kann man die Lager mit einer Zange in die Öffnung einpressen. Dabei sollte zwischen Zange und Bauteil ein Stück Stoff oder Taschentuch gelegt werden, um Krater und Verformungen zu vermeiden.

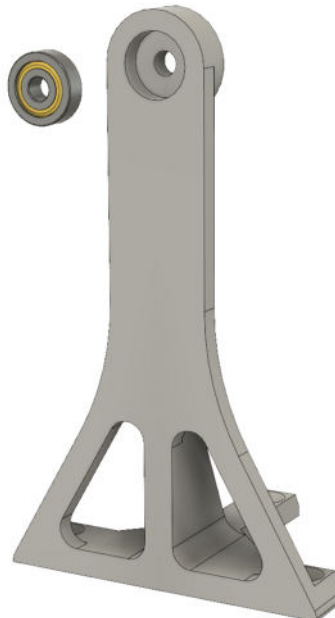
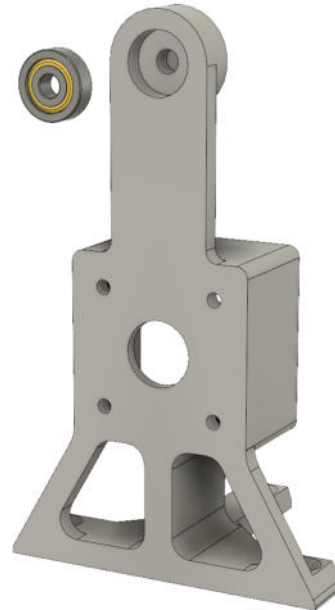


Abbildung 5.14 Schritt 1 der Open3DScanner-Montage



2  
Step



Teil	Menge
Nema 17 Schrittmotor	2
Nema 17 Dämpfer	2
BMW M3x6	4

Tabelle 5.10 Benötigte Teile für Schritt 2

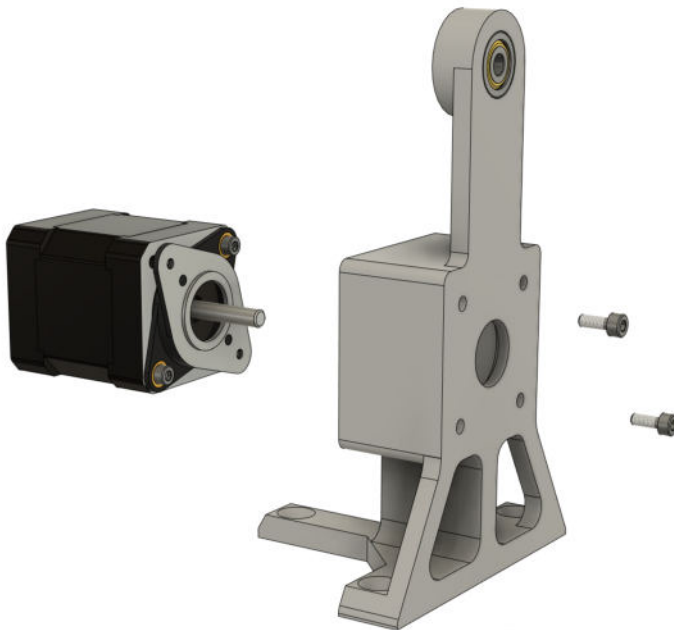
#### Anweisungen

Schrauben Sie die Dämpfer an die Schrittmotoren.

#### Tipp

Die Ausrichtung der Dämpfer ist dabei egal, wichtig ist lediglich, dass die Seite mit den Gewinden vom Schrittmotor weg zeigt.

3  
Step



Teil	Menge
BMW M3x8	2

Tabelle 5.11 Benötigte Teile für Schritt 3

#### Anweisungen

Schrauben Sie einen Schrittmotor an den Rotor-Stand.

#### Überprüfen

Achten Sie darauf, dass die Kabel nach unten zeigen, um die spätere Verkabelung zu vereinfachen.

Abbildung 5.15 Schritt 2 und 3 der Open3DScanner-Montage

Teil	Menge
Rotor-Getriebe	1
Rotor-Ritzel	1
5 mm×26 mm Stahlstange	1

Tabelle 5.12 Benötigte Teile für Schritt 4

#### Anweisungen

Drücken Sie das Rotor-Ritzel auf die Welle des Schrittmotors. Drücken Sie die Stahlstange so in das Lager, dass sie so weit wie möglich im gedruckten Teil versenkt ist, ohne die freie Drehung zu behindern. Schieben Sie das Rotor-Getriebe auf die Stahlstange. Verwenden Sie hierfür das mittlere Loch des Rotor-Getriebes.

#### Tipp

Das Rotor-Getriebe und die Stahlstange sind nicht bündig. Dies ist nicht problematisch und verbessert die Stabilität der Baugruppe in späteren Schritten.

#### Doppelte Kontrolle

Die Konstruktion gewährleistet keine Ausrichtung der beiden Zahnräder. Es ist vorgesehen, dass das Rotorzahnrad mittig auf dem Rotorritzel sitzt und beidseitig ca. 1mm übersteht. Dies muss unbedingt eingehalten werden, um später eine reibungslose Bewegung zu ermöglichen. Die Verbindungen sind so fest, dass die Teile nach der Ausrichtung nicht verrutschen sollten.



Abbildung 5.16 Schritt 4 der Open3DScanner-Montage

**5.a**  
step



Teil	Menge
Rotorträger	2
Plattenspieler-Arm	1
5 mm×26 mm Stahlstange	2

**Tabelle 5.13** Benötigte Teile für Schritt 5

#### Anweisungen

Drücken Sie an jedem Ende des Plattenspielerarms einen Rotorarm so, dass er bündig mit den Löchern abschließt. Drücken Sie in jedes der Löcher einen Stahlstab, um die Komponenten fest miteinander zu verbinden. Die Stahlstäbe sollten auf beiden Seiten bündig mit dem Rotorarm abschließen.

#### Überprüfen

Achten Sie auf die richtige Ausrichtung des Dreharms, um eine spätere Demontage und Korrektur zu vermeiden.

**5.b**  
step



**Abbildung 5.17** Schritt 5 der Open3DScanner-Montage

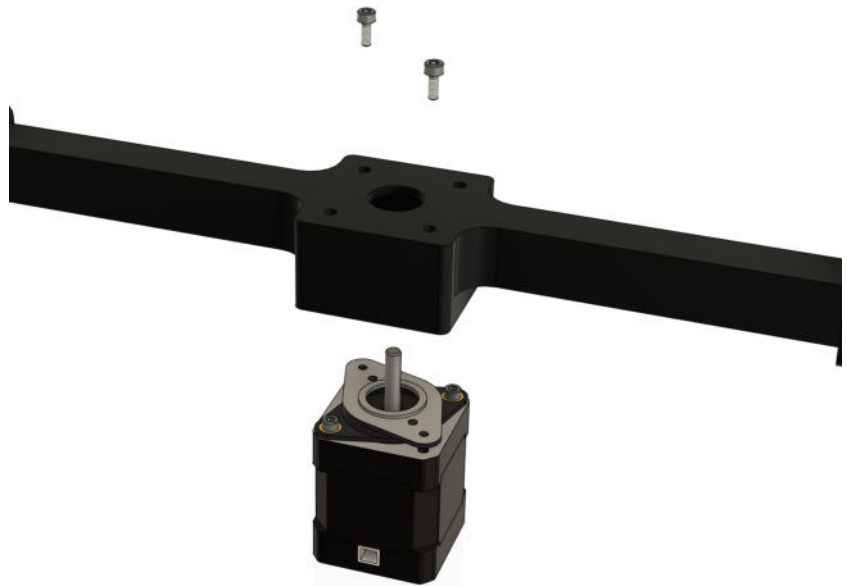
Teil	Menge
BMW M3 x8	2



Tabelle 5.14 Benötigte Teile für Schritt 6

#### Anweisungen

Den restlichen Schrittmotor an den Drehtisch-Arm schrauben.



Teil	Menge
5 mm x 26 mm Stahlstange	1



Tabelle 5.15 Benötigte Teile für Schritt 7

#### Anweisungen

Schieben Sie die Stahlstange durch das obere Loch eines Rotorarms und dann in das äußere Loch des Rotorzahnrad. Die Komponenten sollten bündig zueinander sein und der Rotorarm wird durch die beiden Klemmen am Rotorzahnrad befestigt.

#### Information

Der Rotor-Arm wird zusätzlich durch die Stahlstange fixiert, welche das Rotor-Getriebe mit dem Rotor-Ständer verbindet.

#### Überprüfen

Achten Sie darauf, dass die Motorkabel zu Ihnen zeigen, wenn sich der Rotor-Stand auf der linken Seite befindet. So können Sie die Verkabelung sauber durchführen.

#### Warnung

Zur genauen Ausrichtung der Stahlstange beachten Sie den Bildausschnitt. Die Stange muss ein kleines Stück aus dem Rotorarm herausragen, da sonst die Drehung des Gerätes blockiert wird.

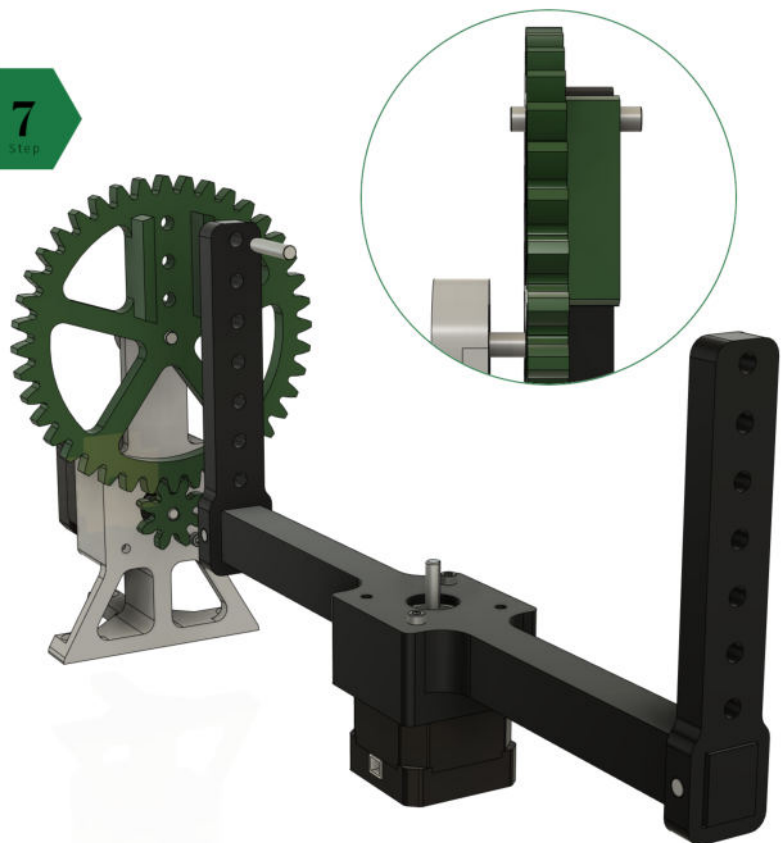


Abbildung 5.18 Schritt 6 und 7 der Open3DScanner-Montage

8  
step

Teil	Menge
5 mm x 26 mm Stahlstange	1

Tabelle 5.16 Benötigte Teile für Schritt 8

## Anweisungen

Verbinden Sie den anderen Rotorarm mit dem Lager im Passivständer. Nutzen Sie hierfür das Mittelloch im Rotorarm. Die Stange ist bündig mit dem Rotorarm und ragt etwas aus der Rückseite des Passivständers heraus.

9  
step

Teil	Menge
Plattenspieler-Mittel	1

Tabelle 5.17 Benötigte Teile für Schritt 9

## Anweisungen

Schieben Sie das Turntable-Medium so weit wie möglich auf die Welle des Schrittmotors, der am Turntable-Arm montiert ist.

## Tipp

Stabilisieren Sie die Konstruktion, indem Sie gegen die Unterseite des Drehtisch-Arms drücken, während Sie das Drehtisch-Medium auf die Motorwelle schieben. So können Sie ein Verbiegen und Deformieren der Teile verhindern.



Abbildung 5.19 Schritt 8 und 9 der Open3DScanner-Montage

Teil	Menge
Strahler-Stativ	1
Spotlight-Rahmen	1
BMW M3x8	2
M3 Mutter	2

Tabelle 5.18 Benötigte Teile für Schritt 10

#### Anweisungen

Drücken Sie die beiden Muttern in die Aussparungen des Spotlight-Stands. Wählen Sie zwei nebeneinanderliegende Löcher aus, die auf gleicher Höhe liegen. Befestigen Sie anschließend den Spotlight-Frame mit dem Spotlight-Stand. Schrauben Sie dazu die Schrauben mit den Muttern auf der Rückseite des Spotlight-Stands durch die Löcher im Spotlight-Frame.

#### Tipp

Wiederholen Sie diesen Schritt bis zu vier Mal für jeden Scheinwerfer, den Sie verwenden möchten. Die Höhe des Spotlight-Frames lässt sich durch Einstecken der Muttern in andere Aussparungen verändern. Dadurch lässt sich die Beleuchtung für die Scans verändern. Das Loch in der Mitte des unteren Teils des Spotlight-Frames dient zur Kabelführung.

10.a  
step

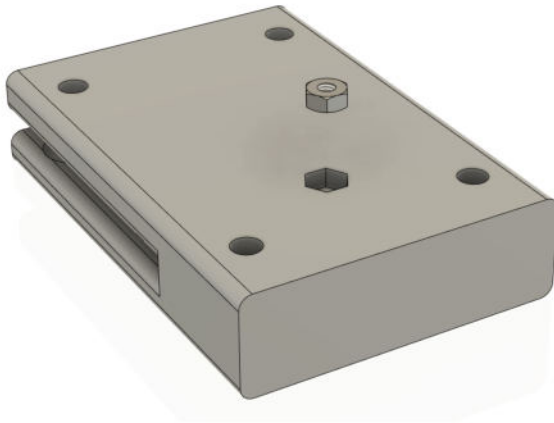


10.b  
step



Abbildung 5.20 Schritt 10 der Open3DScanner-Montage

**11.a**  
step



Teil	Menge
Fuß-Halter-Klemme	4
30 mm x 15 mm Gummifüße	4
BMW M3 x 20	4
M3 Mutter	4

**Tabelle 5.19** Benötigte Teile für Schritt 11

**Anweisungen**

Drücken Sie die Mutter in die Aussparung auf der Oberseite der Fuß-Halter-Klemme. Schrauben Sie anschließend die Gummifüße mit der Schraube von unten an die Mutter.

**Tipp**

Wiederholen Sie diesen Schritt viermal, um alle Füße der Grundplatte zu montieren.

**11.b**  
step



**Abbildung 5.21** Schritt 11 der Open3DScanner-Montage

Teil	Menge
400 mm×550 mm×16mm Holzbrett	1
Backplate-Halter	2
4.0×16 Senkkopf-Holzschrauben	24

Tabelle 5.20 Benötigte Teile für Schritt 12

#### Anweisungen

Die Teile werden mit Schrauben auf die Holzplatte geschraubt, die als Grundplatte dient. Pro montiertem Fuß und Backplate-Holder werden jeweils vier Schrauben verwendet. Auf der Unterseite der Holzplatte wird jeweils ein Fuß bündig in die Ecke montiert. Die waagerechte Öffnung zeigt in den Innenbereich der Platte. Die Öffnungen zweier Füße, die an der Längskante der Grundplatte montiert sind, liegen einander gegenüber. Die Backplate-Holder werden von der Oberseite der Grundplatte montiert. Sie werden bündig in die Ecken einer der Längskanten der Holzplatte montiert. Die Einsätze der Backplate-Holder müssen parallel zur Längskante der Grundplatte liegen.

