

**Dokumentation**

Hilfsaufbau für das Föhnen bei Personen mit diversen Einschränkungen

Sommersemester 2021

Erarbeitet von

Spengler Michael, Schmid Christian, Kohlberger Raphael, Walkmann Fabian

-Augsburg 2021-

# Inhaltsverzeichnis

[1 Inhaltsverzeichnis 2](#_Toc76734904)

[2 Abbildungsverzeichnis 5](#_Toc76734905)

[3 Tabellenverzeichnis 5](#_Toc76734906)

[4 Team 6](#_Toc76734907)

[5 Aufgabenstellung 6](#_Toc76734908)

[6 Pflichtenheft 7](#_Toc76734909)

[7 Konzepte 8](#_Toc76734910)

[7.1 Konzept Gleichstrommotor 8](#_Toc76734911)

[7.1.1 Funktionsprinzip 8](#_Toc76734912)

[7.1.2 Vorteile 8](#_Toc76734913)

[7.1.3 Nachteile 9](#_Toc76734914)

[7.2 Konzept Servomotor 9](#_Toc76734915)

[7.2.1 Funktionsprinzip 9](#_Toc76734916)

[7.2.2 Vorteile 10](#_Toc76734917)

[7.2.3 Nachteile 10](#_Toc76734918)

[7.3 Fazit 10](#_Toc76734919)

[8 Probleme 10](#_Toc76734920)

[8.1 Problem Taster 11](#_Toc76734921)

[8.2 Problem I2C 11](#_Toc76734922)

[8.3 Problem Gleichstrommotor 11](#_Toc76734923)

[9 Realisierung 12](#_Toc76734924)

[9.1 Hardwarekomponenten 12](#_Toc76734925)

[9.1.1 Mechanik 12](#_Toc76734926)

[9.1.2 Elektronik 13](#_Toc76734927)

[9.2 Softwarestruktur 13](#_Toc76734928)

[9.2.1 Softwarekomponenten 14](#_Toc76734929)

[9.2.2 Programmstrukturen und Diagramme 16](#_Toc76734930)

[10 Kostenaufstellung 24](#_Toc76734931)

[11 Montageanleitung 26](#_Toc76734932)

[11.1 Baugruppe 26](#_Toc76734933)

[11.1.1 Baugruppe der Drehmechanik 26](#_Toc76734934)

[11.2 3D gedruckte Bauteile 27](#_Toc76734935)

[11.2.1 Befestigungsplatte des STM32 Mikrocontrollers 27](#_Toc76734936)

[11.2.2 Mastbefestigung des 3,5mm Klinkensteckers 28](#_Toc76734937)

[11.2.3 Mastbefestigung des Servomotors 29](#_Toc76734938)

[11.2.4 Schlauchbefestigung des Föhns mit Sensorhalterung 29](#_Toc76734939)

[11.2.5 Motorgehäuse 30](#_Toc76734940)

[11.2.6 Verbindungsstange der Rotationsmechanik 30](#_Toc76734941)

[11.3 Adapterplatine 31](#_Toc76734942)

[11.4 Fotos der Bauteile 32](#_Toc76734943)

[11.4.1 Baugruppe der Drehmechanik mit Gehäuse 32](#_Toc76734944)

[11.4.2 Baugruppe der Drehmechanik 33](#_Toc76734945)

[11.4.3 Verbindungsstange der Drehmechanik 34](#_Toc76734946)

[11.4.4 Schlauchbefestigung des Föhns mit Sensorhalterung 35](#_Toc76734947)

[11.4.5 Mastbefestigung des 3,5mm Klinkensteckers 36](#_Toc76734948)

[11.5 Schaltschrank 37](#_Toc76734949)

[11.6 Schaltschrank an Rehadapt Gestell montieren 38](#_Toc76734950)

[12 Gefährdungsbeurteilung 39](#_Toc76734951)

[13 Bauteilliste 41](#_Toc76734952)

[14 Source-Code 43](#_Toc76734953)

[14.1 Mainc 43](#_Toc76734954)

[14.2 Init MPU 44](#_Toc76734955)

[14.3 Initialisierung 44](#_Toc76734956)

[14.4 Error Handler 44](#_Toc76734957)

[14.5 Abstandsfunktion 45](#_Toc76734958)

[14.6 AbstandIO 45](#_Toc76734959)

[14.7 Föhnlage berechnen 46](#_Toc76734960)

[14.8 Lagefunktion 47](#_Toc76734961)

[14.9 Föhnlage abfragen 47](#_Toc76734962)

[14.10 Föhn starten 48](#_Toc76734963)

[14.11 Föhn abschalten 48](#_Toc76734964)

[14.12 LED Ansteuerung 49](#_Toc76734965)

[14.13 FIR Filter updaten 49](#_Toc76734966)

[14.14 Sticky Relais Funktion 50](#_Toc76734967)

[14.15 Zustandsabfrage 50](#_Toc76734968)

[14.16 Servomotor Ansteuerung 51](#_Toc76734969)

[15 Schaltpläne 54](#_Toc76734970)

[15.1 Hauptstromkreis 55](#_Toc76734971)

[15.2 Steuerstromkreis 56](#_Toc76734972)

[16 Messprotokolle 57](#_Toc76734973)

[16.1 EMV-Prüfung Gleichstrommotor 57](#_Toc76734974)

[16.2 EMV-Prüfung Servomotor 58](#_Toc76734975)

[16.3 VDE-Prüfung 59](#_Toc76734976)

# Abbildungsverzeichnis

[Abbildung 1: Konzept Gleichstrommotor 8](#_Toc76734977)

[Abbildung 2: Konzept Servomotor 9](#_Toc76734978)

[Abbildung 3: Cube MX Setup 14](#_Toc76734979)

[Abbildung 4: Keil uVision Setup 15](#_Toc76734980)

[Abbildung 5: Use-Case Diagramm 16](#_Toc76734981)

[Abbildung 6: Main-Source Struktur 17](#_Toc76734982)

[Abbildung 7: Abstand abfragen Struktur 18](#_Toc76734983)

[Abbildung 8: Lage abfragen Struktur 19](#_Toc76734984)

[Abbildung 9: Föhn starten Struktur 20](#_Toc76734985)

[Abbildung 10: Föhn abschalten Struktur 21](#_Toc76734986)

[Abbildung 11: FIR Filter updaten Struktur 22](#_Toc76734987)

[Abbildung 12: Zustandsdiagramm 23](#_Toc76734988)

[Abbildung 13: Baugruppe der Drehmechanik (CAD) 26](#_Toc76734989)

[Abbildung 14: Befestigungsplatte STM32 (CAD) 27](#_Toc76734990)

[Abbildung 15: Mastbefestigung Klinkenstecker (CAD) 28](#_Toc76734991)

[Abbildung 16: Mastbefestigung des Gleichstrommotors (CAD) 29](#_Toc76734992)

[Abbildung 17: Schlauchbefestigung (CAD) 29](#_Toc76734993)

[Abbildung 18: Mootorgehäuse (CAD) 30](#_Toc76734994)

[Abbildung 19: Verbindungsstange der Rotationsmechanik (CAD) 30](#_Toc76734995)

[Abbildung 20: Adapterplatine für STM32 31](#_Toc76734996)

[Abbildung 21: Baugruppe Drehmechanik mit Gehäuse 32](#_Toc76734997)

[Abbildung 22: Baugruppe Drehmechanik 33](#_Toc76734998)

[Abbildung 23: Verbindungsstange der Drehmechanik 34](#_Toc76734999)

[Abbildung 24: Schlauchbefestigung mit Sensorhalterung 35](#_Toc76735000)

[Abbildung 25: Mastbefestigung Klinkenstecker 36](#_Toc76735001)

[Abbildung 26: Schaltschrank (Außen) 37](#_Toc76735002)

[Abbildung 27: Mastbefestigung des Schaltschranks 38](#_Toc76735003)

[Abbildung 28: Schaltplan Hauptstromkreis 55](#_Toc76735004)

[Abbildung 29: Schaltplan Steuerstromkreis 56](#_Toc76735005)

[Abbildung 30: EMV Gleichstrommotor 57](#_Toc76735006)

[Abbildung 31: VDE Protokoll 59](#_Toc76735007)

# Tabellenverzeichnis

[Tabelle 1: Kostenaufstellung 25](#_Toc76735008)

[Tabelle 2: Risikomatrix 39](#_Toc76735009)

[Tabelle 3: Risikobeurteilung 40](#_Toc76735010)

[Tabelle 4: Bauteilliste 42](#_Toc76735011)

# Team

Schmid Christian: [christian.schmid1@hs-augsburg.de](mailto:christian.schmid1@hs-augsburg.de) Mtr.nr.: 2041409

Spengler Michael: [michael.spengler@hs-augsburg.de](mailto:michael.spengler@hs-augsburg.de) Mtr.nr.: 2048990

Kohlberger Raphael: [raphael.kohlberger@hs-augsburg.de](mailto:raphael.kohlberger@hs-augsburg.de) Mtr.nr.: 2049744

Walkmann Fabian: [fabian.walkmann@hs-augsburg.de](mailto:fabian.walkmann@hs-augsburg.de) Mtr.nr.: 2049492

# Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung umfasst die Optimierung eines bestehenden Projektes. Ein automatisches Anschalten eines Föhns, soll durch manuelles Anschalten durch austauschbare Taster unterschiedlicher Art ersetzt werden. Am Föhn soll zudem ein Schlauch befestigt werden, der durch einen Motor in eine Kreisbewegung versetzt werden soll. Aufgrund der Umgebung am Einsatzort des Gerätes, muss dieses auch für feuchte Umgebungen geeignet sein.

# Pflichtenheft

Es soll ein Produkt entstehen, welches die Anschaltung des Föhns durch einen Taster ermöglicht. Dadurch soll es den Bewohnern des FFH ermöglicht werden, sich selbstständig die Haare zu föhnen. Das, auf Grundlage des Pflichtenheftes entstandene Produkt, muss diverse Sicherheitseinrichtungen, wie z.B. eine automatische Abschaltung im Fehlerfall und Schutz gegen Feuchtigkeit bieten. Eine genauere Aufstellung der Aufgabenstellungen können dem Pflichtenheft entnommen werden.

# Konzepte

Um eine Rotation des Föhnschlauches zu erreichen wurden zwei Konzepte entworfen um dies zu realisieren.

## Konzept Gleichstrommotor

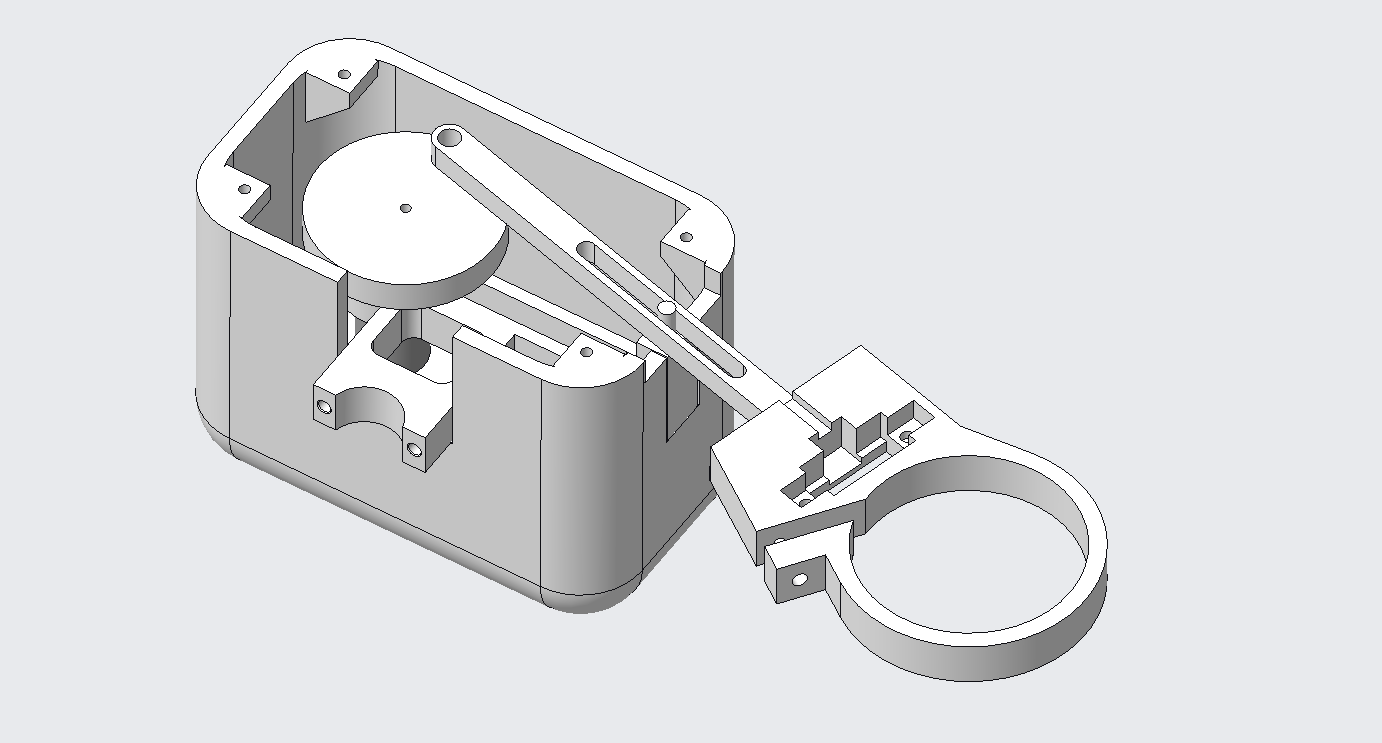


Abbildung : Konzept Gleichstrommotor

### Funktionsprinzip

In diesem Konzept wurde ein Gleichstrommotor verwendet um eine Rotation des Föhnschlauches zu erzeugen. Der Gleichstrommotor bringt eine Exzenterscheibe zum Rotieren, wodurch eine darauf befestigte Verbindungsstange in Bewegung gesetzt wird und eine Kreisbewegung an der Befestigungsschelle des Föhnschlauchs erzeugt.

### Vorteile

* 360 Grad Drehung der Befestigungsschelle möglich
* Längere Lebensdauer
* Einfache Ansteuerung

### Nachteile

* **Schlechte EMV Verträglichkeit**
* Höherer Druckaufwand
* Teurer
* Hoher Platzbedarf
* aufwendigere/kompliziertere Umsetzung
* Geschwindigkeit nur über Spannungswert einstellbar

## Konzept Servomotor

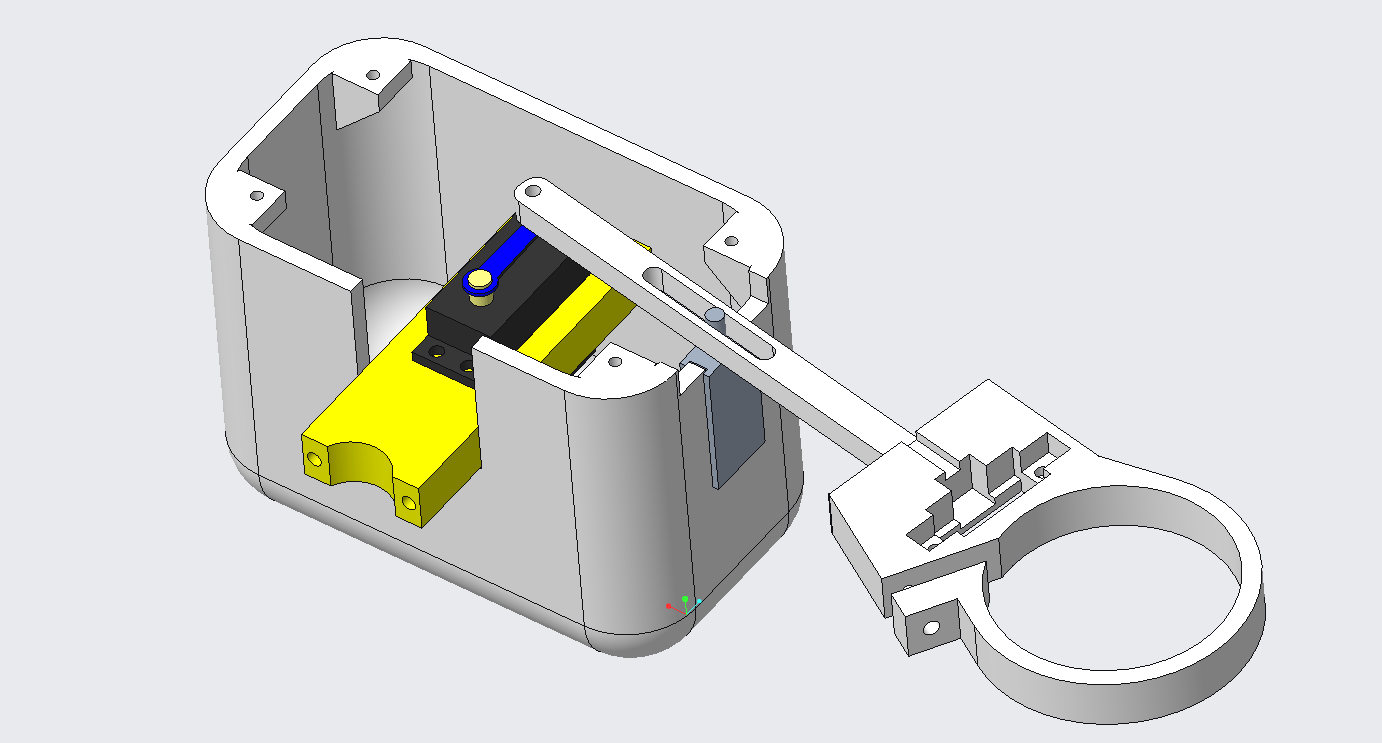


Abbildung : Konzept Servomotor

### Funktionsprinzip

In diesem Konzept wurde ein Servomotor verwendet um eine Rotation des Föhnschlauches zu erzeugen. Eine Verbindungsstange wird hier direkt mit dem Hebel des Servomotors verschraubt. Durch eine Drehbewegung von 270 Grad wird die Befestigungsschelle in eine Rotationsbewegung versetzt.

### Vorteile

* Simple Umsetzung
* Platzsparend
* Geschwindigkeit einfach einstellbar
* Günstiger
* Wenig Druckaufwand

### Nachteile

* Keine Vollständige 360 Grad Drehung möglich
* Kürzere Lebensdauer
* Ansteuerung nur durch PWM Signal möglich

## Fazit

Aufgrund der einfachen Ansteuerung des DC-Motors und der langen Lebensdauer wurde sich anfangs für Konzept „Gleichstrommotor“ entschieden. Da dieses Konzept beim EMV Test jedoch schlechte Messwerte aufwies, wurde auf das Konzept des Servomotors gewechselt.

# Probleme

## Problem Taster

**Problem:**

Sobald ein Relais geschalten wurde, erzeugte dies ein High Signal am Pin des Tasters. Dies wurde in Folge daraus fälschlicherweise als Betätigung des Tasters erkannt.

**Lösung:**

Durch den Einbau eines Glättungskondensators konnte das High-Signal unterdrückt werden.

## Problem I2C

**Problem:**

Da der Schaltschrank ein 230V Netz enthält, legten sich Störungen auf das I2C Signal. Dies hatte zur Folge, dass keine einwandfreie Übertragung mehr stattfinden konnte.

**Lösung:**

Der I2C-Sensor wurde direkt auf die Adapterplatine an der Schaltschranktür gelötet, um möglichst viel Abstand zu den 230V Komponenten zu erhalten.

## Problem Gleichstrommotor

**Problem:**

Bei der Durchführung des EMV-Tests wurde ersichtlich, dass der Verwendete DC-Motor erhebliche EMV-Probleme darstellte.

**Lösung:**

Einbau eines Servomotors.

# Realisierung

## Hardwarekomponenten

Da es sich um eine Optimierung eines bestehenden Produktes handelt, wurden gewisse Hardwarekomponenten wie der Schaltkasten, der Föhn oder das Rehadapt Gestell übernommen. Ein Servomotor und dessen Halterung für die Rotation des Föhnschlauches, sowie die Befestigung eines Klinkensteckers für die Anbindung an einen Taster, wurden am Rahadapt Gestell montiert. Um die Mechanikkomponenten anzusteuern, wurde ein STM32-Mikrocontroller verwendet. Für die Umsetzung des Projektes wurde ein neuer Schaltplan, den Änderungen entsprechend, entworfen. Die Verdrahtung der neuen Bauteile wurde nach dem erstellten Schaltplan vorgenommen. Alle Anpassungen an bestehenden Teilen, sowie die neuen Komponenten, wurden nach den geltenden Regeln der Technik dimensioniert und ausgewählt. Eine detaillierte Beschreibung des Aufbaus liefert die Montageanleitung.

### Mechanik

Die Befestigung des Servomotors und dessen Mechanik, des Klinkensteckers sowie des STM32-Mikrocontrollers erfolgte durch speziell dafür konstruierte Bauteile. Diese wurden mit einem 3D-Drucker mittels FDM-Technik gefertigt. Hierbei wurde das Material PETG verwendet. Dieses ist robust gegenüber Umwelteinflüssen sowie Temperaturschwankungen. Zudem weist es gute Eigenschaften hinsichtlich der Festigkeit und der Druckbarkeit auf. Dies ist für unser Produkt von großer Bedeutung und somit für das Projekt bestens geeignet. Die gedruckten Bauteile werden im Kapitel 8 aufgeführt. Eine detaillierte Beschreibung des Aufbaus liefert die Montageanleitung.

### Elektronik

Die Komponenten des Hauptstromkreises wurden aus dem Vorprojekt übernommen. Im Steuerstromkreis wurden Relais für das Schalten des Föhns ausgetauscht. Um eine Verbindung zwischen dem STM32-Mikrocontroller und den Komponenten des Schaltkastens herzustellen wurde eine Adapterplatine verwendet. Diese lässt sich über einen simplen Steckmechanismus auf den Mikrocontroller stecken und über Verbindungskabel mit dem Schaltkasten verbinden.

## Softwarestruktur

### Softwarekomponenten

Die verbauten Komponenten der Hardware und die Mechanik werden durch die Software auf einem Mikrocontroller gesteuert. Hierzu wurde der Mikrocontroller Nucleo-64 STM32F446 verwendet. Um die gewünschten Funktionen des Föhns zu implementieren, wurden unterschiedliche Programme verwendet. Sämtliche Initialisierungen wurden mit Hilfe von STM32 CUBE MX Version 6.2.1 erstellt. Das in diesem Programm erstellte Grundgerüst wurde mit dem erforderlichen Code in Keil uVision Version 5.34 vervollständigt.

#### CUBE MX Setup

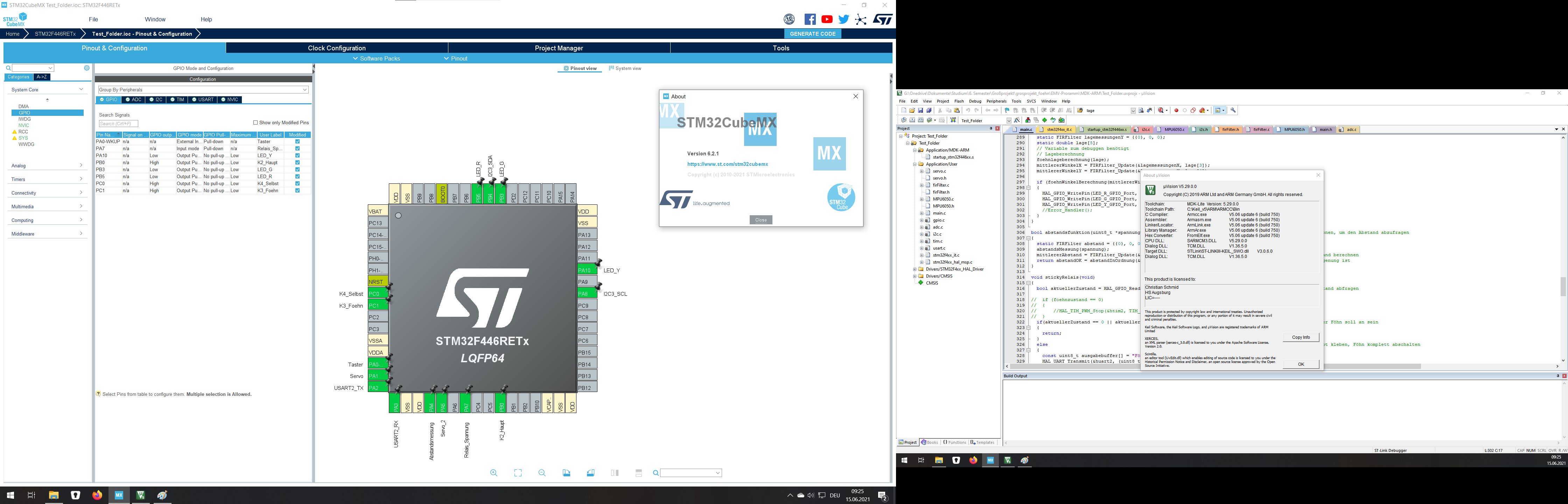


Abbildung : Cube MX Setup

#### Keil uVision Setup

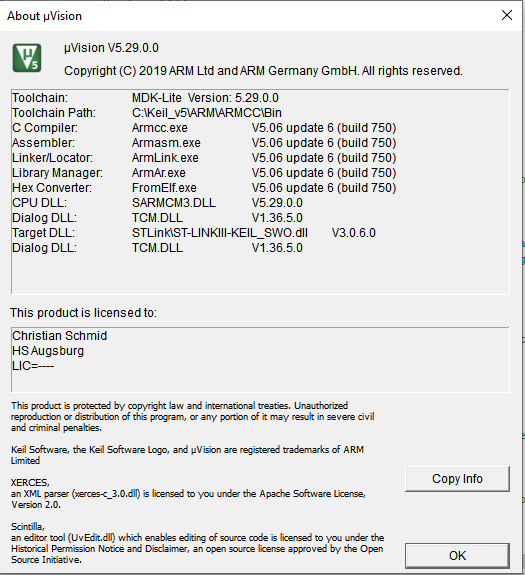


Abbildung : Keil uVision Setup

### Programmstrukturen und Diagramme

Die folgenden Abbildungen und Diagramme zeigen den strukturierten Aufbau des Programms. Eine genauere Beschreibung der Diagramme befindet sich im Pflichtenheft Kapitel Software Engineering.