#### Tipp

Zum Scannen wird die Backplate in die Backplate-Holder gesteckt. Zur Lagerung des Scanners kann die Backplate in die Footholder-Clamps geschoben werden, um das Volumen des Scanners zu reduzieren.

#### Überprüfen

Es müssen vier montierte Füße und zwei Backplate-Holder montiert werden.

#### Warnung

Richten Sie die Bauteile möglichst gut an den Ecken der Holzplatte aus. Sonst kann es passieren, dass die Rückwand nicht richtig sitzt oder sich Teile nicht festschrauben lassen, weil die Schrauben auf Ober- und Unterseite kollidieren.

12.a  
step



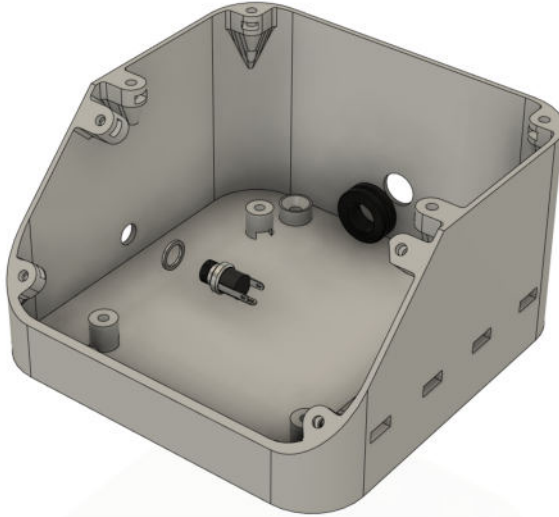
12.b  
step



Abbildung 5.22 Schritt 12 der Open3DScanner-Montage



13.a  
step



Teil	Menge
Gehäuse-Main	1
5,5 mm×2,1-mm-DC-Strombuchse für die Schalttafelmontage (L722AS)	1
5/8" Gummidichtring	1

Tabelle 5.21 Benötigte Teile für Schritt 13

#### Anweisungen

Drücken Sie die Gummidichtung in die dafür vorgesehene Öffnung auf der Gehäuserückseite. Montieren Sie den Stromanschluss in der Öffnung auf der linken Gehäusesseite.

#### Tipp

Sollte deine Strombuchse über das Zubehör zur Befestigung nicht verfügen, benötigst du zusätzlich eine M8 Mutter und eine 1mm Unterlegscheibe mit 8mm Durchmesser. Eine Zange vereinfacht das Anziehen der Mutter. Um die Verkabelung zu vereinfachen, ist es sinnvoll, das Stromkabel vorher an der Buchse anzubringen.

#### Warnung

Achten Sie dabei auf die Ausrichtung der Strombuchse wie in der Abbildung, da die Platine sonst möglicherweise nicht mehr in das Gehäuse passt.

13.b  
step

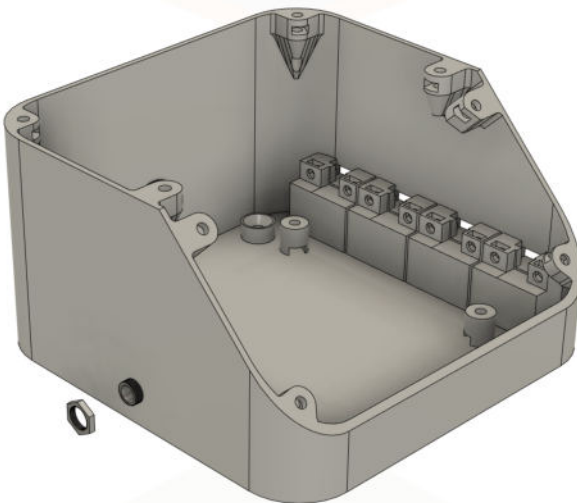


Abbildung 5.23 Schritt 13 der Open3DScanner-Montage

Teil	Menge
Molex Crimpgehäuse - Micro-Fit - 1x2-polig, männlich (430200201)	4
M3 Mutter	8

Tabelle 5.22 Benötigte Teile für Schritt 14

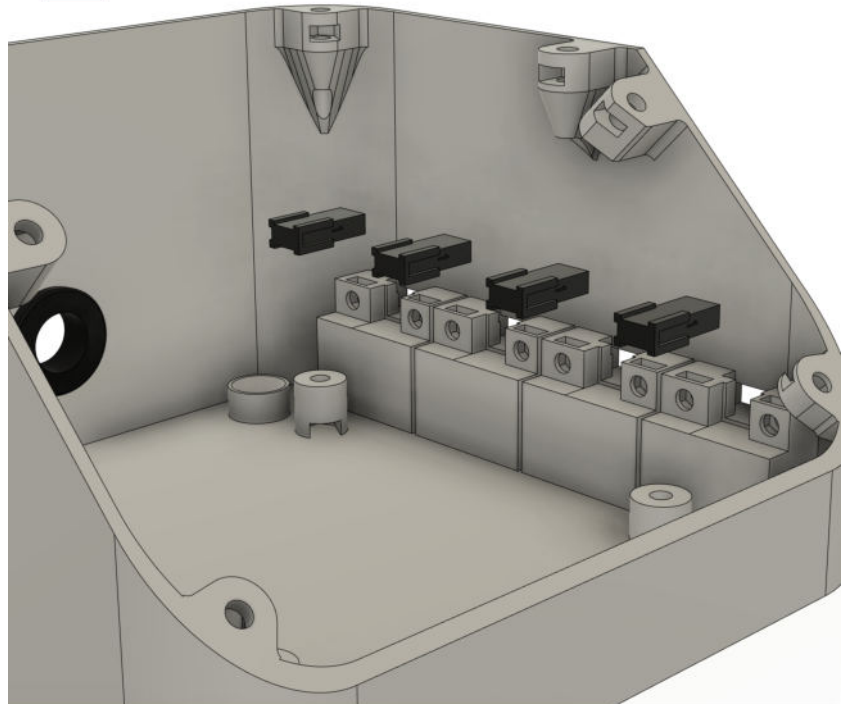
#### Anweisungen

Montieren Sie die Micro-Fit-Stecker. Achten Sie dabei darauf, dass der Befestigungshaken zur Gehäuserückseite zeigt. Die Stecker werden zunächst an die Gehäusewand gedrückt und in die Aussparung geschoben. Anschließend werden sie etwas herausgeschoben, sodass sie bündig mit der Gehäuseaußenseite abschließen. Schieben Sie die Muttern in die Öffnungen. Pro Stecker werden zwei Muttern benötigt.

#### Tipp

Bevor Sie die Micro-Fit-Stecker montieren, schließen Sie die Kabel an diese an.

14.a  
step



14.b  
step

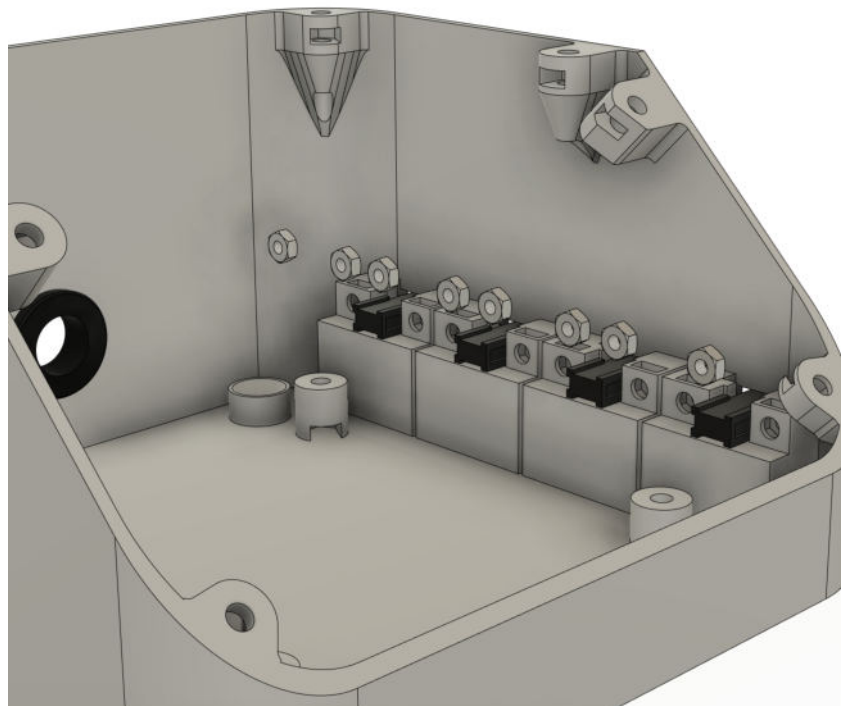
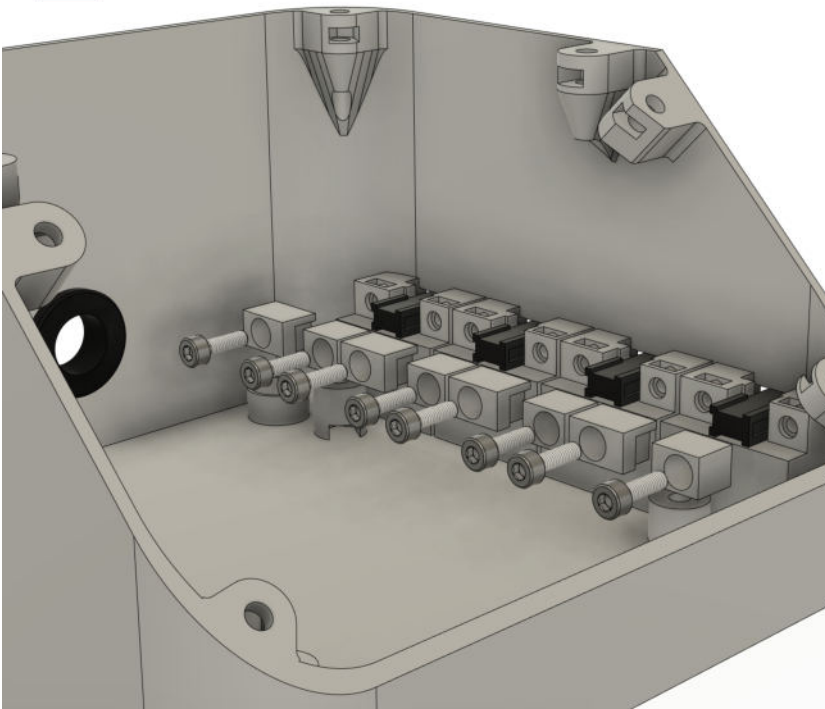


Abbildung 5.24 Schritt 14 der Open3DScanner-Montage

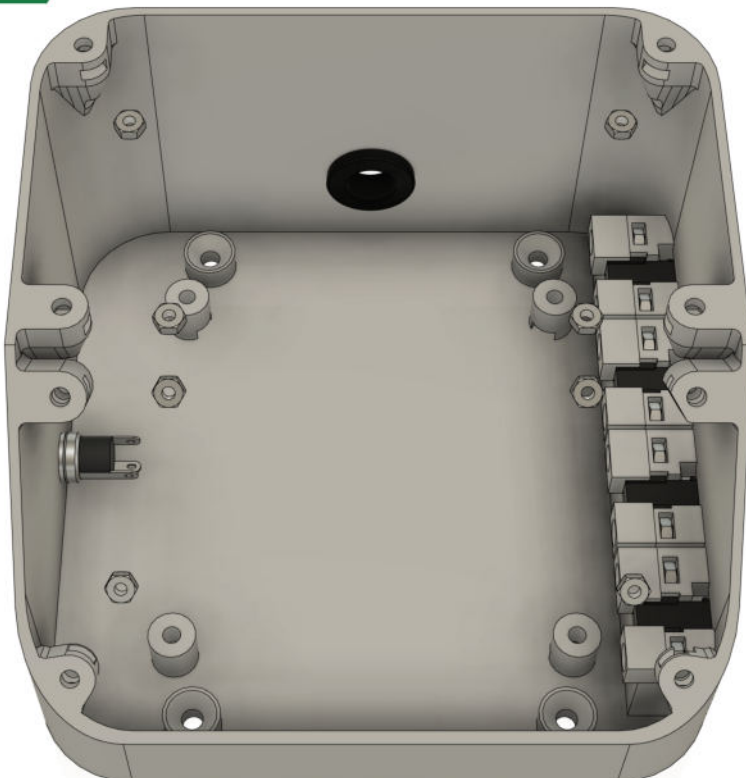
15  
step

Teil	Menge
Micro-Fit-Halter-P1	4
Micro-Fit-Halter-P2	4
BMW M3×10	8

Tabelle 5.23 Benötigte Teile für Schritt 15

## Anweisungen

Verwenden Sie einen Micro-Fit-Halter-P1, einen Micro-Fit-Halter-P2 und zwei Schrauben, um jeden Micro-Fit-Anschluss zu sichern.

16  
step

Teil	Menge
M3 Mutter	8

Tabelle 5.24 Benötigte Teile für Schritt 16

## Anweisungen

Schieben Sie in jede Öffnung entlang der Oberkante des Gehäuses eine Mutter.

Abbildung 5.25 Schritt 15 und 16 der Open3DScanner-Montage

Teil	Menge
Leiterplatte	1
M3 Mutter	4
BMW M3×12	4

Tabelle 5.25 Benötigte Teile für Schritt 17

#### Anweisungen

Je eine Mutter in die Platinenhalterung am Gehäuseboden schieben. Anschließend die Platine im Gehäuse festschrauben.

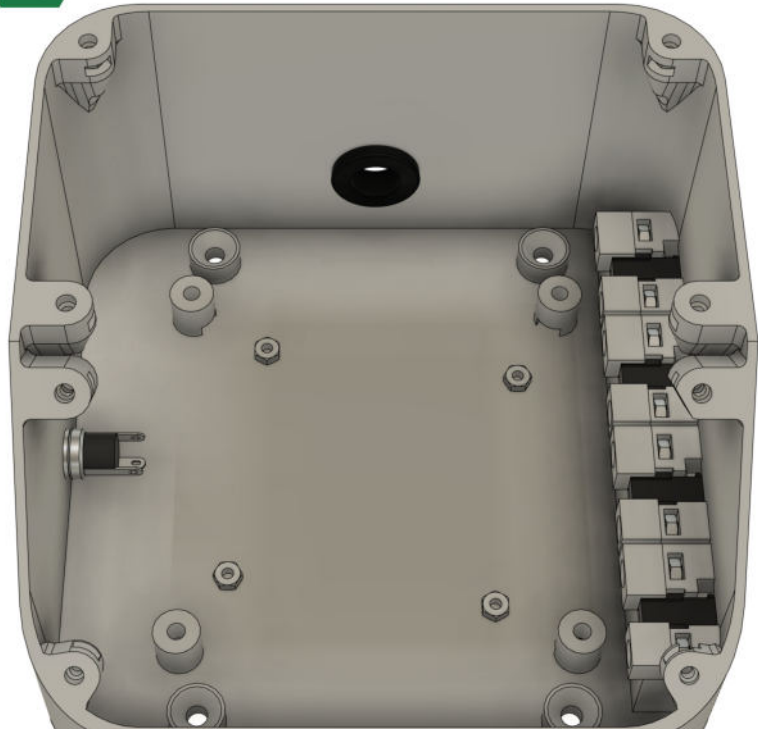
#### Tipp

Das Kabel vom Stromanschluss kann unter der Platine hindurchgeführt werden. Dies ist wesentlich einfacher, wenn dies vor dem Festschrauben der Platine geschieht.