#### Use-Case Diagramm

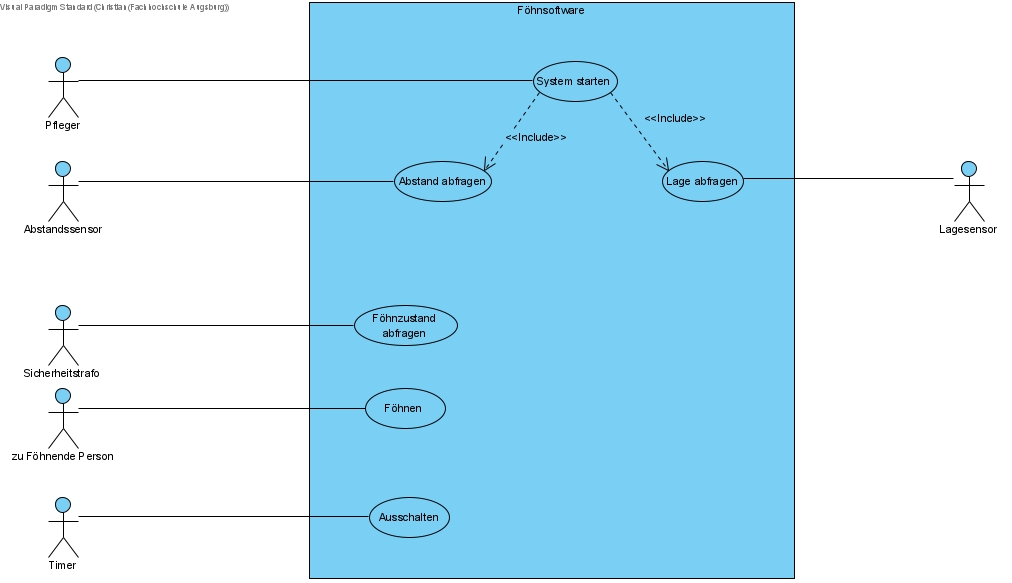


Abbildung : Use-Case Diagramm

#### Main-Source Struktur

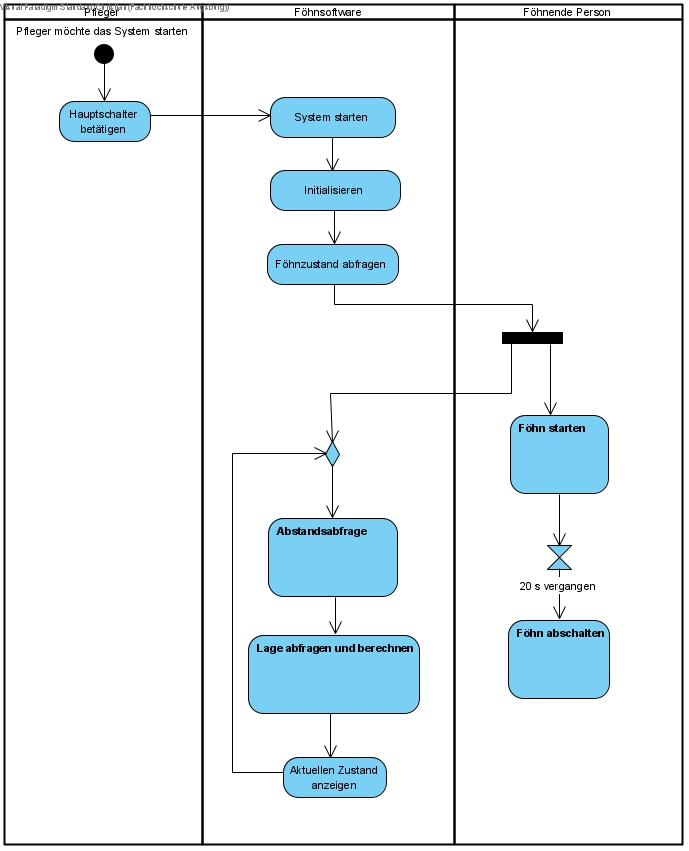


Abbildung : Main-Source Struktur

#### Abstand abfragen

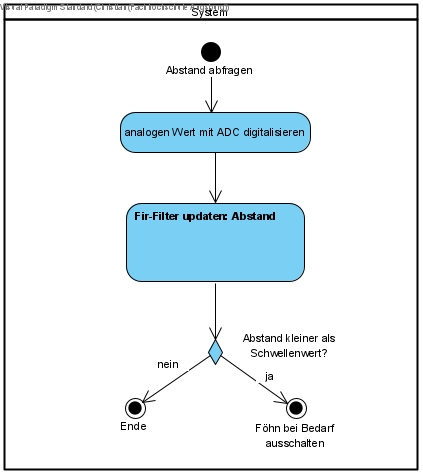


Abbildung : Abstand abfragen Struktur

#### Lage abfragen

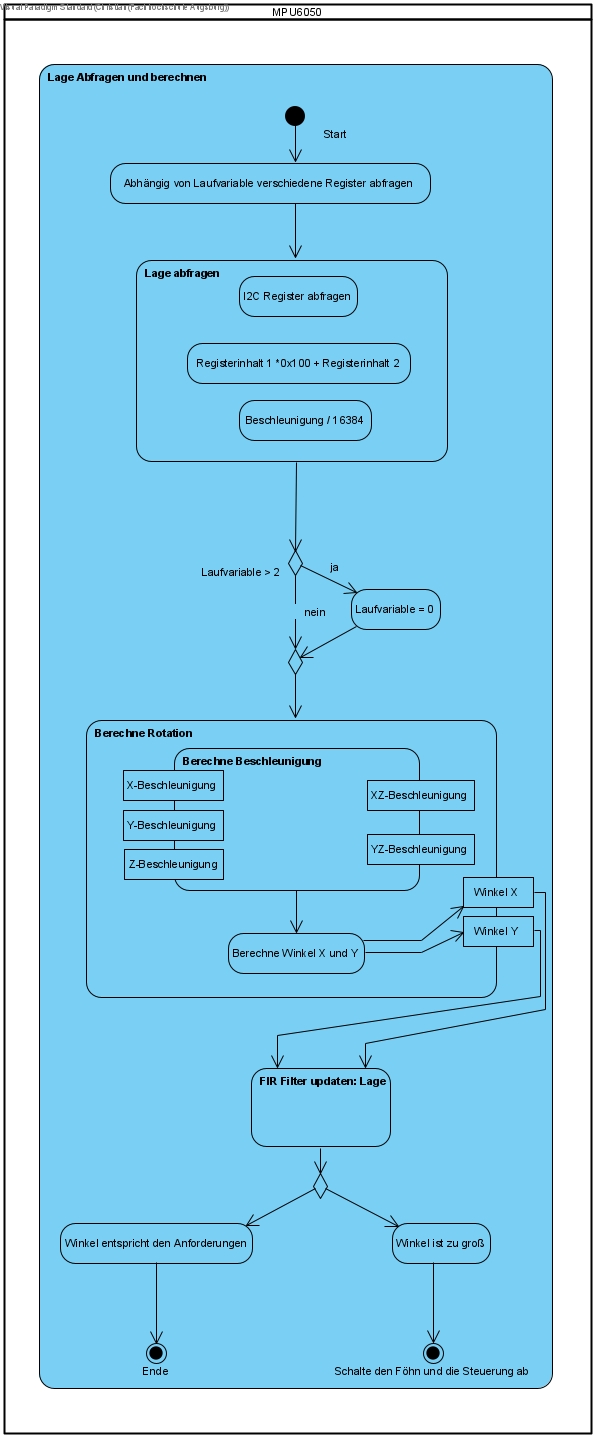


Abbildung : Lage abfragen Struktur

#### Föhn starten

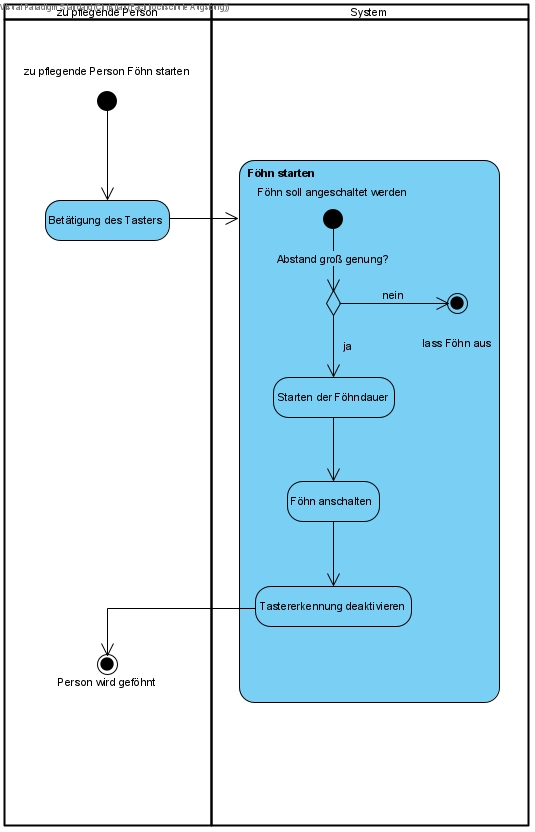


Abbildung : Föhn starten Struktur

#### Föhn abschalten

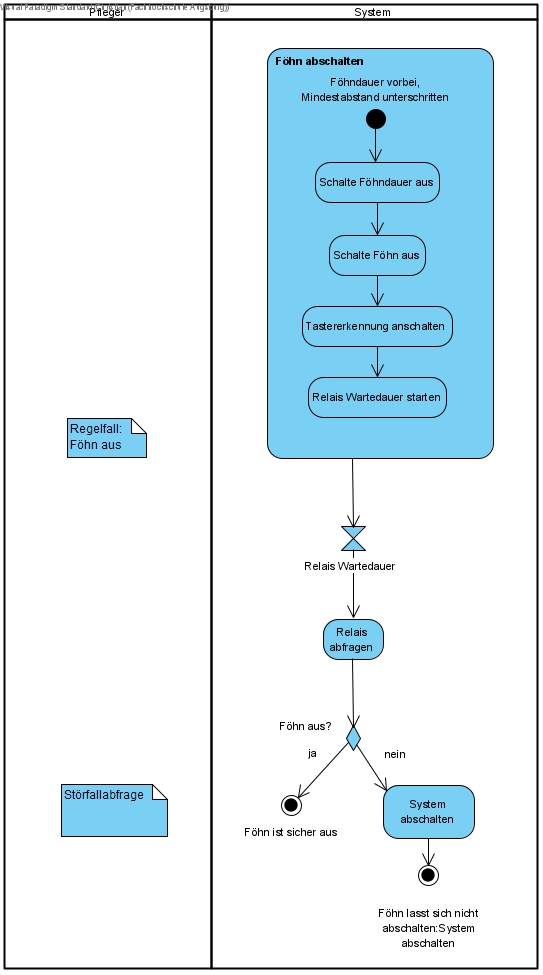


Abbildung : Föhn abschalten Struktur

#### FIR-Filter updaten

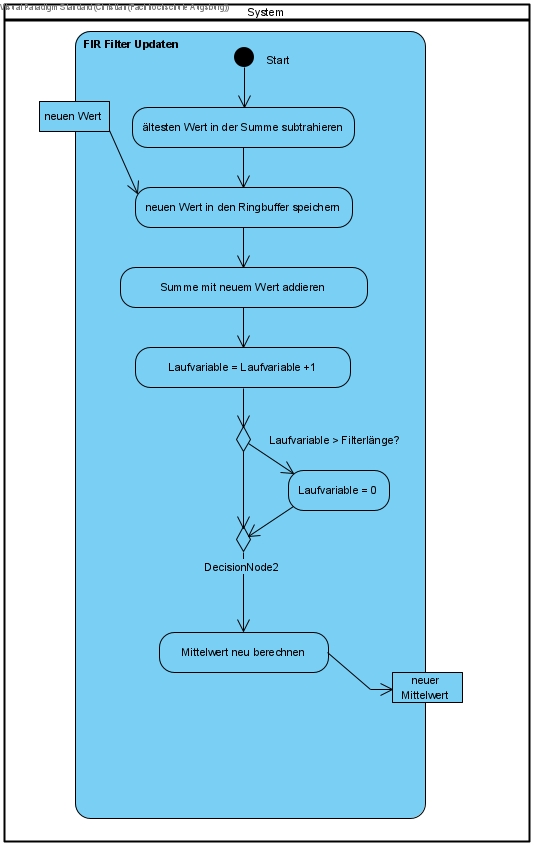


Abbildung : FIR Filter updaten Struktur

#### Zustandsdiagramm

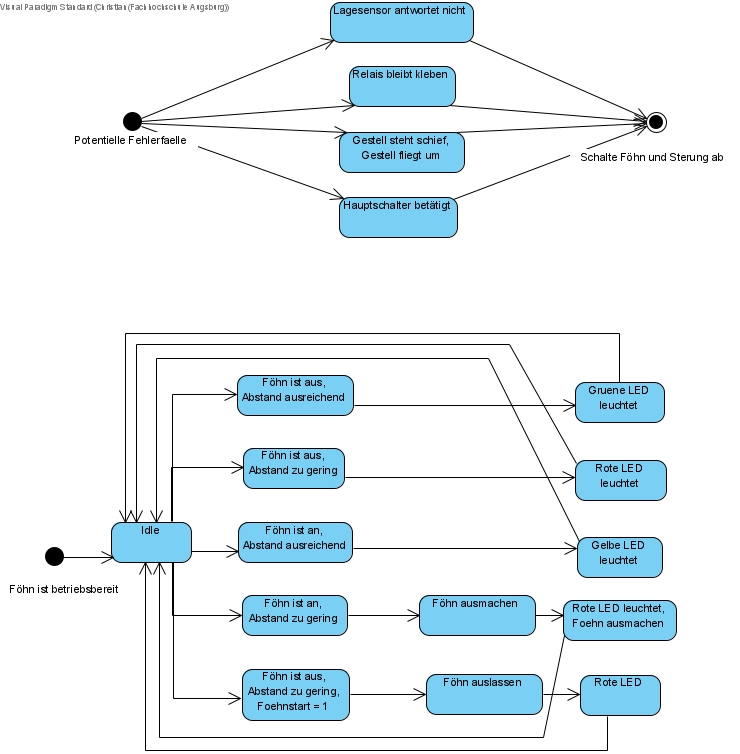


Abbildung : Zustandsdiagramm

# Kostenaufstellung

|  |  |
| --- | --- |
| Artikelbeschreibung | Betrag |
| DISTANZ-SENSOR GP2Y0A21YK0F | 13.71 € |
| DEV BOARD NUCLEO STM32 NUCLEO-F446RE STM | 16.32 € |
| USB2.0 TYPE A HIGHSPEED EMI-FILTER | 10.29 € |
| Versand Conrad | 6.65 € |
| 60 mm warmer Heizungskanal aus Aluminiumfolie, Auto- Heizungskanal, Luftführungsschlauch | 14.99 € |
| Remington Universal Diffusor D52DU | 7.99 € |
| Wicked Chili 2er Set Dual USB Ladegerät 12W / 2400mA Pro Series Universal Netzteil | 14.89 € |
| deleyCON 0,5m Mini USB 2.0 High Speed Kabel USB A-Stecker zu Mini B-Stecker | 5.45 € |
| SUNFOUNDER 20KG Servomotor High Torque Servo, SF3218MG Metal Gear Digital Servo | 19.59 € |
| ICQUANZX Proto Screw Shield | 7.99 € |
| deleyCON 0,5m USB 2.0 High Speed Kabel Datenkabel - USB A-Stecker zu USB-A | 5.65 € |
| ELEGOO 4 Kanal DC 5V Relaismodul mit Optokoppler für Arduino | 6.99 € |
| kinkaivy Kabelschlauch, 19mm-8m selbstschließender cable sleeve | 17.69 € |
| UGREEN Audio Verlängerungskabel Kopfhörer 3.5mm Klinke Verlängerung 3m | 12.99 € |
| Igarashi GETRIEBEMOTOR 1:380 TYP 20G | 17.99 € |
| Versand Conrad | 6.65 € |
| DeLOCK 65878 3 pin 3,5 mm Schwarz (Klinkeadapter) | 5.08 € |
| KabelDirekt – Klinken-Verlängerungskabel – 2m (für Aux Eingänge, 3,5mmStecker > 3,5mm Buchse) (verbaut) | 7.99 € |
| MeanWell Netzteil, RS-25-12 | 14.00 € |
| sourcing map Aluminiumgehäuse-Widerstand, 5 W, 50 Ohm, drahtgewickelt,für LED-Ersatz-Konverter 5W50RJ, 2 Stück | 5.65 € |
| AZDelivery 3 x 2-Relais Modul 5V mitOptokoppler Low-Level-Trigger | 6.13 € |
| AZDelivery 3 x GY-521 MPU-6050 3-Achsen-Gyroskop und Beschleunigungssensor | 6.29 € |
| AZDelivery 220V zu 5V Mini-Netzteil | 4.87 |
| PCB Schraubklemmen | 9.99 € |
| STM32VLDISCOVERY STM32F100RB | 15.92 € |
| SUNFOUNDER 25KG Servomotor High Torque Servo, DS-S020 | 21.84 € |
| Gesamt | 283.59 € |

Tabelle : Kostenaufstellung

# Montageanleitung

Die folgende Montageanleitung umfasst eine Beschreibung bereits bestehender, sowie dem Produkt neu hinzugefügten, Komponenten.

## Baugruppe

### Baugruppe der Drehmechanik

Baugruppe der Drehmechanik bestehend aus der Mastbefestigung inkl. Halterung des Servomotors und einer Verbindungsstange zur Befestigung des Föhnschlauches.

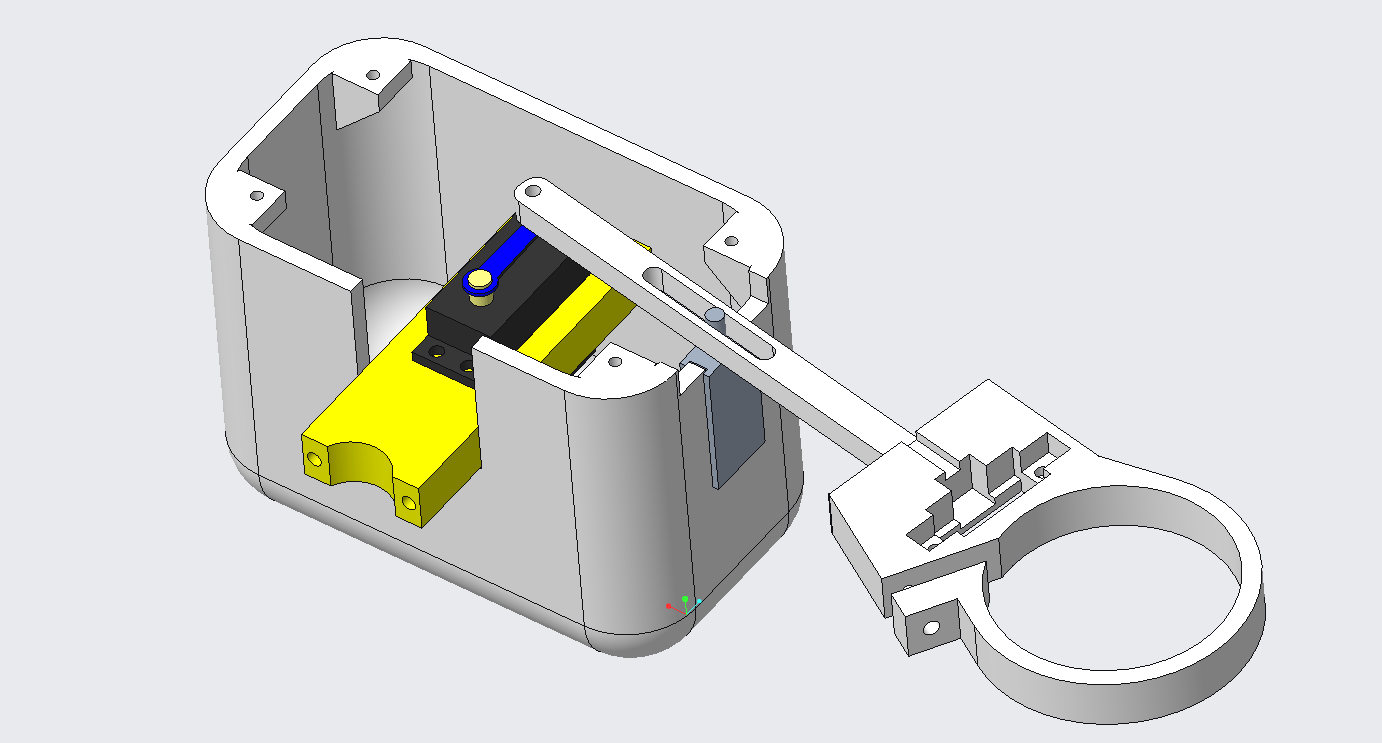


Abbildung : Baugruppe der Drehmechanik (CAD)

## 3D gedruckte Bauteile

### Befestigungsplatte des STM32 Mikrocontrollers

Befestigungsplatte des STM32 Mikrocontrollers mit Schraubverbindungen.

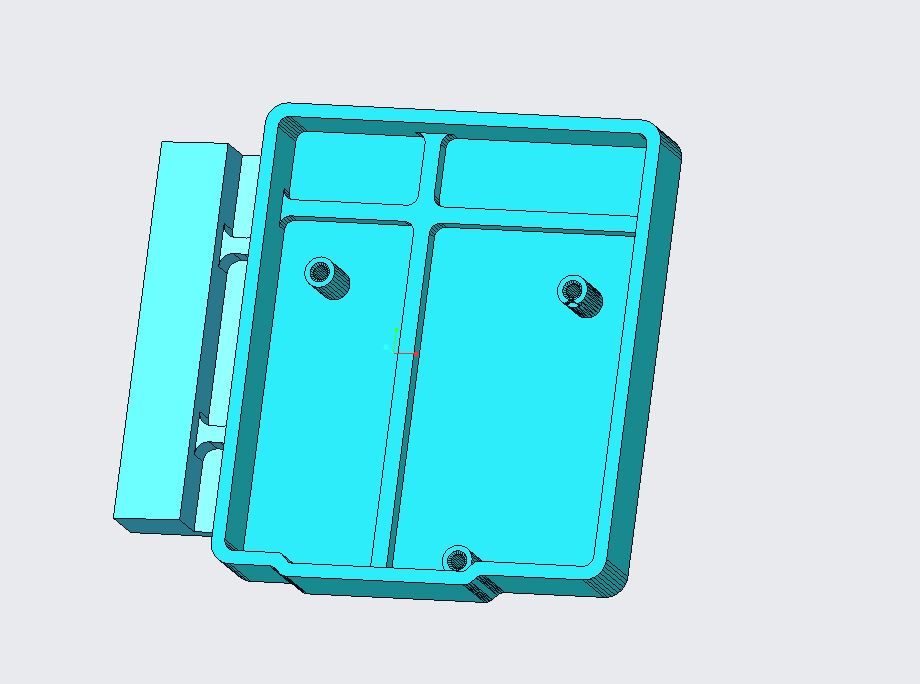


Abbildung : Befestigungsplatte STM32 (CAD)

### Mastbefestigung des 3,5mm Klinkensteckers

Das Klinkenkabel bzw. der Klinkenstecker wird zwischen die Klemmschalen der Halterung geführt.

Die Mastbefestigung wird mit Hilfe von Schrauben an das Rehadapt Gestell geklemmt.

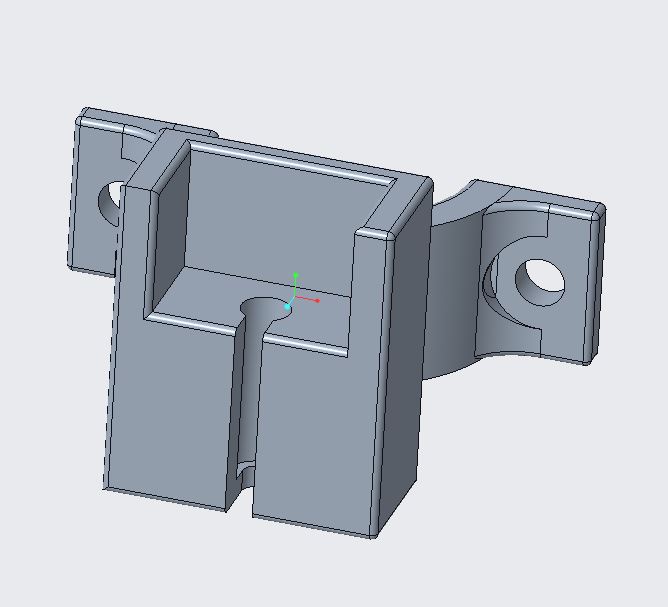


Abbildung : Mastbefestigung Klinkenstecker (CAD)

### Mastbefestigung des Servomotors

Die Mastbefestigung wird mit Hilfe von Schrauben an das Rehadapt Gestell geklemmt.

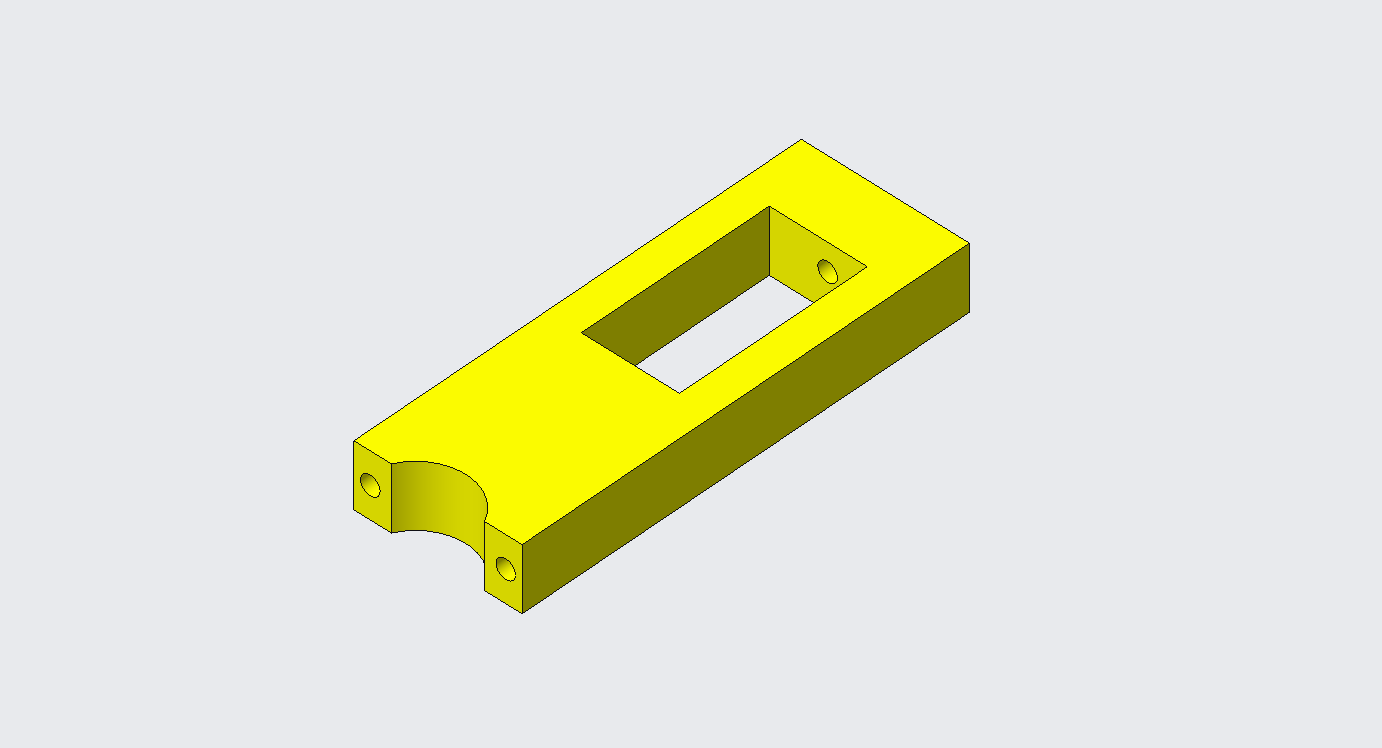


Abbildung : Mastbefestigung des Gleichstrommotors (CAD)

### Schlauchbefestigung des Föhns mit Sensorhalterung

Der Föhnschlauch wird über eine Schelle geklemmt und mit einer Schraube fixiert. Über eine Aussparung in der Schelle kann der Näherungssensor befestigt werden.

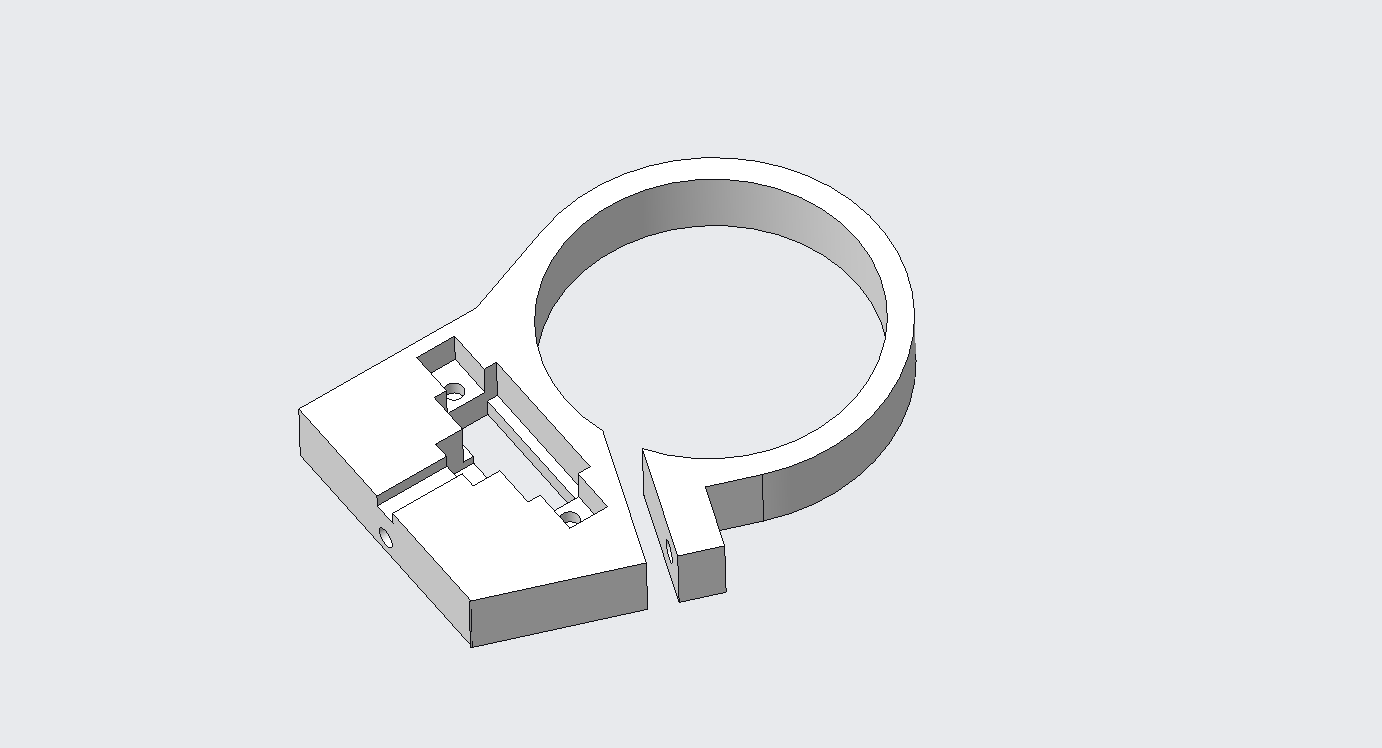


Abbildung : Schlauchbefestigung (CAD)

### Motorgehäuse

Gehäuse in welchem sich Motor und die dazugehörige Drehmechanik befindet.

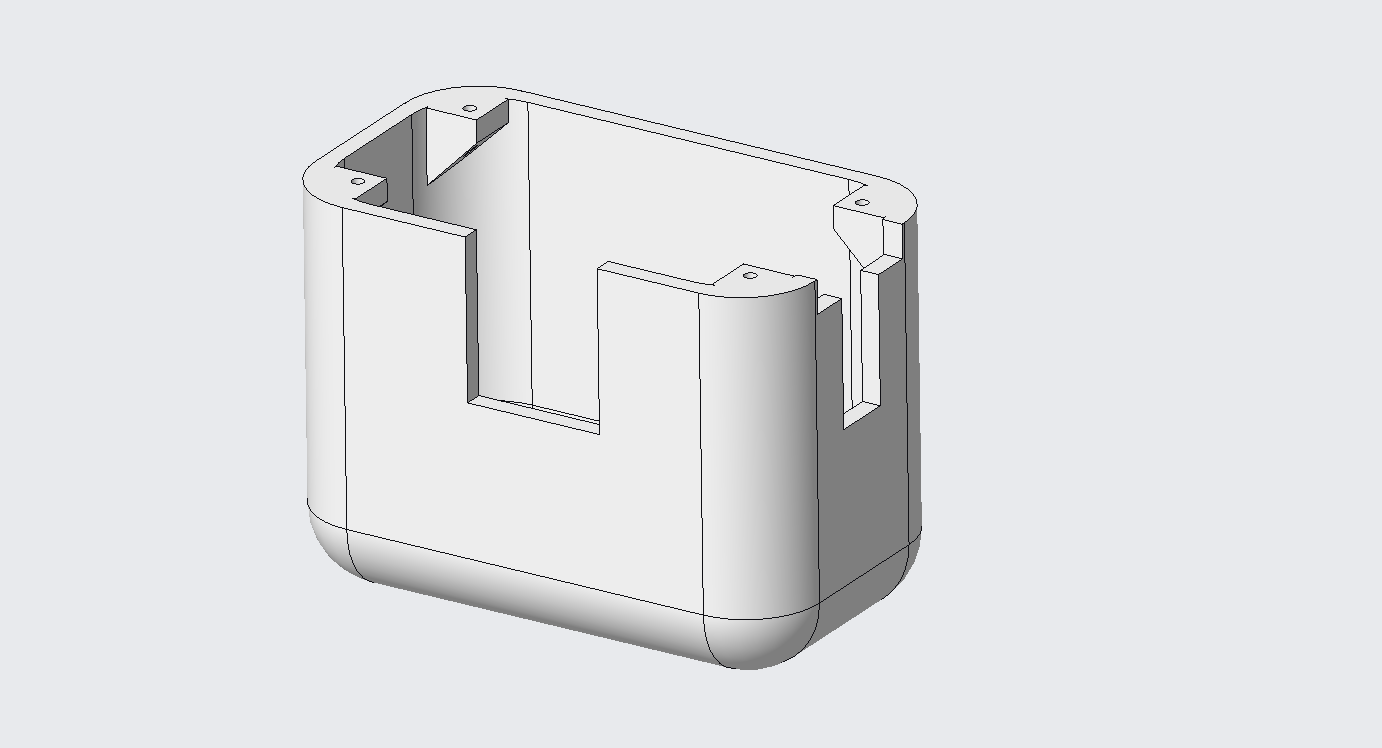
****

Abbildung : Mootorgehäuse (CAD)

### Verbindungsstange der Rotationsmechanik

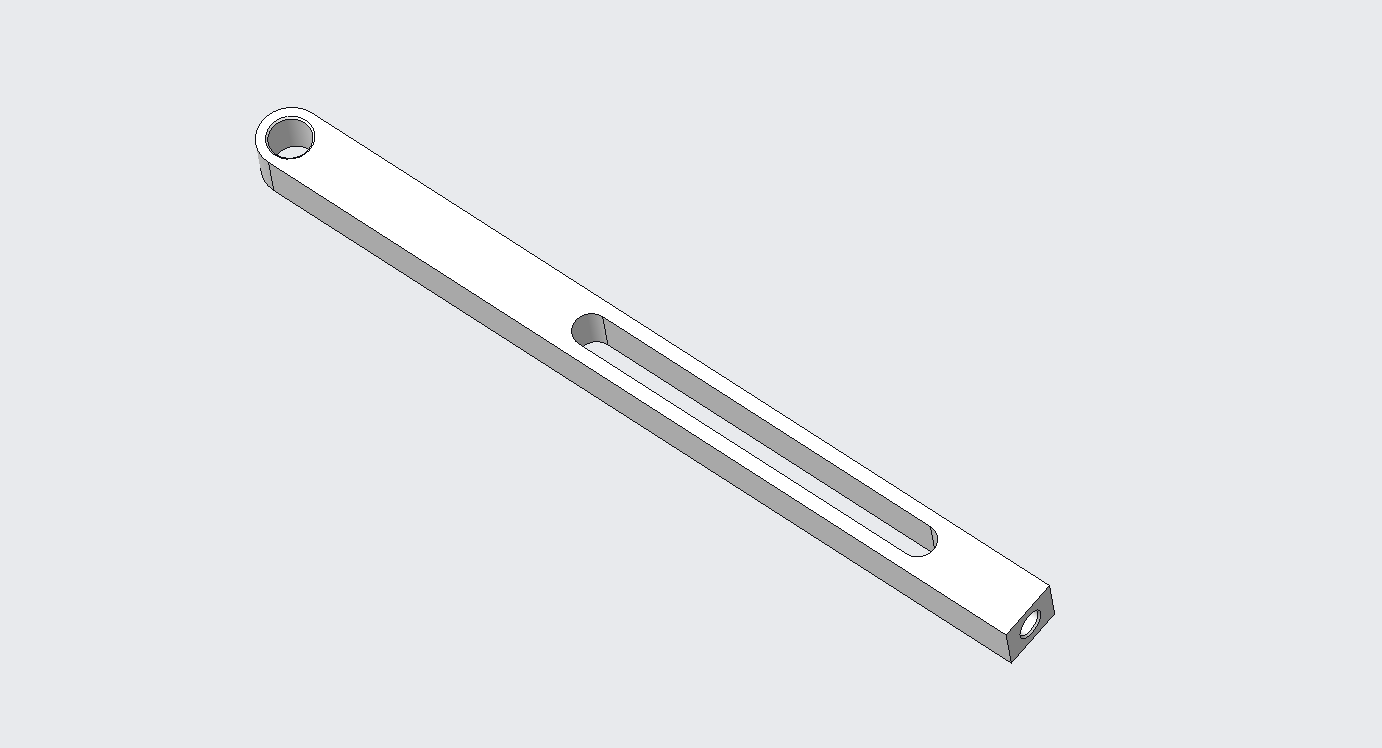


Abbildung : Verbindungsstange der Rotationsmechanik (CAD)

## Adapterplatine

Um eine Verbindung zwischen dem STM32-Mikrocontroller und den Komponenten des Schaltkastens herzustellen wurde eine Adapterplatine verwendet. Diese lässt sich über einen simplen Steckmechanismus auf den Mikrocontroller stecken und über Verbindungskabel mit dem Schaltkasten verbinden.