#### Überprüfen

Achten Sie darauf, dass Sie die Platine wie im Bild ausrichten, da sonst die Verdrahtung schwierig werden kann und die angegebenen Kabellängen nicht mehr passen.

17.a  
Step



17.b  
Step

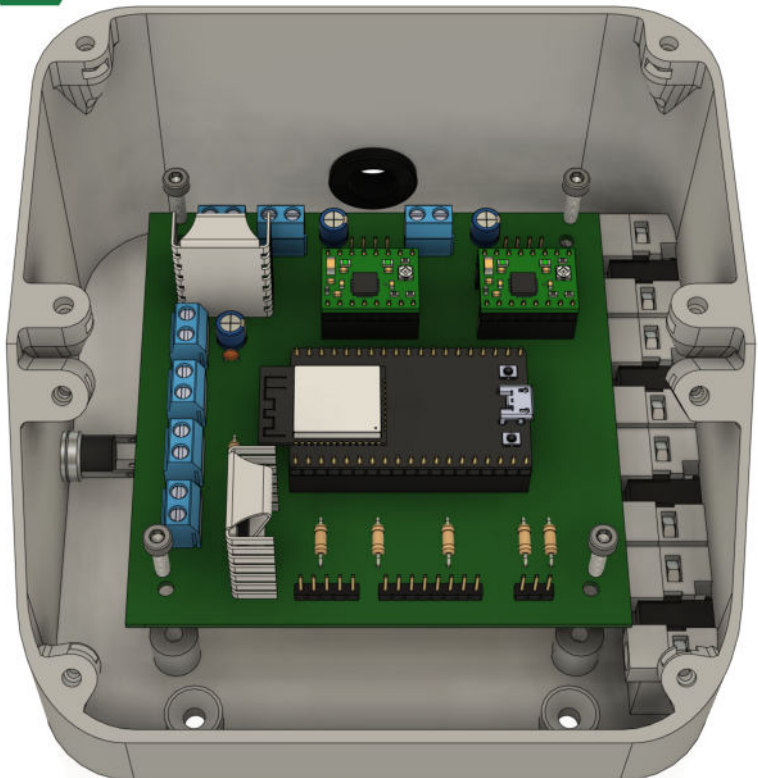


Abbildung 5.26 Schritt 17 der Open3DScanner-Montage

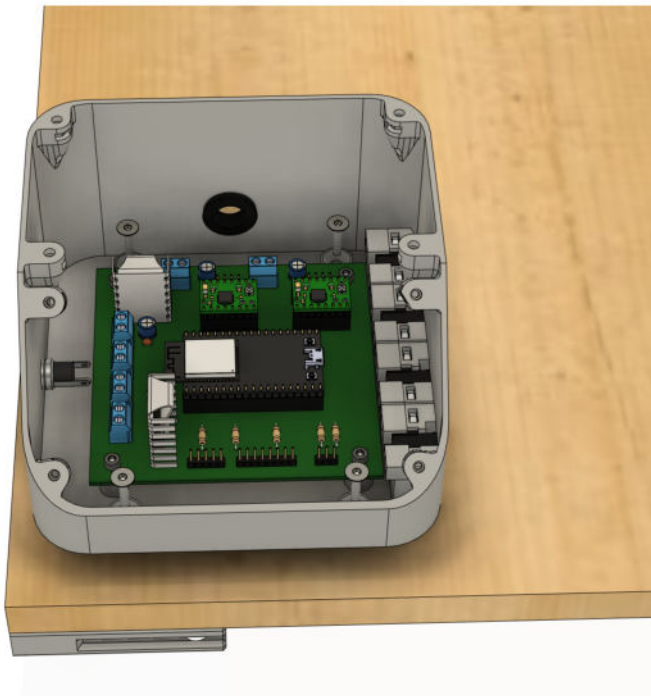
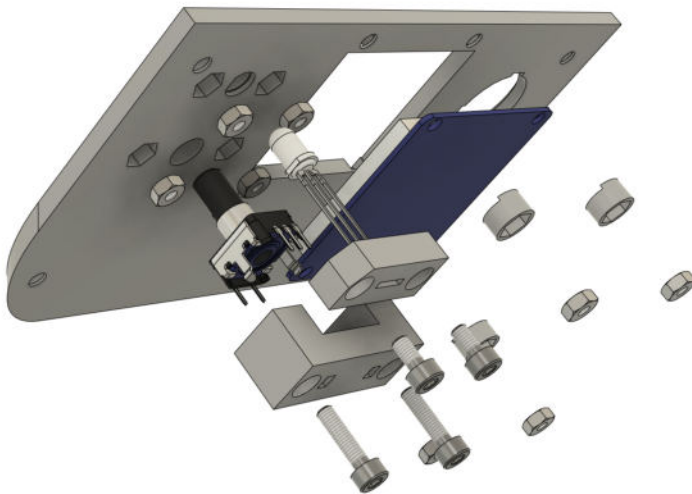
18  
step19  
step

Abbildung 5.27 Schritt 18 und 19 der Open3DScanner-Montage

Teil	Menge
------	-------

4.0×16 Senkkopf Holz 4  
Schrauben

Tabelle 5.26 Benötigte Teile für Schritt 18

## Anweisungen

Schrauben Sie das Gehäuse auf die Holzgrundplatte.

## Tipp

Zur exakten Ausrichtung auf der Grundplatte befindet sich am Ende der Montageanleitung eine detaillierte Abbildung.

Teil	Menge
------	-------

Drehgeber STEC12E08 1

5 mm 3-polige zweifarbige LED 1

Nokia 5110 Anzeige 1

LCD-Halter 4

LED-Halter 1

Encoder-Halter 1

Gehäuse-Front 1

BMW M3×12 2

BMW M3×6 2

M3 Mutter 8

Tabelle 5.27 Benötigte Teile für Schritt 19

## Anweisungen

Muttern für LED und Encoder mit Sekundenkleber in die Frontplatte des Gehäuses kleben. Restliche Muttern in den LCD-Halter drücken. LED, Encoder und LCD in die dafür vorgesehenen Öffnungen in der Frontplatte stecken. LED und Encoder mit der Frontplatte verschrauben. Hierzu LED-Halter und Encoder-Halter verwenden.

## Tipp

Je nach Hersteller des LCDs kann es notwendig sein, auf der Rückseite des Frontpanels ein Stück herauszuschneiden, da die Lötstellen sonst verhindern, dass das Display bündig im Panel sitzt.



Teil	Menge
Gehäuse-Knopf	1
Rund 20mm SPST Wippschalter (R13 112)	1
BMW M3×10	4

20  
step

Tabelle 5.28 Benötigte Teile für Schritt 20

#### Anweisungen

Den Wippschalter in die Aussparung der Frontplatte drücken. Das Display festschrauben und dabei auf die Ausrichtung des LCD-Halters achten. Den Gehäuseknopf auf die Welle des Encoders drücken.

#### Tipp

Den Gehäuseknopf nicht zu fest auf die Welle drücken, da sich sonst die aufgeklebten Muttern lösen.



Teil	Menge
Gehäuse-Top	1
BMW M3×10	8

21  
step

Tabelle 5.29 Benötigte Teile für Schritt 21

#### Anweisungen

Schrauben Sie das Gehäuse-Oberteil und die montierte Gehäuse-Front an das Gehäuse.

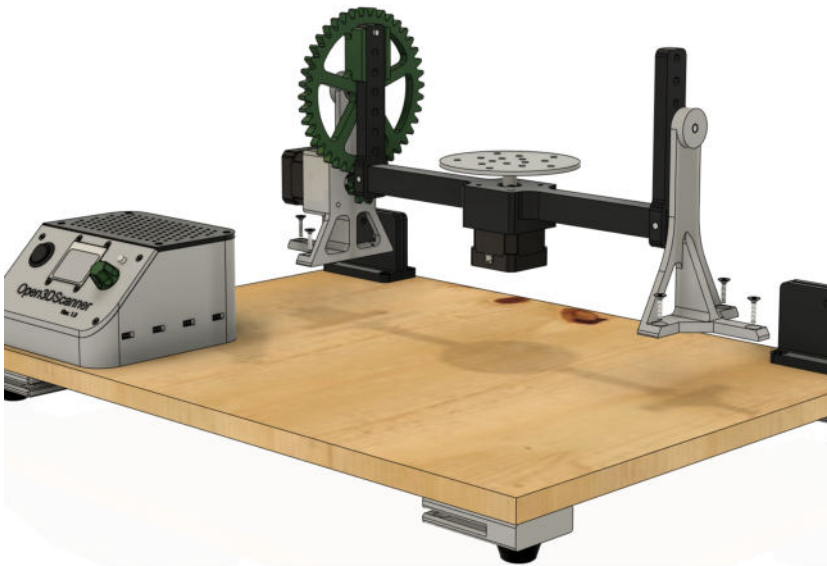
#### Tipp

Bevor ihr die Frontplatte mit dem Gehäuse verschraubt, sollten im Gehäuseinneren alle Kabel angeschlossen und die Schrittmotoren ebenfalls mit der Platine verbunden sein. Achtet außerdem darauf, dass ihr die Firmware auf den ESP32 geflasht habt. Ich empfehle einen grundlegenden Funktionstest vor dem Verschließen des Gehäuses.



Abbildung 5.28 Schritt 20 und 21 der Open3DScanner-Montage

22  
step



Teil	Menge
------	-------

4.0×16 Senkkopf Holz 6 Schraube	
---------------------------------	--

Tabelle 5.30 Benötigte Teile für Schritt 22

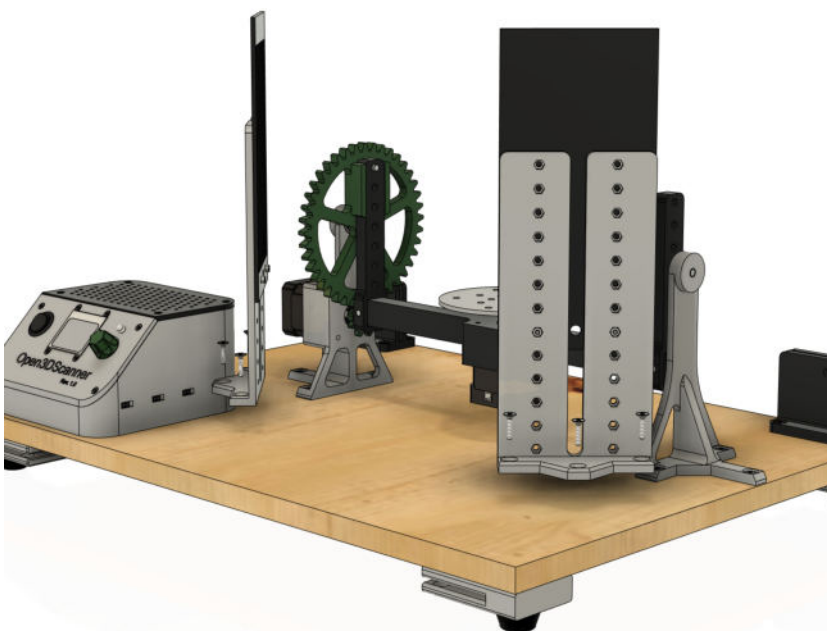
#### Anweisungen

Schrauben Sie den montierten Scanner auf die Grundplatte.

#### Tipp

Zur exakten Ausrichtung auf der Grundplatte befindet sich am Ende der Montageanleitung eine detaillierte Abbildung.

23  
step



Teil	Menge
------	-------

4.0×16 Senkkopf Holz 6 Schraube	
---------------------------------	--

Tabelle 5.31 Benötigte Teile für Schritt 23

#### Anweisungen

Die montierten Leuchten auf die Grundplatte schrauben.

#### Tipp

Zur exakten Ausrichtung auf der Grundplatte befindet sich am Ende der Montageanleitung eine detaillierte Abbildung.

Abbildung 5.29 Schritt 22 und 23 der Open3DScanner-Montage

Teil	Menge
Kabelhalter	5
4.0x16 Senkkopf-Holzschrauben	10

Tabelle 5.32 Benötigte Teile für Schritt 24

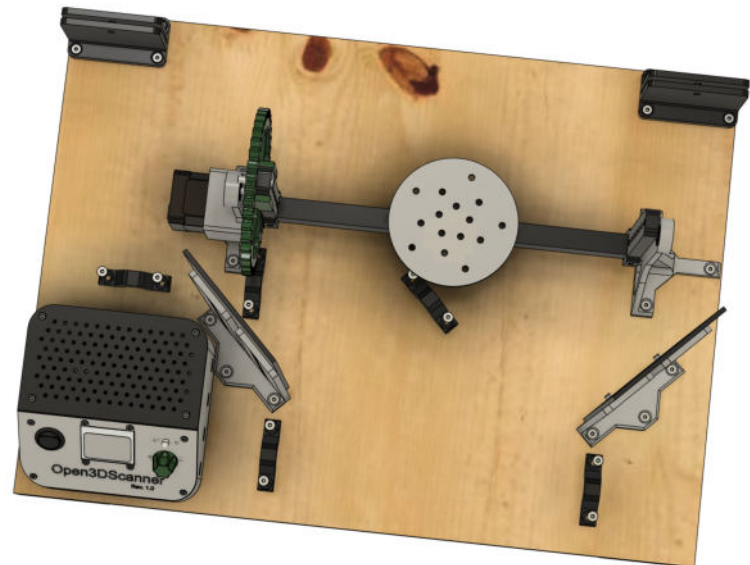
#### Anweisungen

Schrauben Sie die Kabelhalter auf die Grundplatte.

#### Tipp

Zur genauen Ausrichtung auf der Grundplatte befindet sich am Ende der Montageanleitung eine detaillierte Abbildung. Sämtliche Kabel müssen für diesen Schritt verlegt werden.