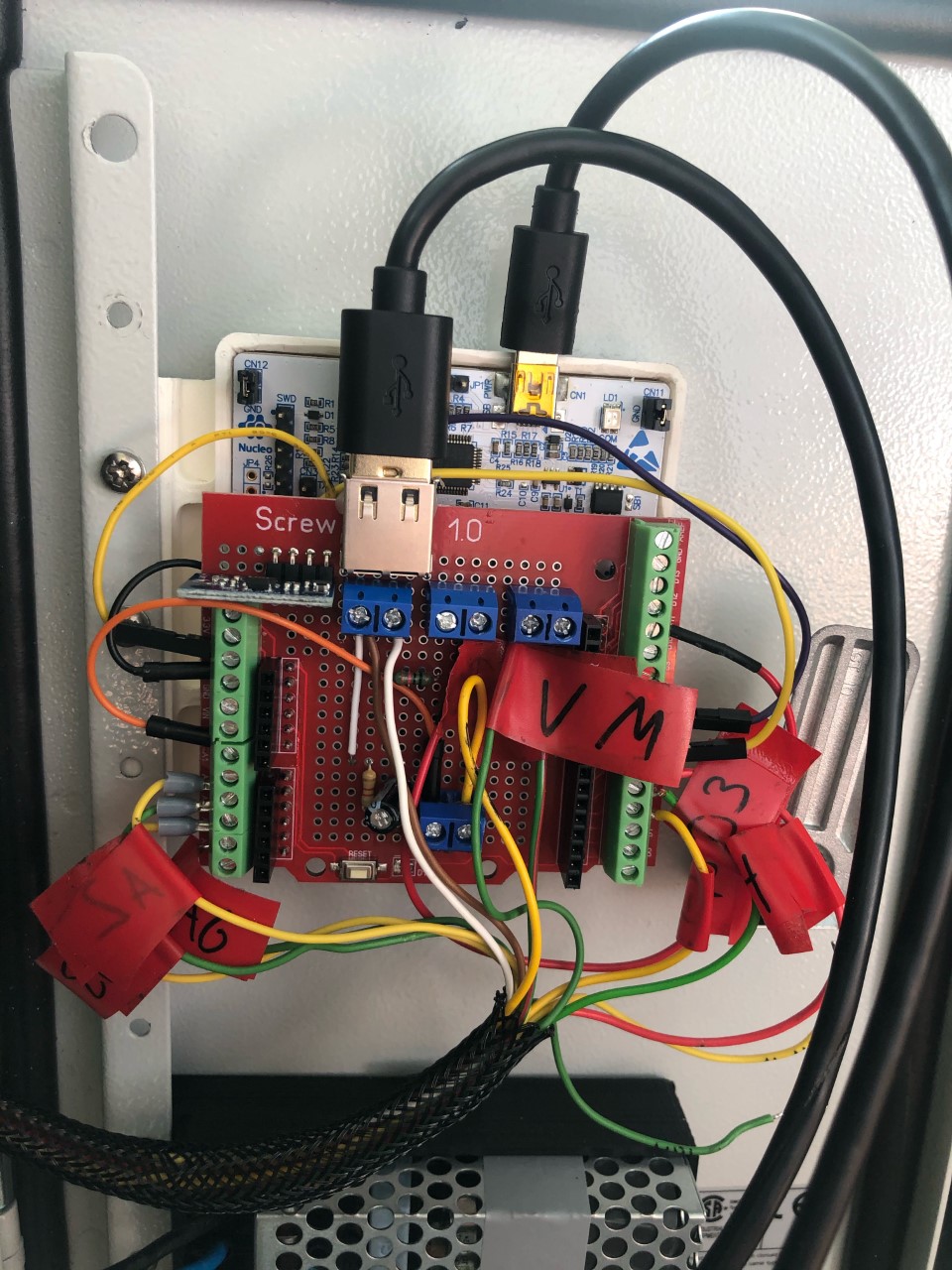


Abbildung : Adapterplatine für STM32

## Fotos der Bauteile

### Baugruppe der Drehmechanik mit Gehäuse



Abbildung : Baugruppe Drehmechanik mit Gehäuse

### Baugruppe der Drehmechanik

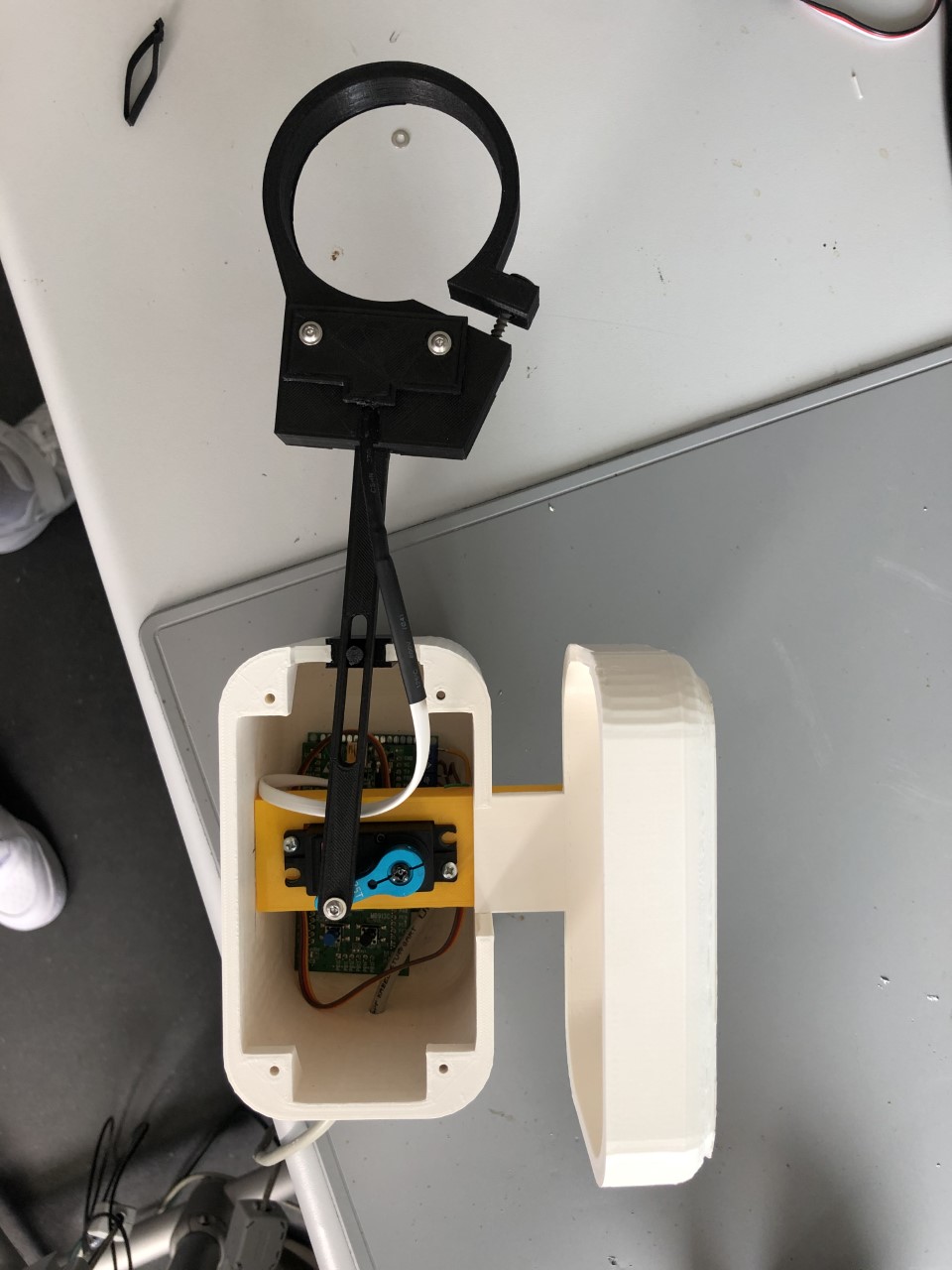


Abbildung : Baugruppe Drehmechanik

### Verbindungsstange der Drehmechanik

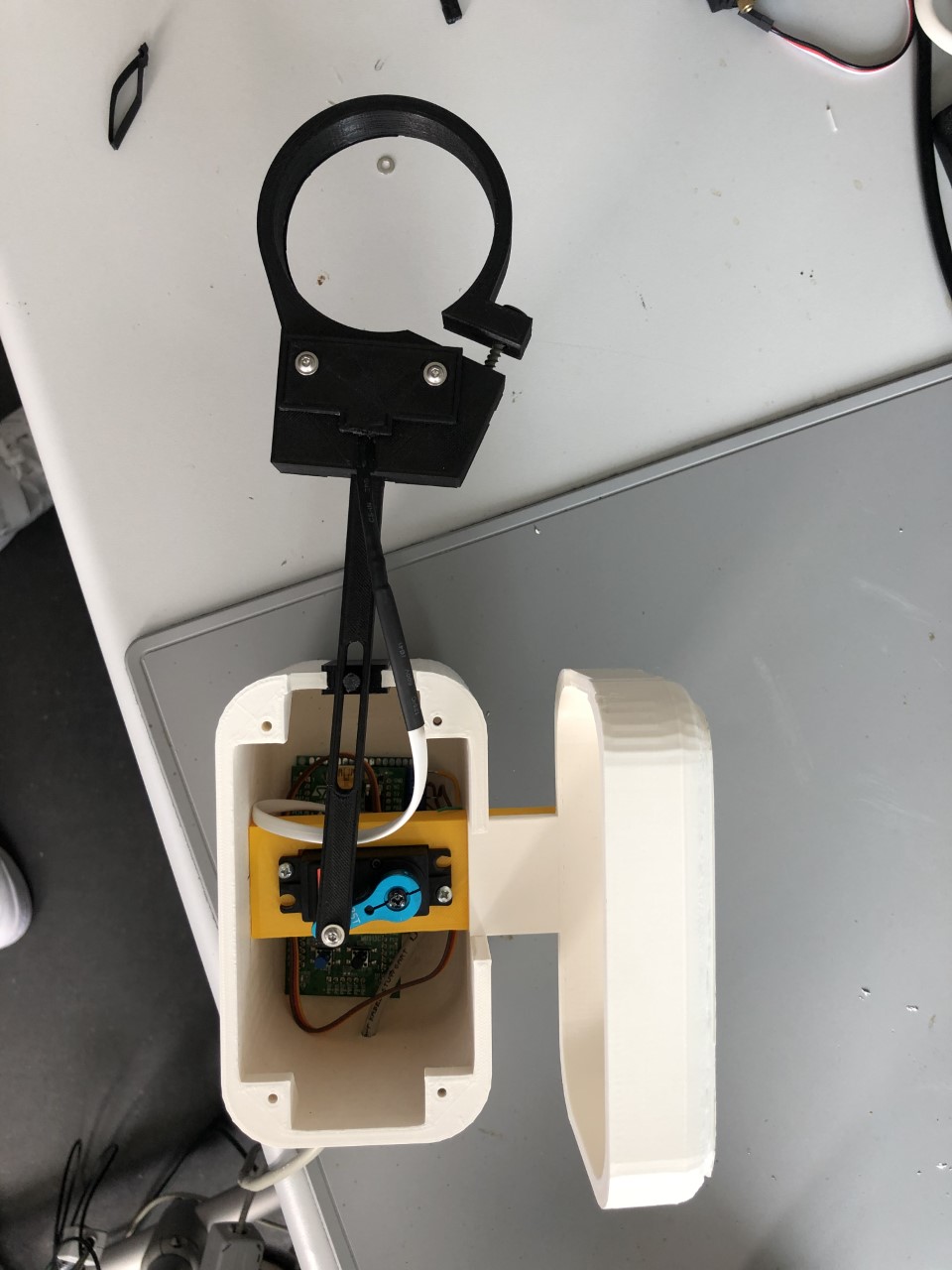


Abbildung : Verbindungsstange der Drehmechanik

### Schlauchbefestigung des Föhns mit Sensorhalterung

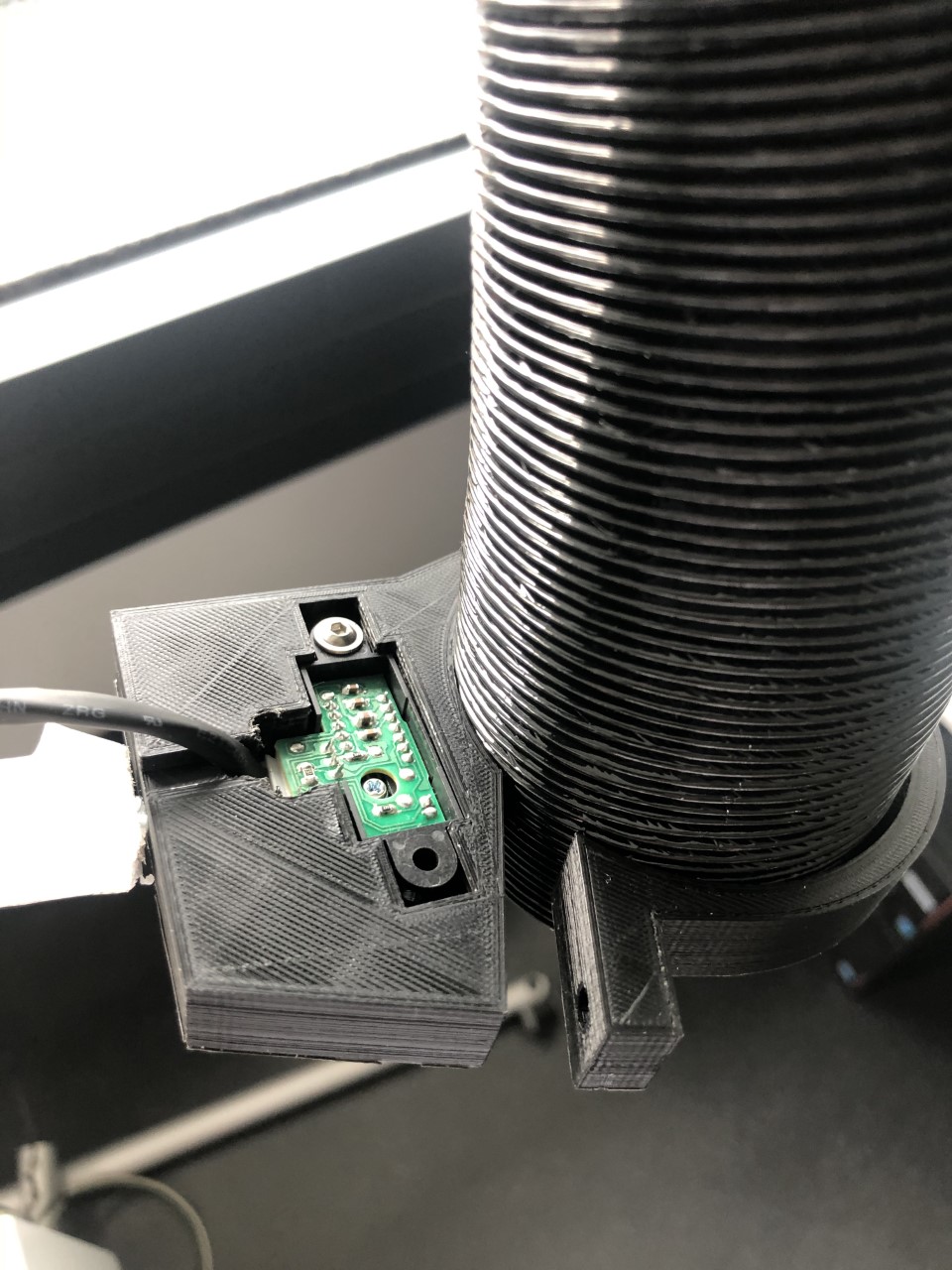


Abbildung : Schlauchbefestigung mit Sensorhalterung

### Mastbefestigung des 3,5mm Klinkensteckers



Abbildung : Mastbefestigung Klinkenstecker

## Schaltschrank

Der Mikrocomputer ist durch 4 Schrauben mit der gedruckten Montageplatte verbunden. Die Montageplatte für den Mikrocomputer ist mit Hilfe von zwei weiteren Schrauben an der Türinnenseite des Schaltschranks montiert. Die Bestückung der Klemmleiste wurde in diesem Projekt nicht verändert. Eine detaillierte Beschreibung ist in der Dokumentation der vorherigen Entwicklung vorhanden.



Abbildung : Schaltschrank (Außen)

## Schaltschrank an Rehadapt Gestell montieren

Der Schaltschrank wird mit Hilfe der Mastschellen und der, am Schaltschrank befestigten Haltebleche, mit zwei Schrauben am senkrechten Rohr des Rehadapt-Gestells befestigt. Dabei stellen die Haltebleche die Verbindung zwischen Schaltschrank und Mastschellen her.



Abbildung : Mastbefestigung des Schaltschranks

# Gefährdungsbeurteilung

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eintrittswahrscheinlichkeit AW | Ereignis kommt häufig vor | 5 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Ereignis kommt selten vor | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Ereignis ist vorstellbar | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Ereignis ist kaum vorstellbar | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Ereignis kommt nicht vor | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|  | Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Risikopotential RPZ:  RPZ = AW x VS | | Kleinere Verletzung | Reversible Verletzung | Irreversible Verletzung | Tödliche Verletzung |
| Schwere der Verletzung VS | | | |

Tabelle : Risikomatrix

Die Gefährdungen werden im Folgenden durch eine Risikomatrix und der daraus resultierenden Risikoprioritätenzahl (RPZ) ermittelt. Ist die Risikoprioritätenzahl des Ereignisses größer oder gleich 8 ist die Gefährdung nicht akzeptabel und muss beseitigt oder reduziert werden

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Risiko | Eintrittswahrscheinlichkeit AW | Schwere der Verletzung AW | Risikopotential RPZ |
| Gefährdung durch Umfallen des Gerätes | 3 | 1 | 3 |
| Gefährdung durch Feuer | 2 | 3 | 6 |
| Gefährdung durch menschliches Fehlverhalten | 4 | 1 | 4 |
| Fehlverhalten durch Störung/Ausfall des Steuerungssystems | 3 | 1 | 3 |
| Fehlverhalten durch äußere Einflüsse | 2 | 1 | 2 |
| Elektrischer Schlag | 1 | 4 | 4 |
| Verbrennung | 2 | 3 | 6 |
| Gefährdung durch Quetschungen | 2 | 2 | 4 |

Tabelle : Risikobeurteilung

Die Risikoprioritätenzahl ist durchgängig kleiner oder gleich 6. Das Gerät ist somit als sicher einzustufen und es müssen keine Veränderungen unternommen werden.

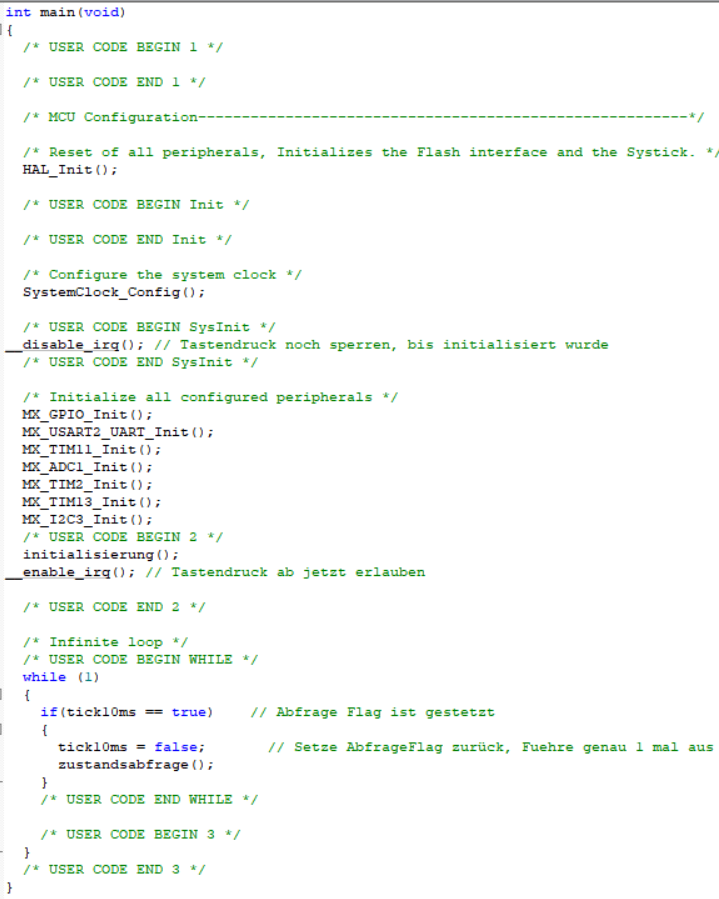
# Bauteilliste

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Position | Bezeichnung | Menge |
| 1 | Hairfashion Haartrockner, Föhn 1400W | 1 |
| 2 | Halterung Föhn (gedruckt) | 1 |
| 3 | Neigungssensor MPU-6050 | 1 |
| 4 | Rehadapt Gestell | 1 |
| 5 | Rehadapt Halterung | 1 |
| 6 | Mastschelle (gedruckt) | 2 |
| 7 | Halteblech für Mastschelle | 2 |
| 8 | Kleinhuis 1234M1601 Kabelverschraubung M16 | 5 |
| 9 | Netzkabel 3x1,0 mit Erdung | 1,5m |
| 10 | Led 3mm rot | 1 |
| 11 | Led 3mm grün | 1 |
| 12 | Led 3mm gelb | 1 |
| 13 | Widerstände verschiedene Größen | 7 |
| 14 | Montageplatte für Mikrocomputer (gedruckt) | 1 |
| 15 | Leitung 0, 5mm2 rot/grün/gelb/schwarz für LED | 3m |
| 16 | LiY CY 4x0, 25mm2 | 10m |
| 17 | H07V-K Einzelader 1, 5mm2 Blau | 5m |
| 18 | H07V-K Einzelader 1, 5mm2 Schwarz | 5m |
| 19 | H07V-K Einzelader 1, 5mm2 Grün/Gelb | 5m |
| 20 | Mantelleitung 2x0, 752 für Föhn | 10m |
| 21 | Phoenix Zackband ZB 3,5 UNBEDRUCKT weiß unbeschriftet | 3 |
| 22 | Beschriftungsmaterial | 20 |
| 23 | Aufkleber EasyHairDry | 2 |
| 24 | Aufkleber Warnhinweis | 1 |
| 25 | Kabelbinder | 20 |
| 26 | Befestigungsschrauben/-muttern, Beilagscheiben versch. Größen | 100 |
| 27 | Plexiglas Platte montage | 1 |
| 28 | Phoenix Durchgangsklemme PT 1,5/S | 10 |
| 29 | Phoenix Durchgangsklemme PT 1,5/S BU | 2 |
| 30 | Phoenix Schutzleiterreihenklemme PT 1,5/S-PE grün-gelb | 1 |
| 31 | Phoenix Abschlussdeckel D-PT 1,5/S | 6 |
| 32 | Phoenix Brücke FBS 10-3,5 | 1 |
| 33 | Phoenix Mehrstockklemme ST 2,5-3L grau | 4 |
| 34 | Phoenix Abschlussdeckel D-ST 2,5-3L grau | 1 |
| 35 | Phoenix Endhalter CLIPFIX 35,5 für NS35 B 5,15mm | 2 |
| 37 | OBO 2069 2M GTPL Hutschiene gelocht 2000x35x7,5 St GTP | 2 |
| 38 | Hager 30x25mm Verdrahtungskanal aus PVC steingrau BA63002507030B | 2 |
| 39 | Rittal 1035500 Schaltschrank AE BHT=200x300x155mm RAL7035 | 1 |
| 40 | 2 Phoenix Befestigungsclip RVT-PA 6 Kunststoff-Spreizniet | 4 |
| 41 | Siemens Leitungsschutzschalter 5SL6116-6 B16A 1polig 6A | 1 |
| 42 | PROTEC.class PDSD DIN-Steckdose 16A für Hutschiene | 1 |
| 43 | Eaton M22-PVT NOT-HALT/AUS-Taste d = 38 mm drehentriegelt unbeleuchtet | 1 |
| 44 | Eaton M22-A Befestigungsadapter | 3 |
| 45 | Eaton M22-CK01 Kontaktelement 1 Öffner Frontbefestigung Federzuganschluss | 2 |
| 46 | Eaton M22-CK10 Kontaktelement 1 Schließer Frontbefestigung Federzuganschluss | 1 |
| 47 | Eaton M22-LED230-G Leuchtelement LED grün Frontbefestigung 85 - 264 V AC | 1 |
| 48 | Eaton M22-WLK3-G Leuchtwahltaste 3 Stellungen grün tastend | 1 |
| 49 | Eaton M22-XBK1 Schild NOT-AUS gelb D = 60 mm 4-sprachig DE EN FR IT | 1 |
| 50 | Eaton M22-L-W Leuchtmelder flach weiß | 1 |
| 51 | DISTANZ-SENSOR GP2Y0A21YK0F | 1 |
| 52 | DEV BOARD NUCLEO STM32 NUCLEO-F446RE STM | 1 |
| 53 | USB2.0 TYPE A HIGHSPEED EMI-FILTER | 1 |
| 54 | Finder Zeitrelais | 1 |
| 55 | 60 mm warmer Heizungskanal aus Aluminiumfolie, Auto- Heizungskanal, Luftführungsschlauch | 1 |
| 56 | Remington Universal Diffusor D52DU | 1 |
| 57 | Wicked Chili 2er Set Dual USB Ladegerät 12W / 2400mA Pro Series Universal Netzteil | 1 |
| 58 | deleyCON 0,5m Mini USB 2.0 High Speed Kabel USB A-Stecker zu Mini B-Stecker | 1 |
| 59 | SUNFOUNDER 20KG Servomotor High Torque Servo, SF3218MG Metal Gear Digital Servo | 1 |
| 60 | ICQUANZX Proto Screw Shield | 1 |
| 61 | deleyCON 0,5m USB 2.0 High Speed Kabel Datenkabel - USB A-Stecker zu USB-A | 1 |
| 62 | ELEGOO 4 Kanal DC 5V Relaismodul mit Optokoppler für Arduino | 1 |
| 63 | kinkaivy Kabelschlauch, 19mm-8m selbstschließender cable sleeve | 1 |
| 64 | UGREEN Audio Verlängerungskabel Kopfhörer 3.5mm Klinke Verlängerung 3m | 1 |
| 65 | Igarashi GETRIEBEMOTOR 1:380 TYP 20G | 1 |
| 66 | DeLOCK 65878 3 pin 3,5 mm Schwarz (Klinkeadapter) | 1 |
| 67 | sourcing map Aluminiumgehäuse-Widerstand, 5 W, 50 Ohm, drahtgewickelt,für LED-Ersatz-Konverter 5W50RJ, 2 Stück | 1 |
| 68 | AZDelivery 3 x 2-Relais Modul 5V mitOptokoppler Low-Level-Trigger | 1 |
| 69 | AZDelivery 3 x GY-521 MPU-6050 3-Achsen-Gyroskop und Beschleunigungssensor | 1 |
| 70 | AZDelivery 220V zu 5V Mini-Netzteil | 1 |
| 71 | PCB Schraubklemmen | 1 |
| 72 | STM32VLDISCOVERY STM32F100RB | 1 |
| 73 | SUNFOUNDER 25KG Servomotor High Torque Servo, DS-S020 | 1 |