24  
step



Fin

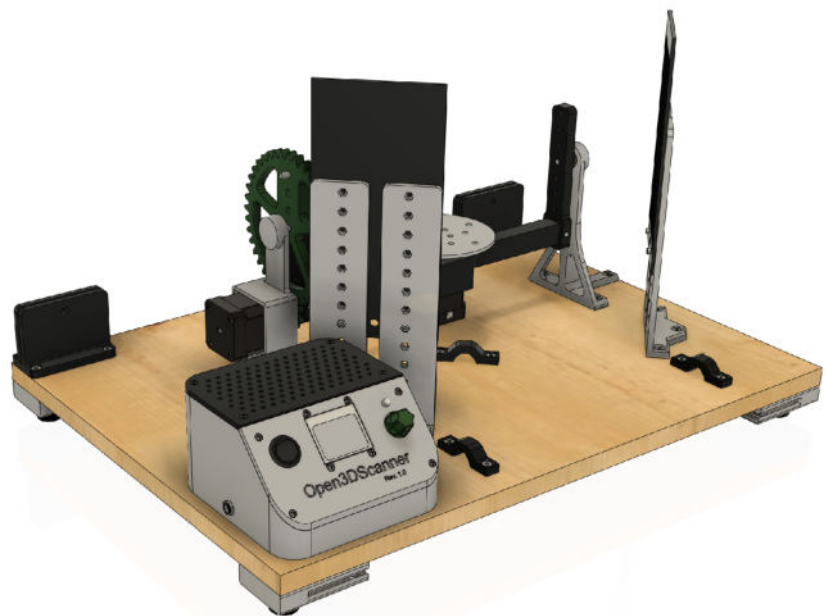
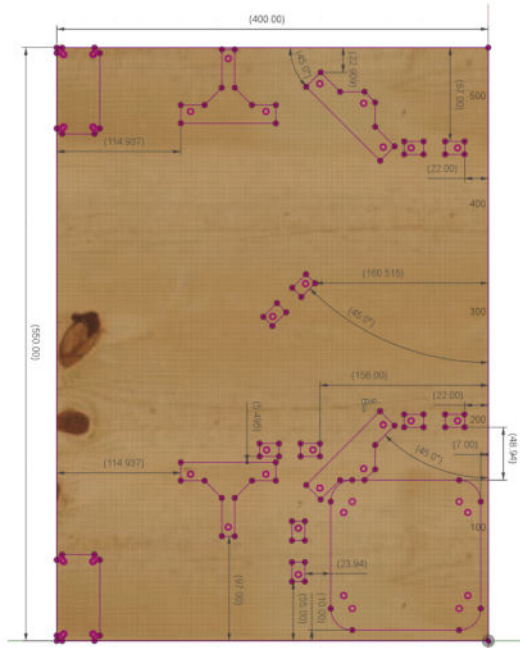
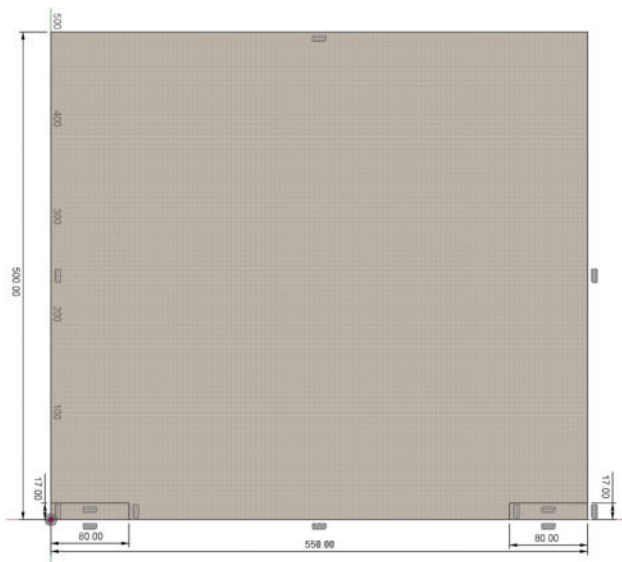


Abbildung 5.30 Schritt 24 und Abschluss der Open3DScanner-Montage





Diese Abbildung dient als Hilfestellung zur Ausrichtung der Komponenten auf der Grundplatte. Alle Werte sind in Millimeter angegeben. Beim individuellen Aufbau können die Werte leicht abweichen, insbesondere der Abstand zwischen den beiden Ständern des 3D-Scanners. Dies liegt daran, dass durch die Stahlstreben eine gewisse Toleranz gegeben ist. Abbildung B zeigt die Abmessungen der Rückplatte.



49/68

# 6

## Kapitel

# Benutzerhandbuch

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie Sie mit dem fertig montierten Open3D-Scanner 3D-Scans erstellen. Zunächst wird die Menüführung des Open3DScanners erklärt und anschließend die Handhabung der Hardware.

## 6.1 Menu Navigation

Ist der Open3DScanner eingeschaltet, sieht der Anwender auf dem Display das Hauptmenü. Es enthält drei Unterpunkte, die zu den in den folgenden Abschnitten beschriebenen Menüs führen. Die Navigation innerhalb des Menüs erfolgt über den Drehknopf rechts neben dem Display. Wird dieser gedreht, ändert sich die Cursorposition bzw. der aktuell ausgewählte Wert wird verändert. Um eine Auswahl zu bestätigen, drückt man den Drehknopf.

### 6.1.1 Scan

Der Benutzer hat zwei Möglichkeiten, einen Scan zu starten: Entweder er verwendet eine Vorgabe oder er erstellt einen benutzerdefinierten Scan.

Bei den Presets handelt es sich um vordefinierte Scaneinstellungen, die einen schnellen und einfachen Start des Scans ermöglichen.

Wenn ein benutzerdefinierter Scan ausgewählt wird, muss der Benutzer nacheinander eine Reihe von Einstellungen angeben, die die Eigenschaften des nachfolgenden Scans definieren. Die ausgewählten Werte werden beibehalten und als Standardwerte für den nächsten benutzerdefinierten Scan ausgewählt. Dies geschieht unter der Annahme, dass ähnliche Scans häufig durchgeführt werden.

Zunächst muss der Benutzer festlegen, wie viele Bilder bei jeder Drehung des Drehtisches, auf dem das zu scannende Objekt montiert ist, aufgenommen werden sollen. Es kann jeder Wert zwischen 1 und 3200 (einschließlich) verwendet werden. 3200

entspricht der maximalen Auflösung der Schrittmotoren bei 200 Schritten pro Umdrehung und 1/16 Mikroschritt.

Im nächsten Schritt wird ausgewählt, wie weit der Drehtisch und das Objekt während des Scans auf der x-Achse gedreht werden sollen. Es kann jeder Wert zwischen 1 und 359 Grad (einschließlich) ausgewählt werden.

Abschließend muss noch die Anzahl der Schritte gewählt werden, in die die Drehung um die x-Achse aufgeteilt wird. Jeder Schritt entspricht dabei einer kompletten Drehung des Drehtellers mit der anfangs gewählten Schrittzahl. Der Wertebereich beginnt dabei immer bei 1 und hat einen Maximalwert, der der maximalen Auflösung des Schrittmotors für die zuvor gewählte Drehung um die x-Achse entspricht.

Nachdem alle Parameter ausgewählt wurden, wird dem Benutzer eine Zusammenfassung mit allen ausgewählten Werten, der resultierenden Anzahl von Bildern und der Dauer des Scans angezeigt. An dieser Stelle kann der Scan entweder bestätigt oder abgebrochen werden. Wenn eine Voreinstellung ausgewählt wurde, wird dem Benutzer die Zusammenfassung direkt angezeigt.

Bevor der eigentliche Scan gestartet wird, muss ausgewählt werden, ob die Lichter des Open3DScanners während des Scans ein- oder ausgeschaltet werden sollen. Über das Display wird der Nutzer nun aufgefordert, das verwendete Smartphone entsprechend zu positionieren und (sofern noch nicht geschehen) eine Bluetooth-Verbindung mit dem Scanner herzustellen. Erst wenn die notwendige Bluetooth-Verbindung hergestellt ist, kann der Scan gestartet werden. Sobald dies geschehen ist, kann der Turntable in die gewünschte Startposition gefahren und der Scan über den Drehknopf gestartet werden.

Während des Scanvorgangs wird der aktuelle Fortschritt auf dem Display angezeigt. Angezeigt werden die Anzahl der aufgenommenen Bilder, deren Gesamtanzahl und die verbleibende Zeit. Geht während des Scanvorgangs die Bluetooth-Verbindung zum Smartphone verloren, wird der Scan unterbrochen und der Benutzer aufgefordert, die Verbindung erneut herzustellen. Wird während des Scanvorgangs der Knopf gedrückt, kann der Scan nach Bestätigung abgebrochen oder fortgesetzt werden.

#### Angemessene Werte

Auch wenn dem Benutzer ein großer Wertebereich zur Verfügung steht, ist es oft wenig sinnvoll, das Objekt weiter als 180 Grad um die x-Achse zu drehen. Ich verwende meist Werte im Bereich zwischen 45 und 135.

## 6.1.2 Einstellungen

Das Einstellungsmenü ist in Kategorien unterteilt, die die einzelnen Einstellungen gruppieren.

### Scan

In diesem Einstellungsmenü können Sie einstellen, wie viele Millisekunden der Scanner nach einer Motorbewegung oder nach der Aufnahme eines Fotos anhält. Dies ist notwendig, damit die Kamera Bilder fokussieren kann, aber auch, um zu verhindern, dass mögliche Vibrationen des Scanners die Bilder verwackeln.

### Anzeige

Neben der Möglichkeit die Hintergrundbeleuchtung des Displays ein- bzw. auszuschalten, kann hier auch der Kontrast des Displays eingestellt werden.

## Kamera

Hier können Sie auswählen, welcher Kamerateyp beim Scannen verwendet werden soll. Dies ist wichtig, da die Steuerung verschiedener Geräte unterschiedlich ist. Derzeit werden iOS- und Android-Geräte unterstützt.

## Stepper

In diesem Menü können Sie das Verhalten der Schrittmotoren anpassen. Der ausgewählte Schrittmotor bewegt sich während der Einstellung um 15° hin und her. Dadurch werden Änderungen direkt sichtbar.

Die Bewegungsrichtung der Motoren kann bei Bedarf geändert werden. Zudem kann bestimmt werden, mit wie vielen Umdrehungen pro Minute sich der Motor bewegen soll, wie die Beschleunigungs- und Verzögerungskurve aussehen soll und welche Maximalwerte bei der Beschleunigung und Verzögerung verwendet werden sollen.

### 6.1.3 Debuggen

Das Debugmenü enthält Optionen zum Testen einiger Funktionen des Open3DScanners. Aktuell ist es möglich, die angeschlossenen Lichter ein- und auszuschalten sowie die Kamera auszulösen. Ob tatsächlich eine Bluetooth-Verbindung besteht, wird vom System nicht geprüft, daher muss dies vorab am angeschlossenen Gerät überprüft werden.

## 6.2 Handhabung der Hardware

In diesem Abschnitt finden Sie einige Informationen zum eingebauten Scanner und zur Interaktion mit dem Gerät.

### 6.2.1 Objektmontage

Für den Scan ist es notwendig, das zu scannende Objekt auf dem Drehtisch zu befestigen. Die Löcher im Drehtisch ermöglichen es, das Objekt mit Kabelbindern zu fixieren. Dies kann jedoch zu Artefakten im Scan führen, daher verwende ich lieber Klebekitt, der viele Male wiederverwendet werden kann.

### 6.2.2 Scanner-Anpassung

Je nach Größe des zu scannenden Objekts kann es sinnvoll sein, die Höhe der Lichter oder des Drehtellers anzupassen. Die Teile sind so konstruiert, dass dies möglich ist. Dadurch ist es möglich, den Drehmittelpunkt der X-Achse in die Nähe des Mittelpunkts des zu scannenden Objekts zu verschieben.

Somit kann je nach Objekt sichergestellt werden, dass es sich immer im Sichtfeld der Kamera befindet, was wichtig ist für die automatische

Erstellung von Bildern.

## 6.2.3 Status-LED

Der Open3DScanner verfügt über eine zweifarbige LED, die den Status des Scanners anzeigt. Die verschiedenen Zustände werden unten erklärt.

LED	Zustand	Notiz
Die LED leuchtet grün	Läuft	Der Scanner ist eingeschaltet und bereit zur Benutzerinteraktion.
Die LED leuchtet gelb	Scannen	Der Scanner führt einen Scan durch.
Die LED blinkt sehr langsam grün	Scan abgeschlossen	Ein Scan wurde erfolgreich abgeschlossen.
Die LED blinkt langsam gelb	Der Scan wird fortgesetzt	Ein unterbrochener Scan wird in Kürze fortgesetzt.
Die LED blinkt schnell rot	Keine Verbindung	Die Bluetooth-Verbindung ist während des Scannens verloren gegangen.

**Tabelle 6.1** Verschiedene Zustände der Status-LED



# Durchführen von Scans

Auch wenn ich kein Experte auf dem Gebiet der Photogrammetrie bin, habe ich einige Erfahrungen gesammelt, die ich hier gerne weitergeben möchte. Die in diesem Kapitel gegebenen Empfehlungen erheben keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit und basieren auf meinen individuellen Erfahrungen.

## 7.1 Beleuchtung & Oberfläche

Eine gleichmäßige Beleuchtung des zu scannenden Objekts verbessert die Qualität der Scans deutlich. Zudem sind glänzende und transparente Objekte im Vergleich zu matten Objekten deutlich schwieriger zu scannen. Aus diesem Grund sollten solche Objekte (wenn möglich) so behandelt werden, dass sie eine bessere Oberfläche für den Scanner bieten. Dies kann zum Beispiel durch das Besprühen der Objekte mit Kreidespray erfolgen.

## 7.2 Kameraeinstellungen

Die meisten Smartphone-Kameras verfügen über mehrere Funktionen, die die Bildqualität automatisch verbessern. Diese reichen von Autofokus und automatischem Weißabgleich bis hin zu KI-Funktionen, die Farbschemata auf Basis erkannter Bildinhalte anpassen. Auch wenn diese Funktionen im Alltag für bessere Schnappschüsse sorgen, sind sie für die Ziele der Photogrammetrie abträglich. Diese Funktionen erschweren nämlich das Zusammenfügen der Bilder, was zu schlechteren Scans führt.

Aus diesem Grund sollten die Funktionen möglichst deaktiviert und Fotos mit festen Einstellungen aufgenommen werden. Dies gilt insbesondere für Farbtemperatur, automatischen Weißabgleich und Autofokus.

## 7.3 Erweiterte Rekonstruktion

Da das zu scannende Objekt auf dem Drehtisch befestigt sein muss, ist auf den aufgenommenen Bildern immer ein Bereich des Objekts nicht sichtbar. Das bedeutet, dass ein einzelner Scan nicht ausreicht, um ein Objekt vollständig zu scannen. Bei Objekten, die auf einer flachen Unterlage stehen und für diesen Bereich keine Textur benötigt wird, ist dies möglicherweise kein Problem.

Bei vielen anderen Objekten stellt dies ein Problem dar und es müssen mehrere Scans mit unterschiedlichen Ausrichtungen des Objekts durchgeführt werden, um das Objekt von allen Seiten zu erfassen.

Zumindest die Software Meshroom bietet für diesen Fall die Funktion Erweiterte Rekonstruktion. Sie ermöglicht es, zu einem bestehenden Datensatz (dem ersten Scan) einen weiteren Datensatz (einen zusätzlichen Scan) hinzuzufügen und daraus ein neues Gesamtergebnis zu berechnen. Dies kann beliebig oft wiederholt werden und ergibt eine baumartige Struktur des Meshroom-Verarbeitungsgraphen.

Auf diese Weise ist es oft möglich, vollständige Scans von Objekten zu erstellen. Es kann notwendig sein, einige verbleibende Artefakte, z. B. des Drehtellers, aus dem rekonstruierten 3D-Modell herauszufiltern, aber abgesehen davon erhalten Sie einen vollständigen Scan und ein 3D-Modell des gescannten Objekts.

Diese Funktion kann auch verwendet werden, wenn dem rekonstruierten Modell in einigen Bereichen Details fehlen. Führen Sie einfach einen zusätzlichen (detaillierten) Scan des entsprechenden Bereichs durch und starten Sie eine erweiterte Rekonstruktion.



# Bilderserie

## Leiterplattenbestückung

In diesem Kapitel finden Sie eine Reihe von Bildern, die Schritt für Schritt zeigen, wie die einzelnen Bauteile auf die Platine gelötet werden.

Die Bilder sind völlig unkommentiert, da sie nicht als Anleitung, sondern lediglich als Referenz gedacht sind.

Nähere Informationen zur Bestückung der Platine finden Sie im [Abschnitt 5.2](#).

Es ist durchaus möglich, dass einzelne Bauteile bei Ihnen anders aussehen, das gilt insbesondere für Widerstände und Kühlkörper. Solange die Bauteile Stücklistenkonform eingekauft werden, stellt das kein Problem dar.

Anhand der Bilder ist es möglich, die Reihenfolge des Zusammenbaus der einzelnen Teile zu bestimmen. Dies stellt jedoch keine Anleitung oder Verpflichtung dar. Baue die Teile in der Reihenfolge zusammen, die dir am besten passt.



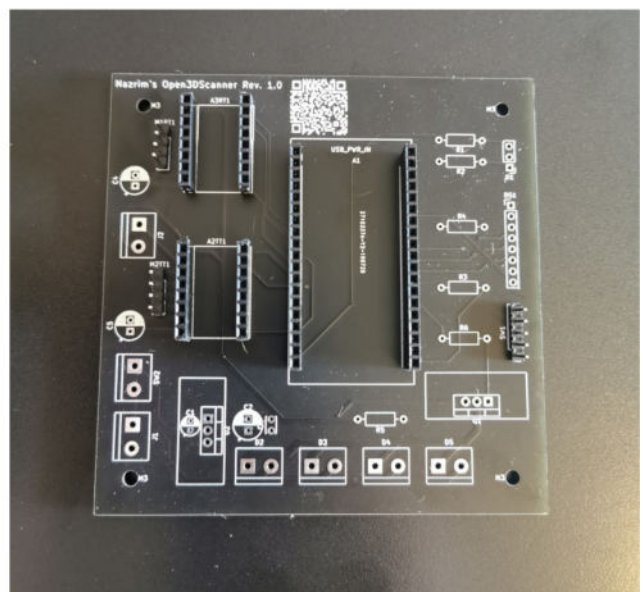
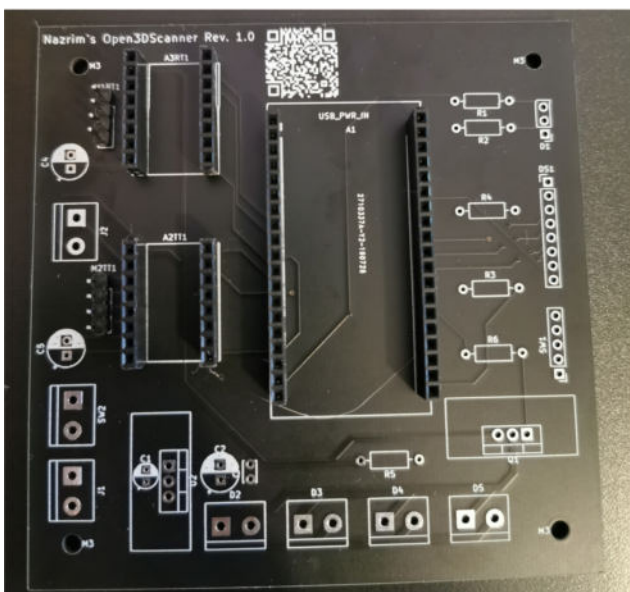
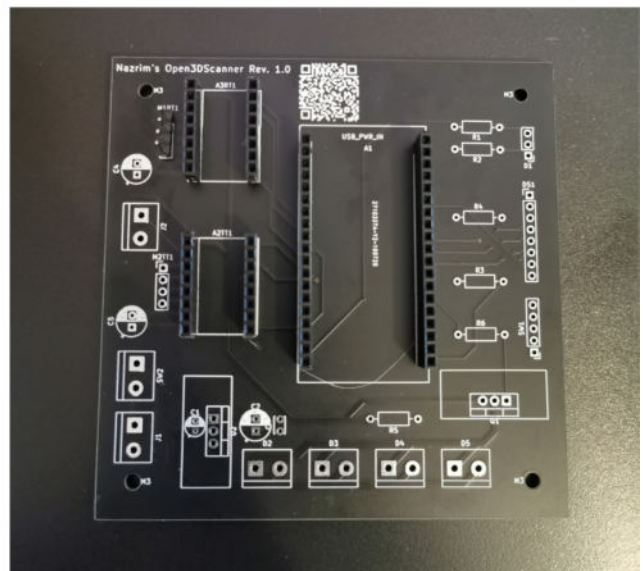
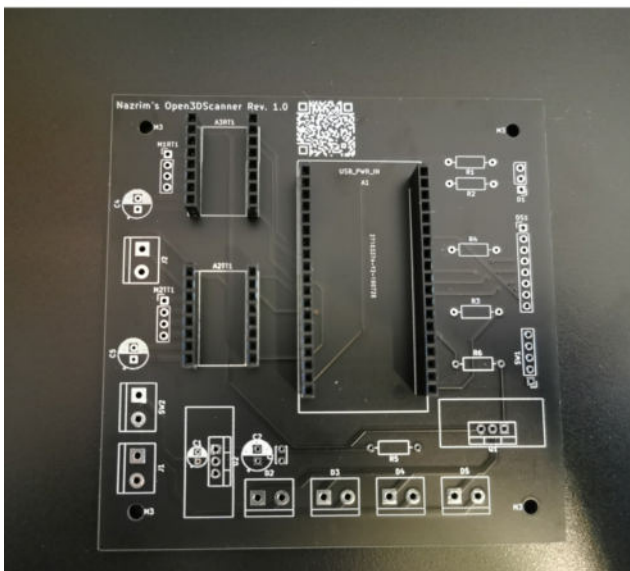
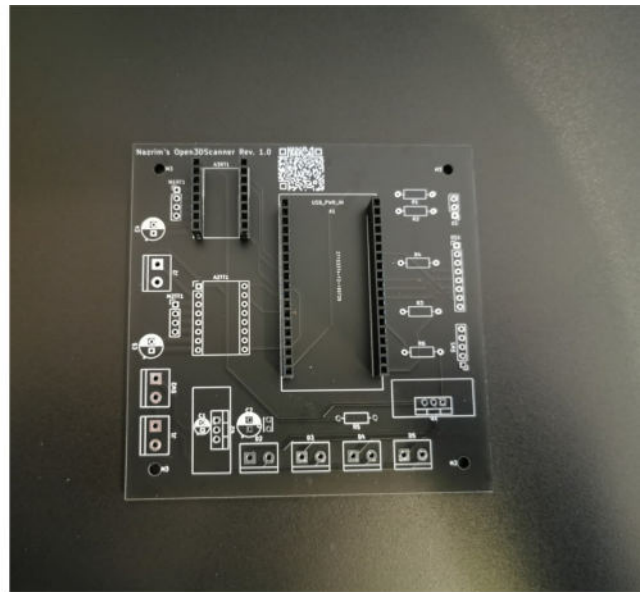
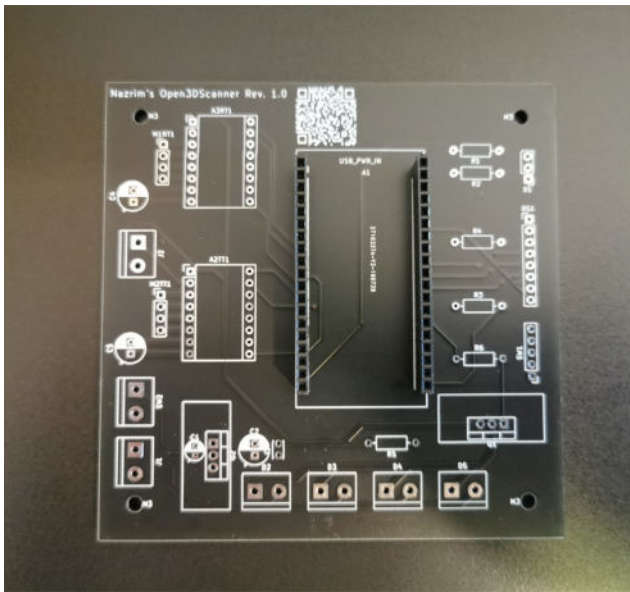


Abbildung A.1 Schritte 1 bis 6 der Leiterplattenmontage

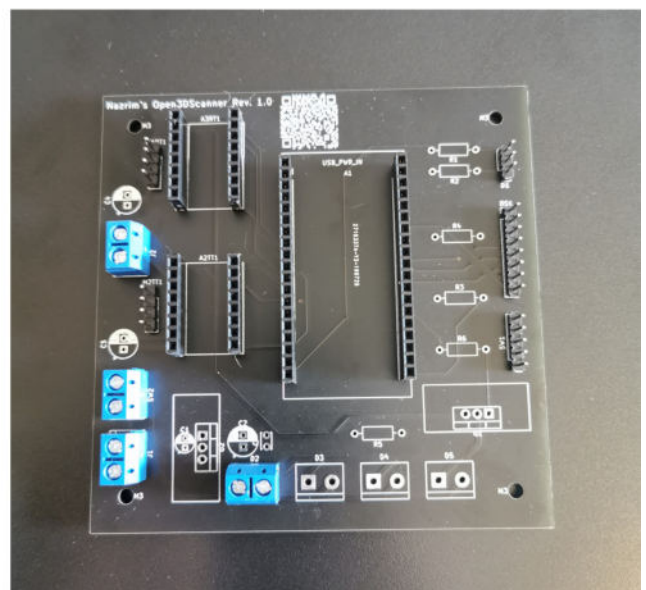
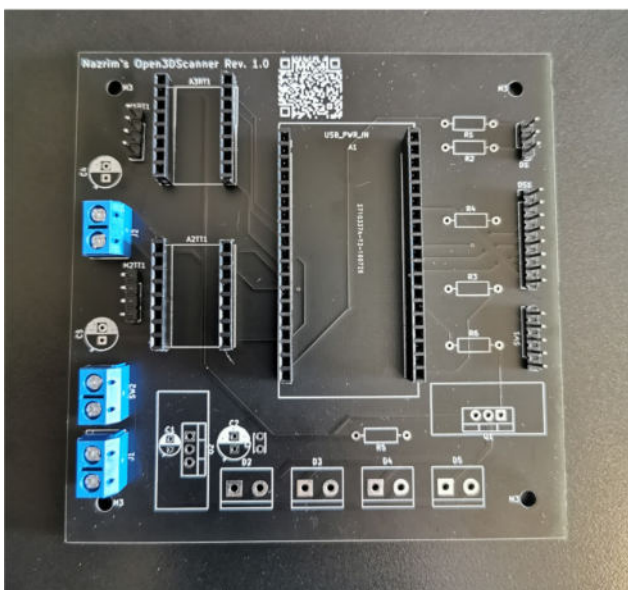
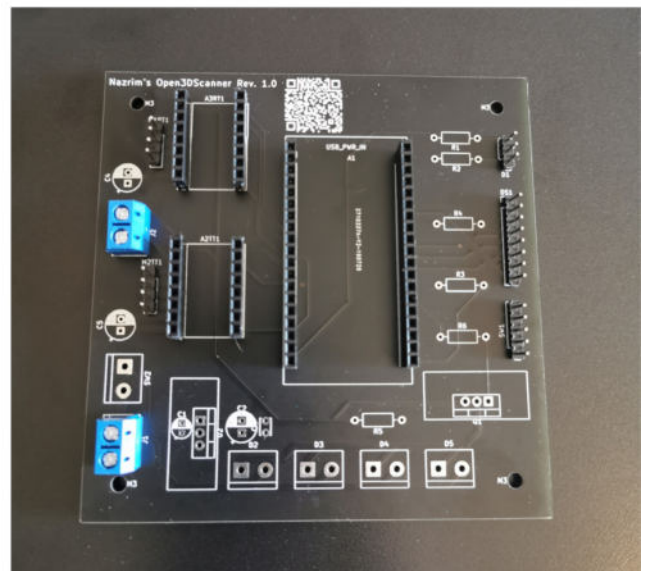
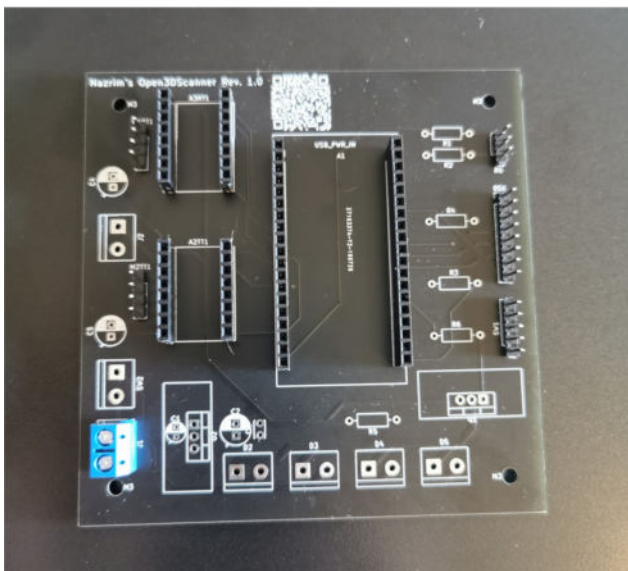
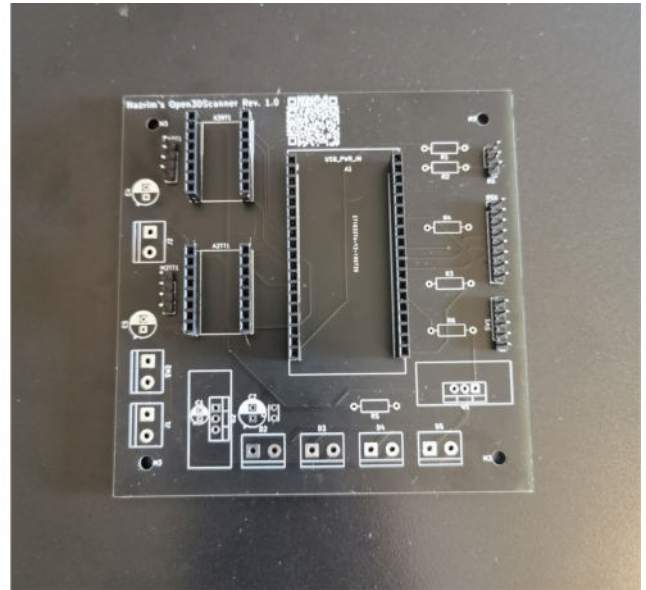
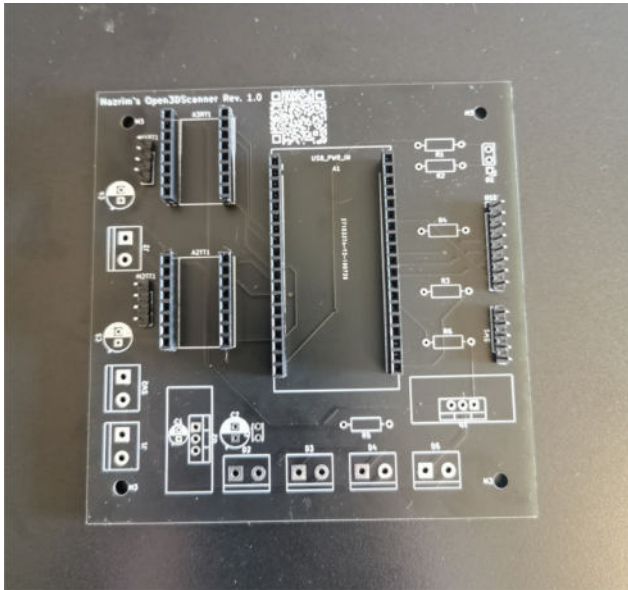