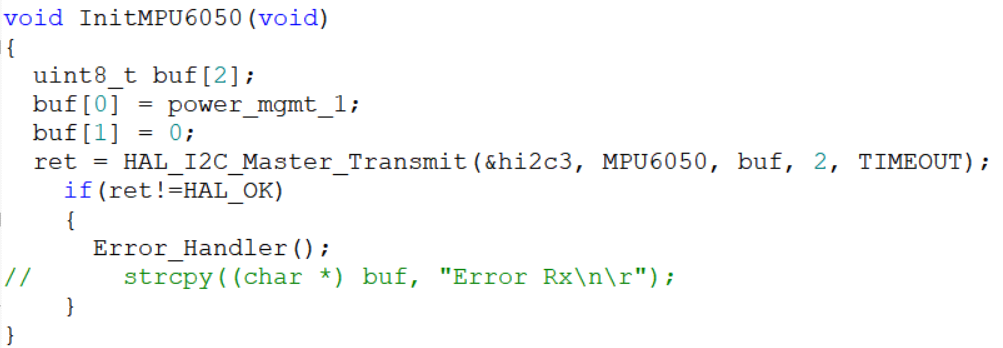
Tabelle : Bauteilliste

# Source-Code

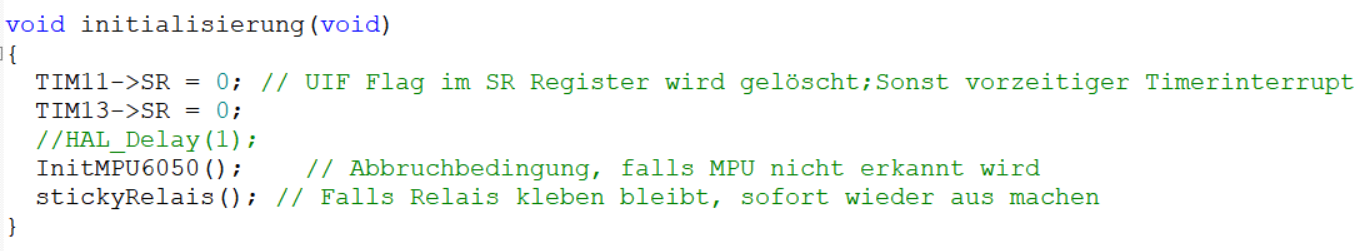
## Mainc



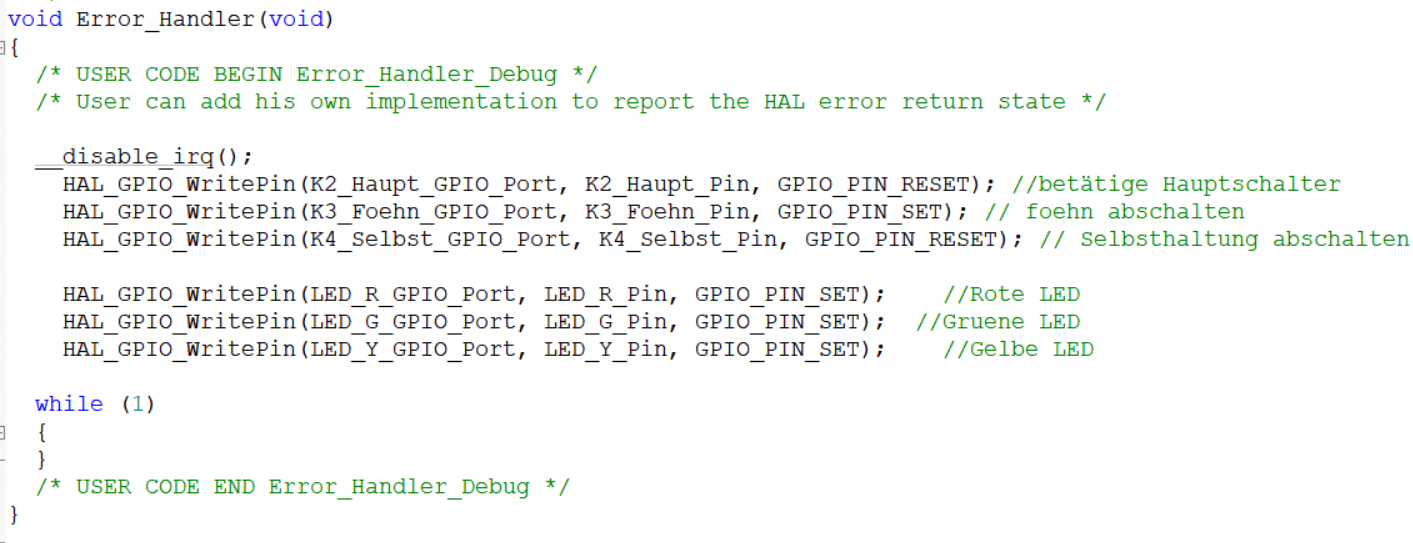
## Init MPU



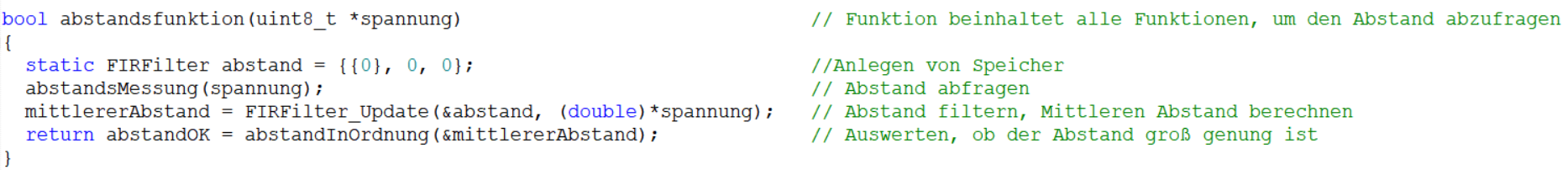
## Initialisierung



## Error Handler



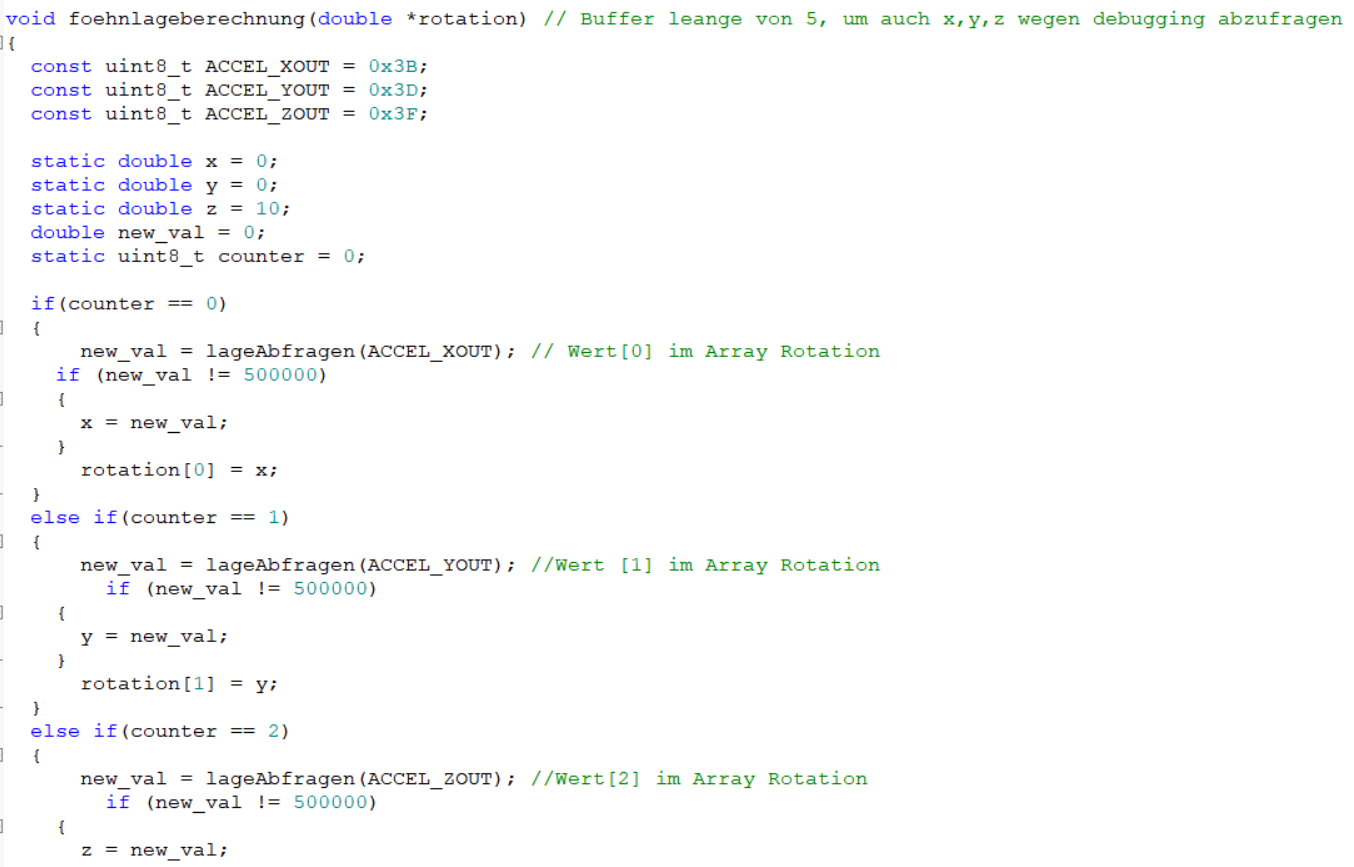
## Abstandsfunktion

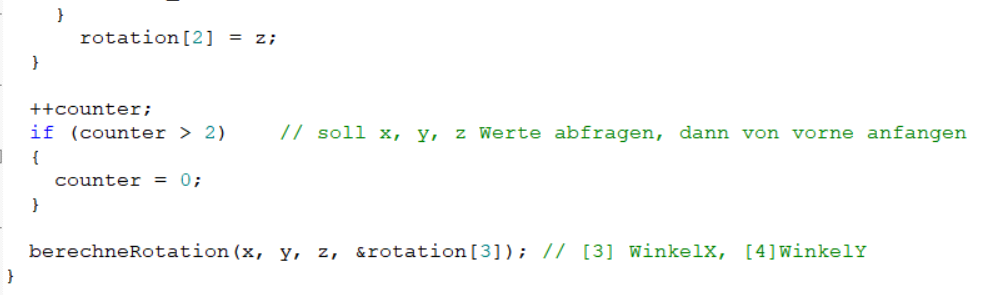


## AbstandIO

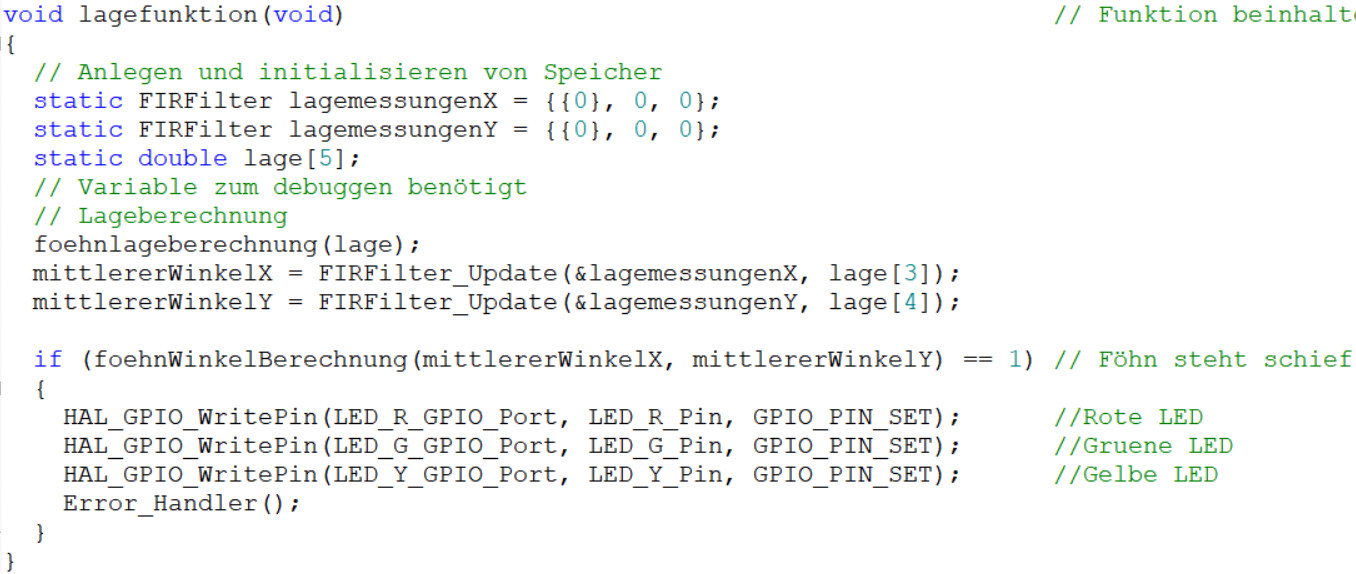


## Föhnlage berechnen

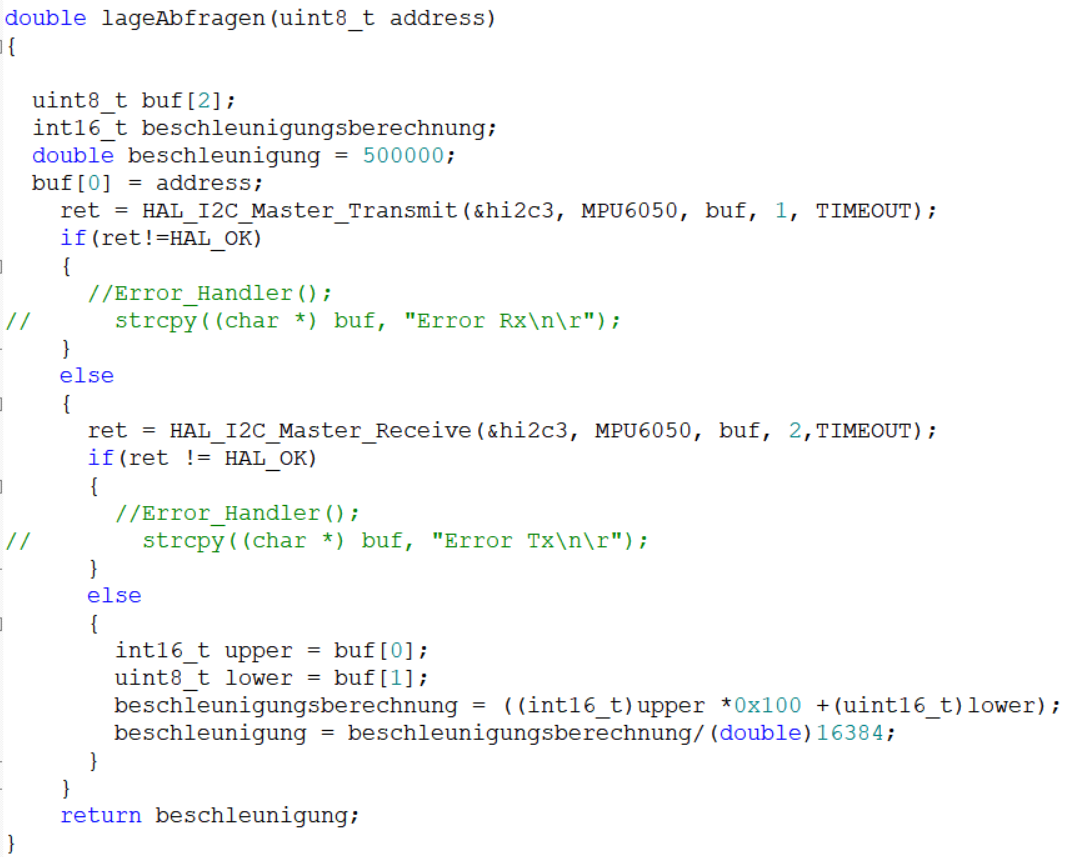




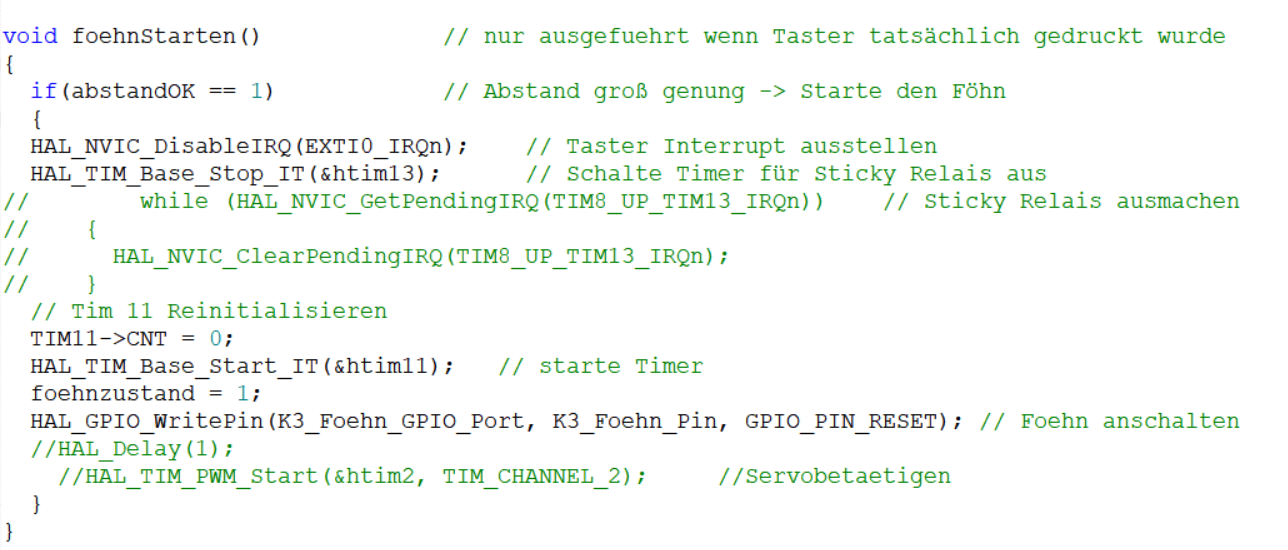
## Lagefunktion



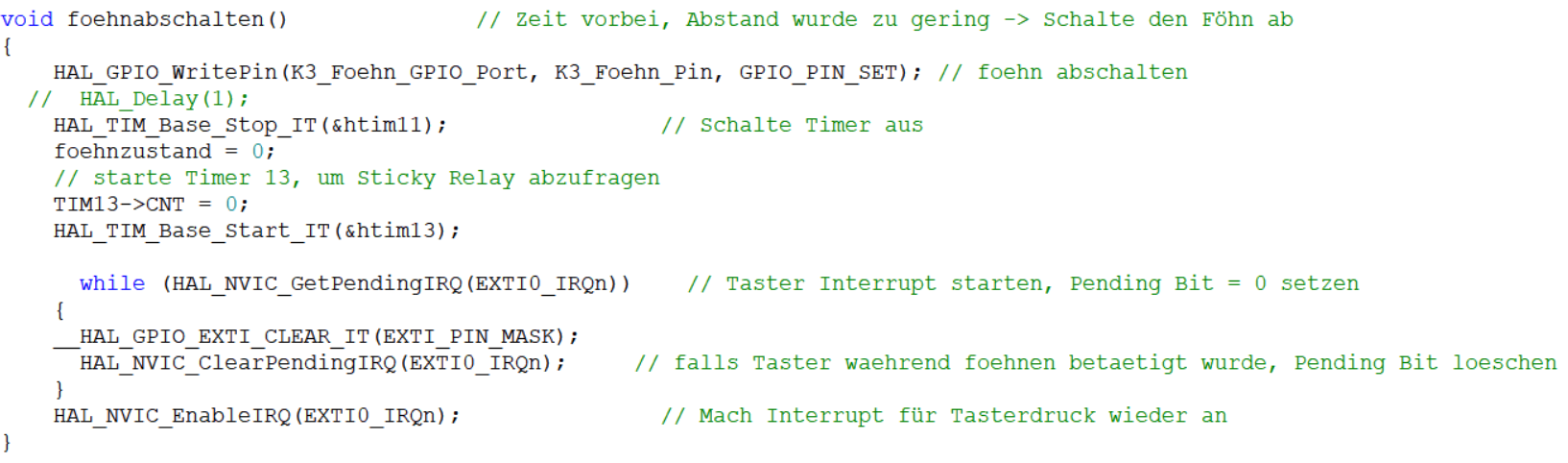