Abbildung A.2 Schritte 7 bis 12 der Leiterplattenmontage



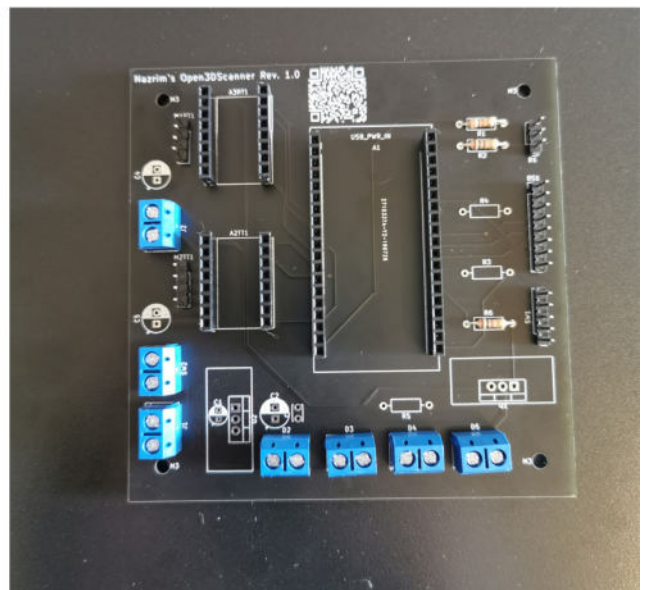
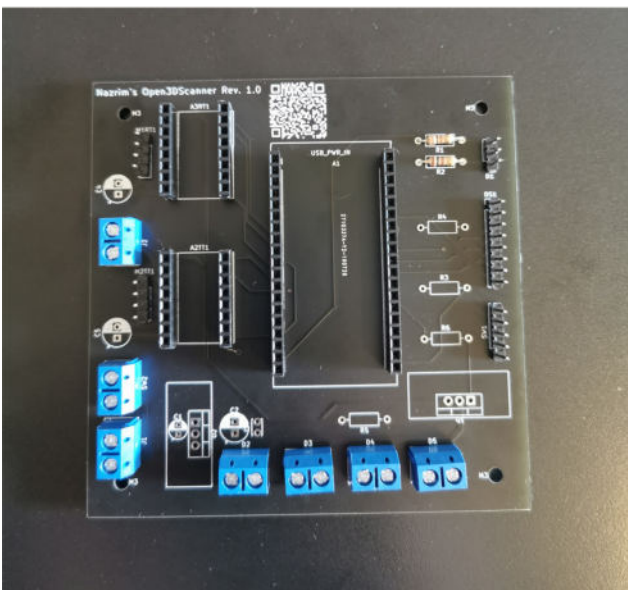
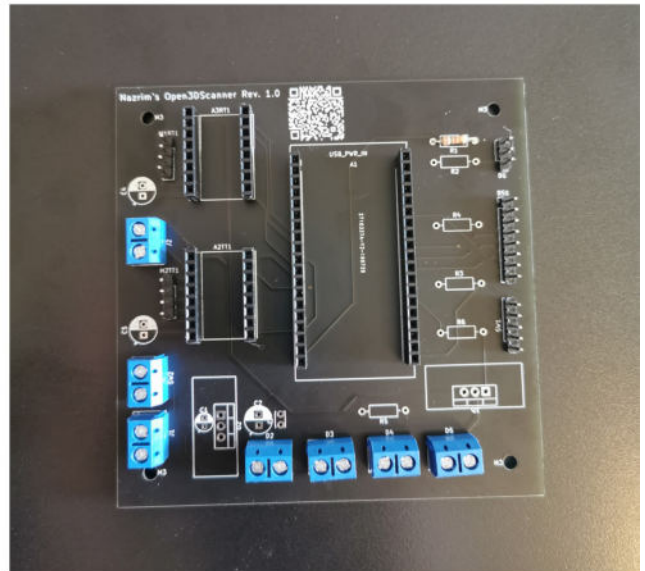
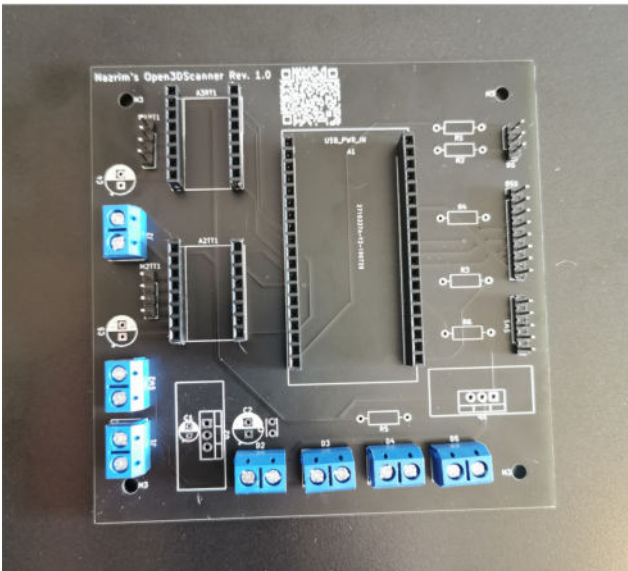
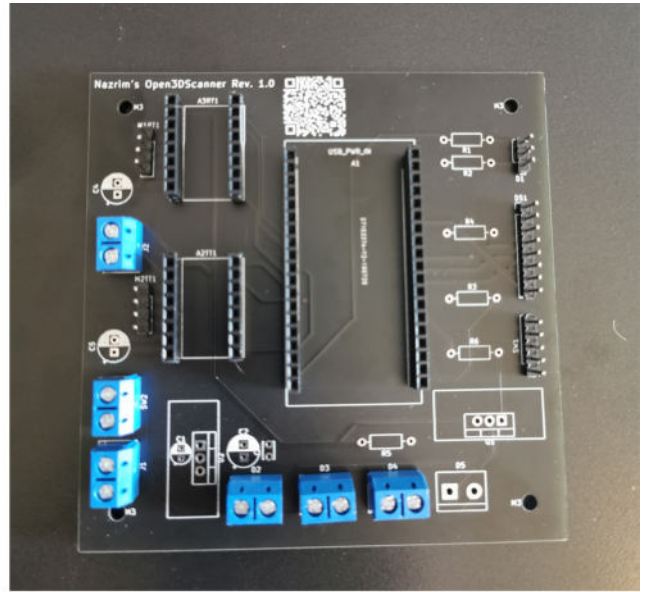
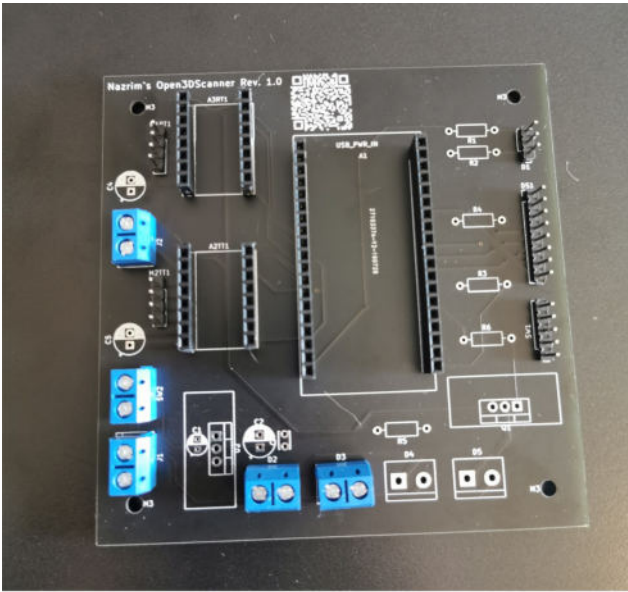


Abbildung A.3 Schritte 13 bis 18 der Leiterplattenmontage



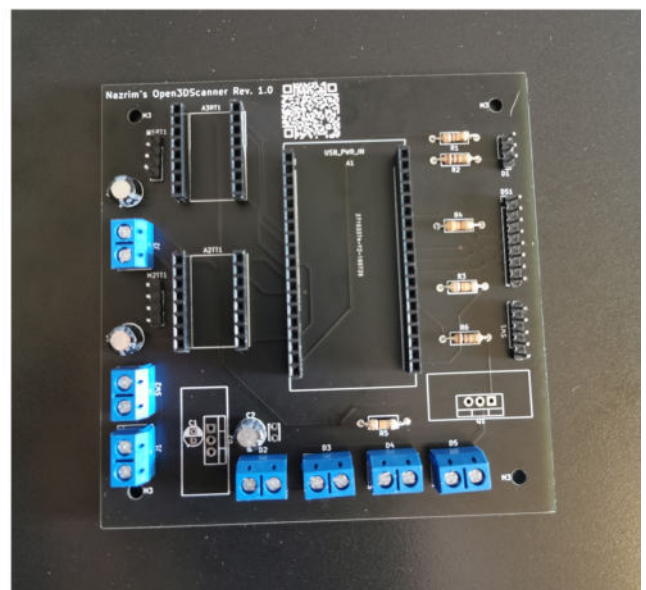
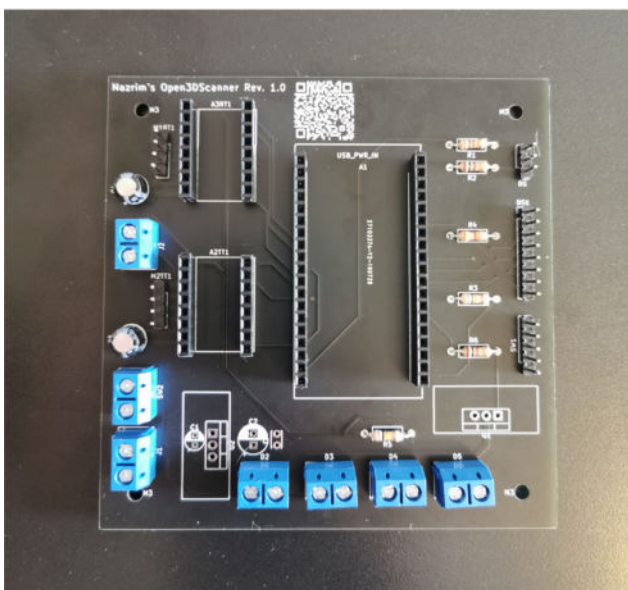
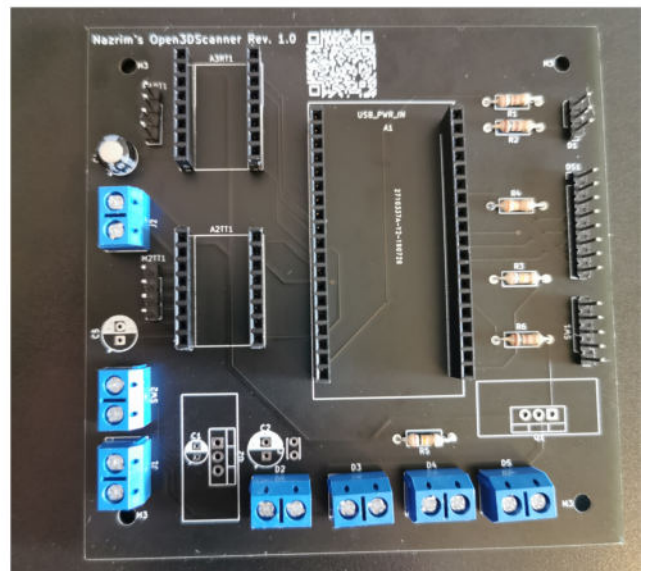
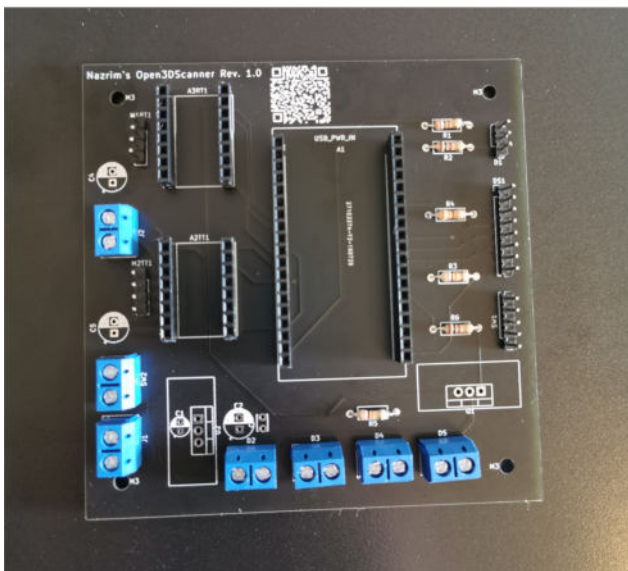
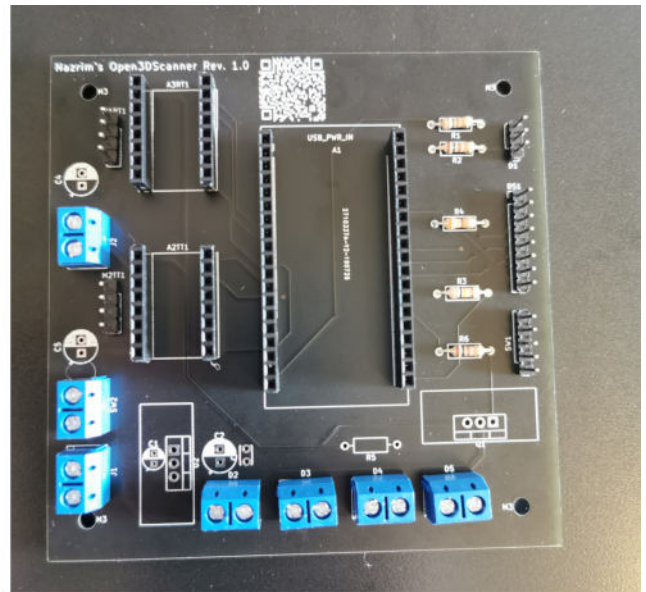
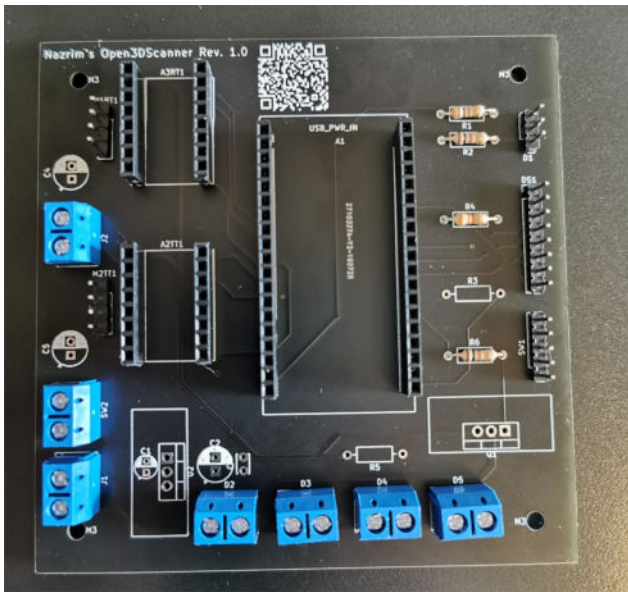


Abbildung A.4 Schritte 19 bis 24 der Leiterplattenmontage

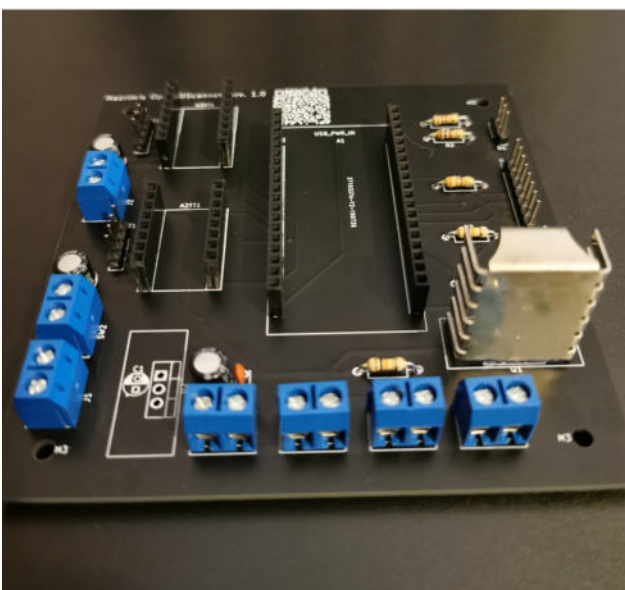
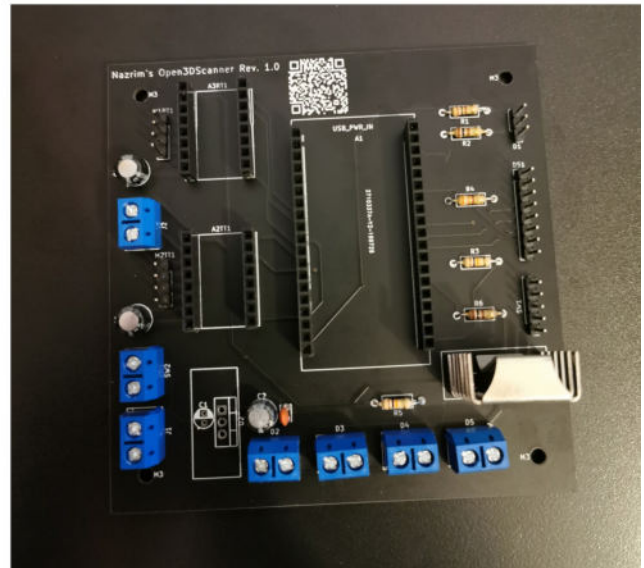
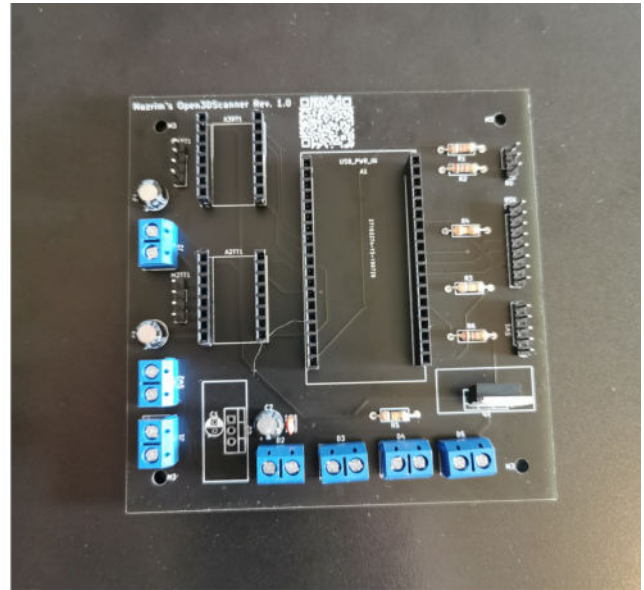
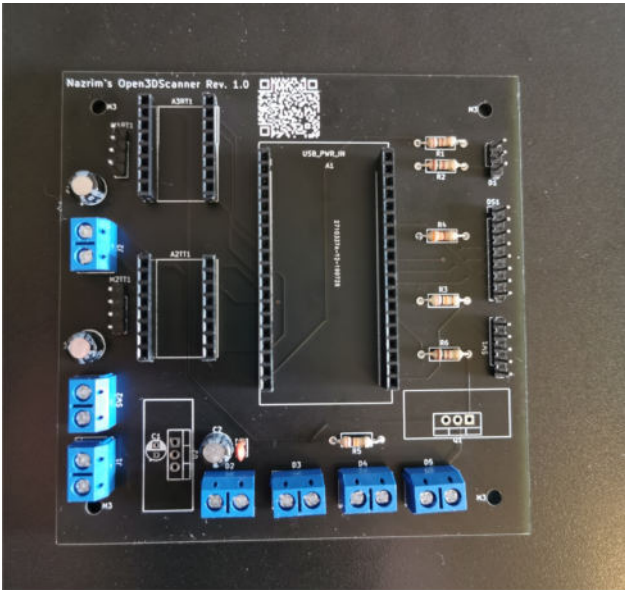


Abbildung A.5 Schritte 25 bis 30 der Leiterplattenmontage



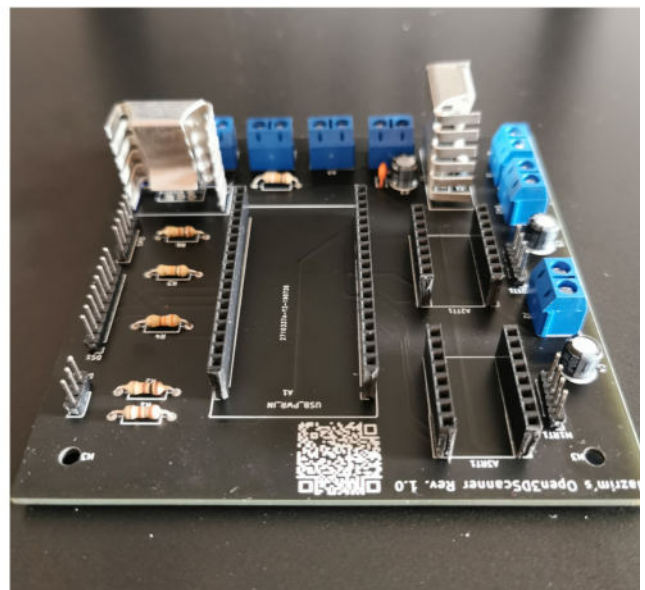
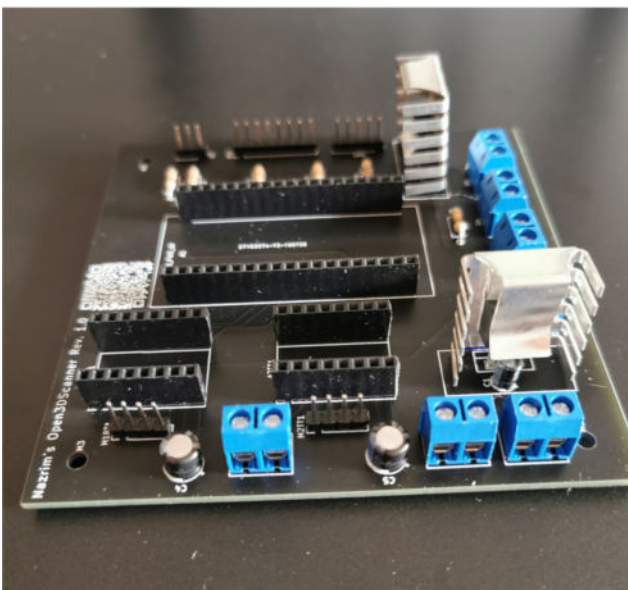
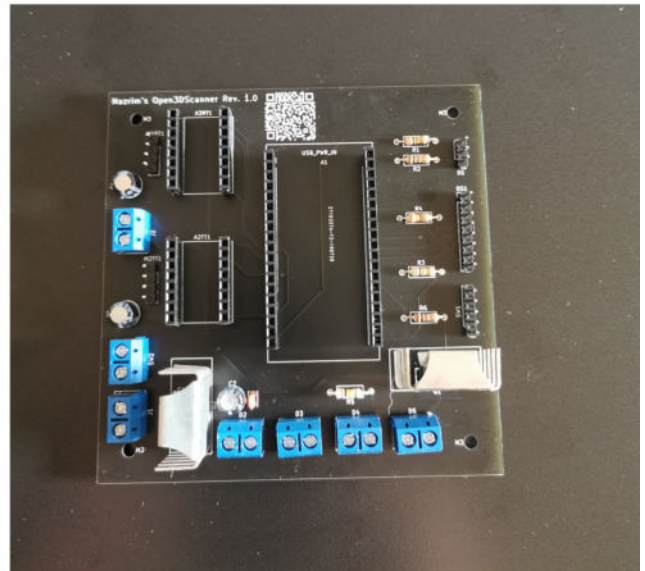
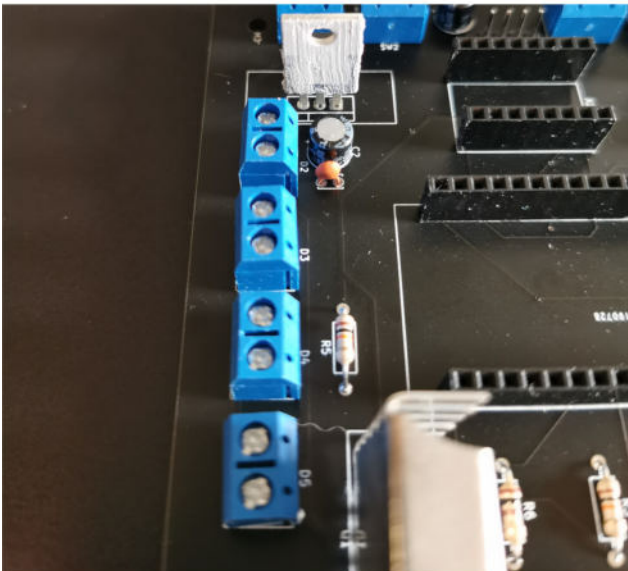
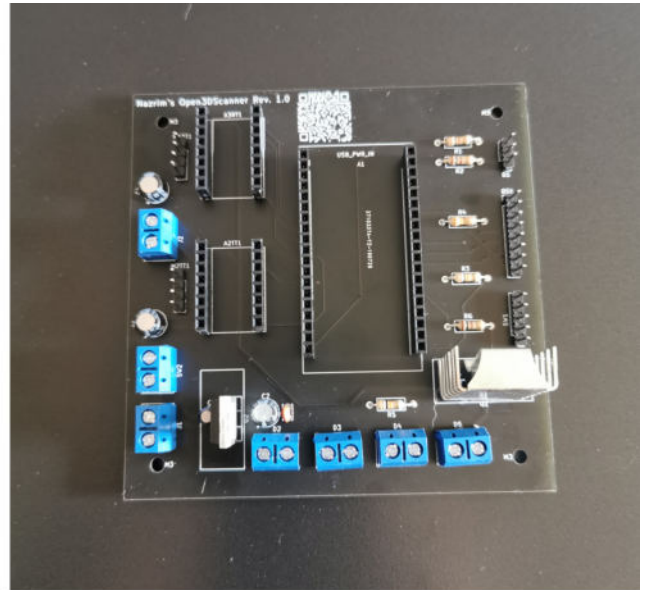
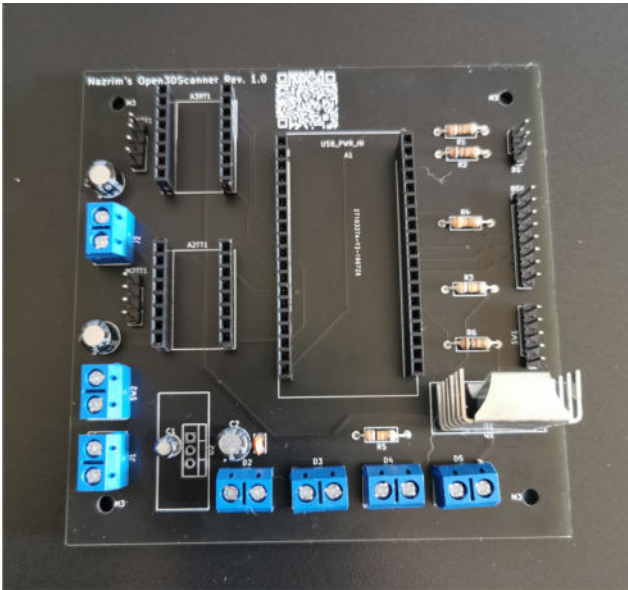


Abbildung A.6 Schritte 31 bis 36 der Leiterplattenmontage

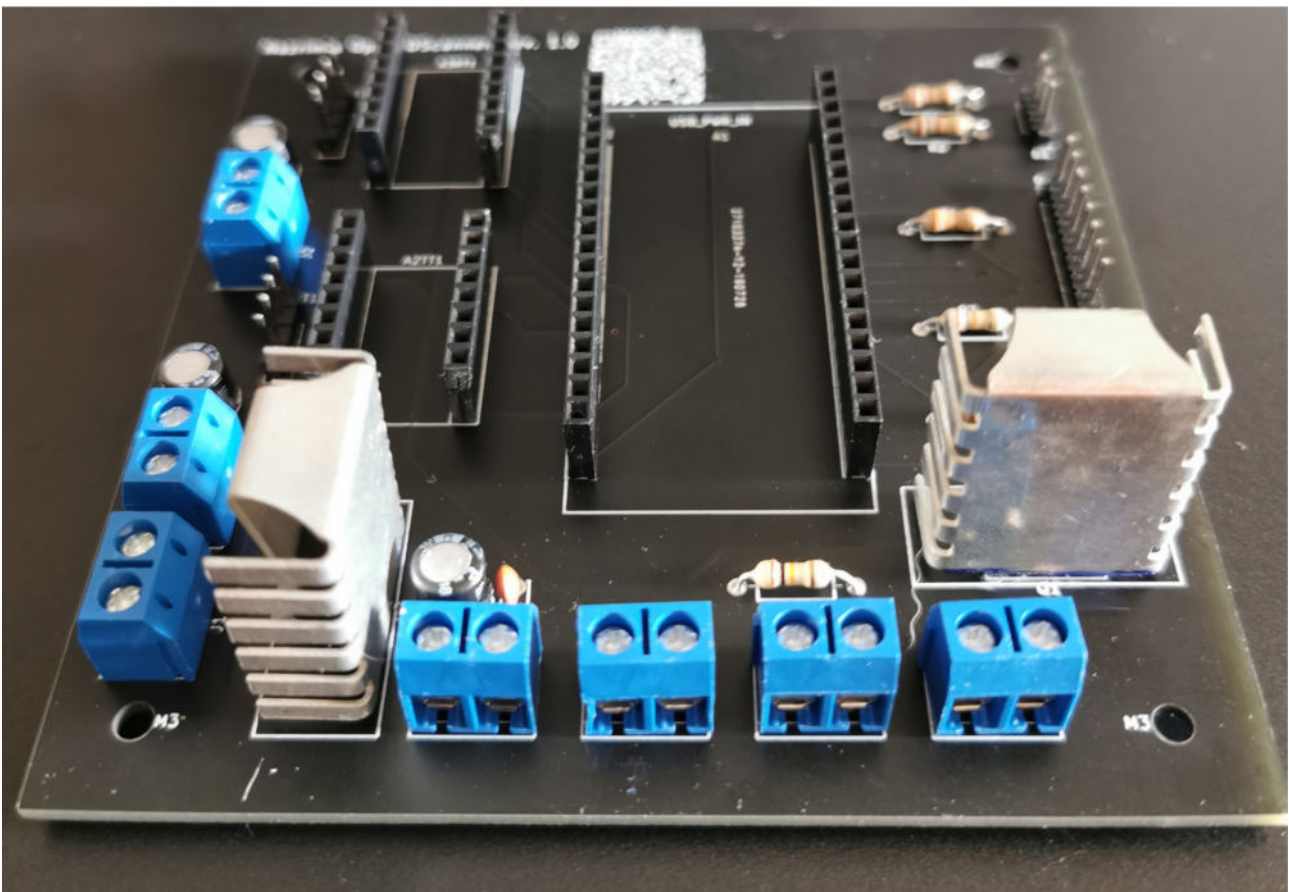
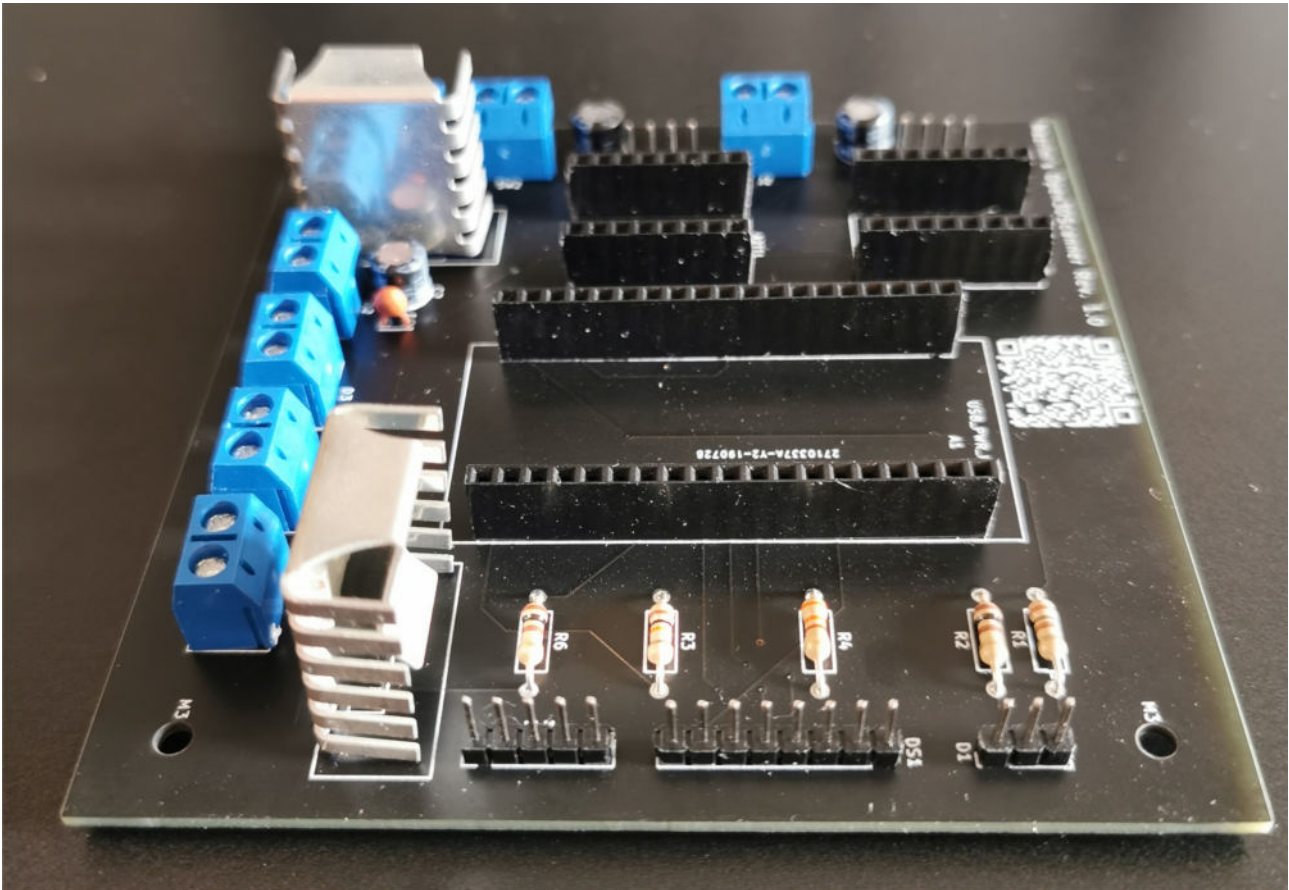


Abbildung A.7 Schritte 37 bis 38 der Leiterplattenmontage



# Verweise

Für den Fall, dass das Dokument in gedruckter Form vorliegt, sind in diesem Kapitel alle verwendeten Links aufgeführt und mit alternativen Anzeigetexten versehen. So können auch diesen Verweisen gefolgt werden.

Die Verweise sind alphabetisch sortiert und nicht nach ihrem Vorkommen im Dokument. Einige der Linktexte werden als Sonderzeichen interpretiert (z. B. X<sub>3</sub>L<sub>A</sub>T<sub>E</sub>X), sodass sie nicht an der erwarteten Position des Indexes, sondern am Anfang erscheinen.

Alle in diesem Anhang aufgeführten Links wurden am 20.10.2019 auf ihre Gültigkeit überprüft.

2-polige Schraubklemmen, 5 mm Abstand:

<https://www.sparkfun.com/products/8432>, 19 3D-

Scanner-Drehtisch:

<https://www.hackster.io/daveclarke/3d-scanner>

- Plattenspieler für Mobiltelefone aktualisiert 64fdb8, 7

3D-Scannen — Wikipedia:

[https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_scanning](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanning), 3

TEX Live:

<https://www.tug.org/texlive/>, 15

TEXstudio:

<https://www.texstudio.org/>, 15

X<sub>3</sub>L<sub>A</sub>T<sub>E</sub>X:

<http://www.tug.org/xetex/>, 15

59Ncm Nema 17 Schrittmotor:

<https://www.omc-stepperonline.com/nema-17-stepper-motor/nema-17-bipolar-59ncm-84oz-in-2a-4-2x48mm-4-wires-w-1m-cable-and-connector-full-cut-shaft.html>, 18

A4988 Schrittmotortreiber:

<https://www.pololu.com/product/1182>, 18 A4988

Schrittmotortreiber:

<https://www.pololu.com/product/1182>, 26, 27



AliceVision:

<https://alicevision.org/#photogrammetry>, 3

ALL3DP:

<https://all3dp.com/1/best-photogrammetry-software/>, 4

ANIWAA:

[https://www.aniwaa.com/comparison/3d-scanners /](https://www.aniwaa.com/comparison/3d-scanners/), 4

Arduino-Kern für ESP32-WiFi-Chip:

<https://github.com/espressif/arduino-esp32>, 9 Arduino

IDE:

<https://www.arduino.cc/en/main/software>, 9 Arduino-

Menüsystem:

<https://github.com/jonblack/arduino-menusystem>, 10

AST-Lager:

<https://www.astbearings.com/kostenlose-3d-cad-modelle-fur-lager.html>, 14 AZ-Lieferung ESP32-DevKitC:

<https://www.az-delivery.de/products/esp32-devlopmentboard>, 18

Mixer:

<https://www.blender.org/>, 8

Steckbrett-Abenteuer:

<https://breadboardadventures.com/2016/02/14/a>

- Rechteck- und Dreieckwellen-VCO-Teil II - Zählung der Spannungsspitzen/, 10 Kabelschuhe:

<https://www.klauke.com/de/elektrik/branchenloesungen/fachberichte/kabel-lugs-richtig-crimpen/>, 29

Cad.Solidworks.Teile:

<https://github.com/Hecatron-Machines/Cad.Solidworks.Parts>, 14

Zyklop:

<http://diwo.bq.com/de/einfuehrung-ciclop-und-horus/>, 8

Digi-Schlüssel:

<https://www.digikey.de//resources/3d-models>, 14 Dupont-Kabel:

<https://www.instructables.com/id/Dupont-Crimp-Tool-Tutorial/>, 29

Ingenieur PA-09:

<http://www.engineer.jp/en/products/pa09e.html>, 21

ESP32-DevKitC:

<https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32-devkitc/overview>, 18, 26, 30 ESP32Encoder:

<https://github.com/madhephaestus/ESP32Encoder> /, 10

Espressif ESP32 Produktseite:

<https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>, 9

fischer elektronik - FK 245 MI 247 O Produktseite:

[https://www.fischerelektronik.de/web\\_fischer/de\\_DE/heatsinks/C02/Attachable%20heatsink/PG/](https://www.fischerelektronik.de/web_fischer/de_DE/heatsinks/C02/Attachable%20heatsink/PG/)

- [FK245MI247O/search.xhtml](#), 14 FK
- 245 MI 247 O:  
[https://www.fischerelektronik.de/web\\_fischer/de\\_DE/heatsinks/C02/Attachable%20heatsink/PG/FK245MI247O/search.xhtml](https://www.fischerelektronik.de/web_fischer/de_DE/heatsinks/C02/Attachable%20heatsink/PG/FK245MI247O/search.xhtml), 18 fontawesome5:  
<https://ctan.org/pkg/fontawesome>, 16
- FreeCAD-Bibliothek:  
<https://github.com/FreeCAD/FreeCAD-library>, 14 Fusion 360:  
<https://www.autodesk.de/products/fusion-360/o> Übersicht, 14
- GrabCAD:  
<https://grabcad.com/library>, 13
- Hackaday:  
<https://hackaday.com/2016/01/19/solderless-breadboard-parasitics/>, 10
- holo:  
<https://ctan.org/pkg/hologo>, 16
- Indexwerkzeuge:  
<https://ctan.org/pkg/indextools>, 16 infoBulle:  
<https://github.com/HarveySheppard/yLaTeX>, 16 IRLB 8721:  
<https://www.infineon.com/cms/en/product/power/mosfet/12v-300v-n-channel-power-mosfet/irlb8721/>, 18, 27
- Isodat:  
<https://ctan.org/pkg/isodate>, 16
- JLCPBP:  
<https://jlcpcb.com/>, 11
- KiCad:  
<http://www.kicad-pcb.org/>, 11 LCD-Assistent:  
[http://en.radzio.dxp.pl/bitmap\\_converter/](http://en.radzio.dxp.pl/bitmap_converter/), 10 Logitech
- C270 HD-Webcam:  
<https://www.logitech.com/en-us/product/hd-webcam-c270>, 8
- LT1086CT-5:  
<https://www.analog.com/en/products/lt1086.html>, 18, 27
- marginInfoBulle:  
<https://github.com/HarveySheppard/yLaTeX>, 16
- Maschenraum:  
<https://alicevision.org/#meshroom>, 15 Molex 430200201:  
[https://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0430200201\\_CRIMP\\_HOUSINGS.xml](https://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0430200201_CRIMP_HOUSINGS.xml), 19
- Molex 430250200:  
[https://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0430250200\\_CRIMP\\_HOUSINGS.xml](https://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0430250200_CRIMP_HOUSINGS.xml), 19
- Molex 430300007:  
[https://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0430300007\\_CRIMP\\_TERMINALS.xml](https://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0430300007_CRIMP_TERMINALS.xml), 19

Molex 430310007:

[https://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0430310007\\_CRIMP\\_TERMINALS.xml](https://www.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/0430310007_CRIMP_TERMINALS.xml), 19

Molex Micro Fit:

<https://www.molex.com/molex/common/staticLoader.jsp?fileName=/tnotes/crimp.html&progLink=Good+Crimps&&channel=...Micro-Fit&channelId=0>, 29

Nema 17 Schrittmotor:

[https://reprap.org/wiki/NEMA\\_17\\_Stepper\\_motor](https://reprap.org/wiki/NEMA_17_Stepper_motor), 18

Nokia 5110-Anzeige:

<https://www.sparkfun.com/products/10168>, 18

Nokia-5110-LCD-Bibliothek:

<https://github.com/platisd/nokia-5110-lcd-library>, 10

Acht Teile:

<https://octopart.com/terms>, 14

Open3DScanner-Repository:

<https://github.com/nazrim/Open3DScanner>, 5

OpenScan Thingiverse-Projekt:

<https://www.thingiverse.com/thing:3050437>, 7

OpenScan:

<https://www.openscan.eu/>, 6

Original Prusa i3 MK3:

<https://www.prusa3d.com/original-prusa-i3-mk3/>, 21, 23

PhotoModeler-Technologien:

[https://www.photomodeler.com/kb/factors\\_affecting\\_accuracy\\_in\\_photogrammetry/](https://www.photomodeler.com/kb/factors_affecting_accuracy_in_photogrammetry/), 3 Pololu - A4988

Produktseite:

<https://www.pololu.com/product/1182>, 14

siunitx:

<https://ctan.org/pkg/siunitx>, 16 SnapEDA

- TB002-500-02BE:

<https://www.snapeda.com/parts/TB002-500-02BE/CUI%20Inc./view-part/>, 14

SnapEDA:

<https://www.snapeda.com/>, 13, 14

STEC12E08 Drehgeber:

[https://www.alps.com/prod/info/E/HTML/Encoder/Incremental/EC12E/EC12E\\_list.html](https://www.alps.com/prod/info/E/HTML/Encoder/Incremental/EC12E/EC12E_list.html), 18 Schrittmotortreiber:

<https://github.com/laurb9/StepperDriver>, 10

tabellarischx:

<https://ctan.org/pkg/tabularx>, 16

Bis 220:

[https://www.centalsemi.com/PDFS/CASE/TO\\_220\\_PD.PDF](https://www.centalsemi.com/PDFS/CASE/TO_220_PD.PDF), 18, 27

VisualSFM:

<http://ccwu.me/vsfm/>, 15

xparse:

<https://ctan.org/pkg/xparse>, 16

x URL:

<https://ctan.org/pkg/xurl>, 16

JahreAuthorBlock:

yLatex: <https://github.com/HarveySheppard/yLaTeX>, 16

<https://github.com/HarveySheppard/yLaTeX>, 15

YouTube: [https://www.youtube.com/results?search\\_query=Crimp-Tutorial](https://www.youtube.com/results?search_query=Crimp-Tutorial), 29