## Föhnlage abfragen



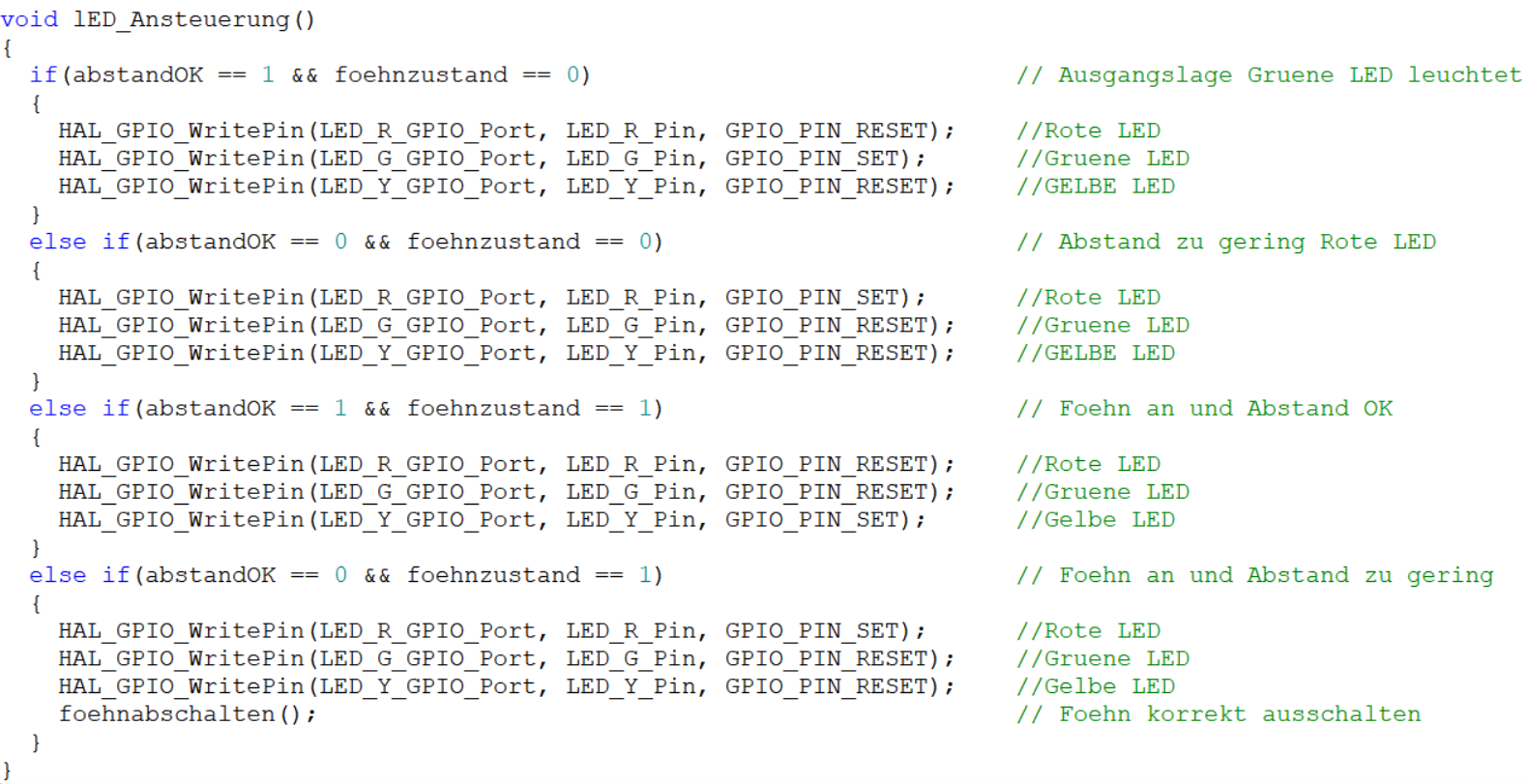
## Föhn starten



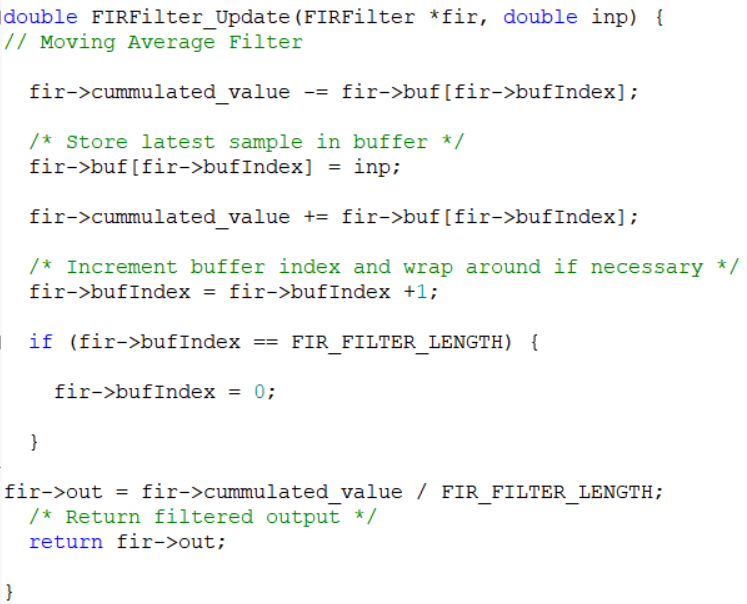
## Föhn abschalten



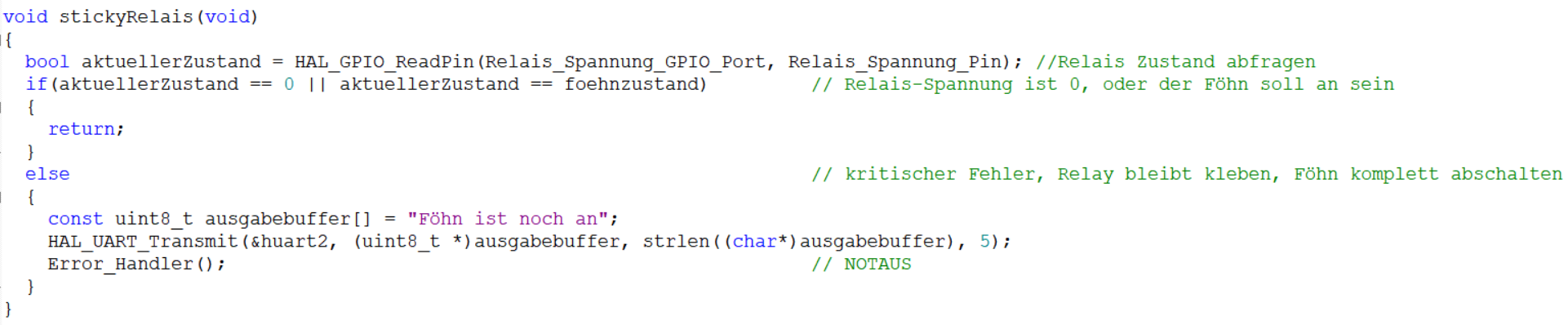
## LED Ansteuerung



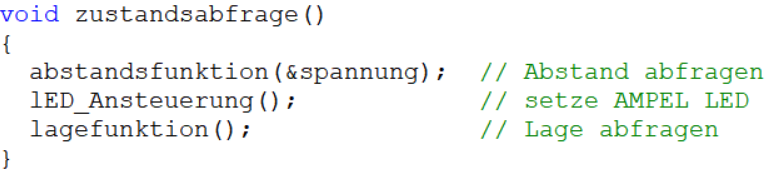
## FIR Filter updaten



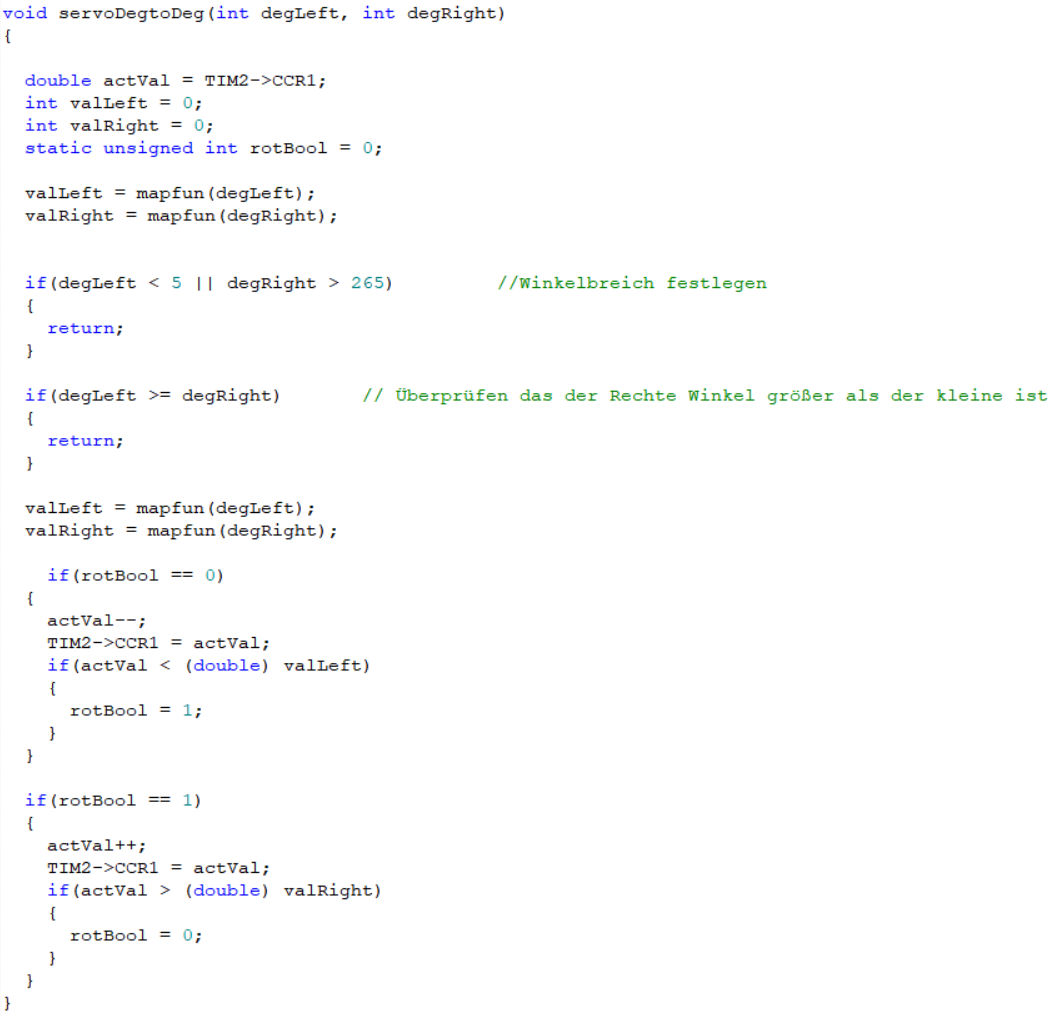
## Sticky Relais Funktion

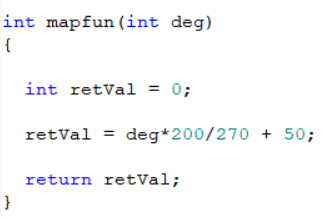


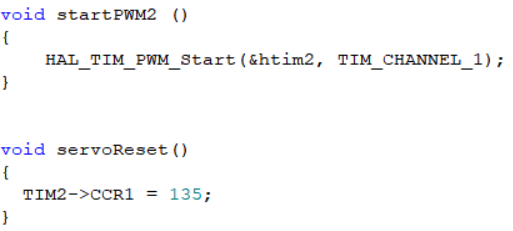
## Zustandsabfrage



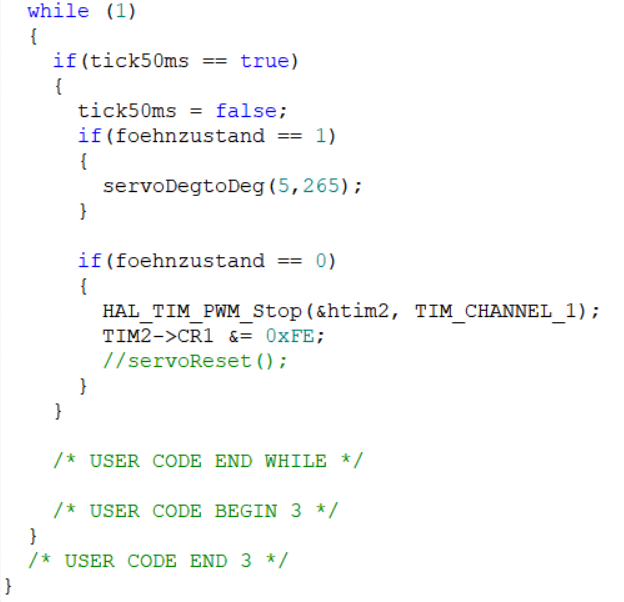
## Servomotor Ansteuerung











# Schaltpläne

## Hauptstromkreis

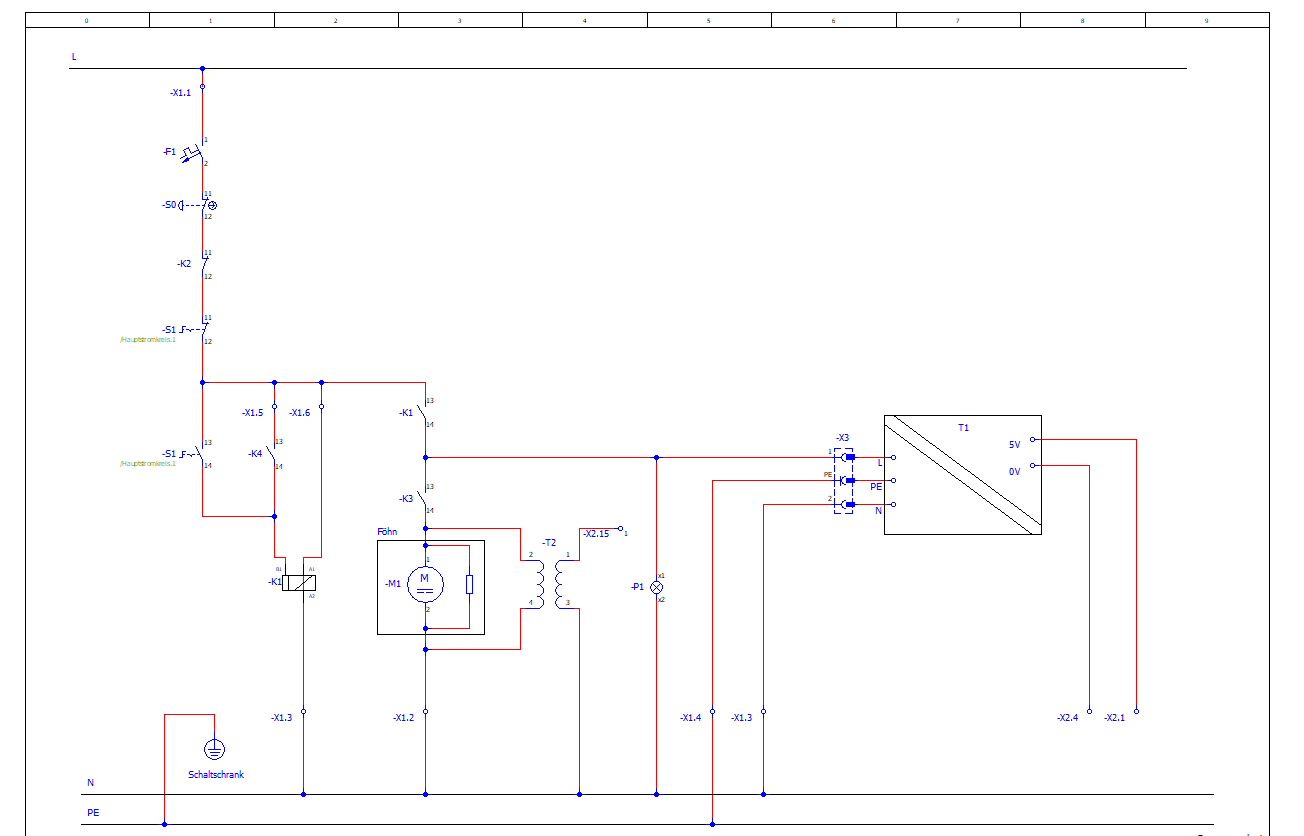


Abbildung : Schaltplan Hauptstromkreis

## Steuerstromkreis

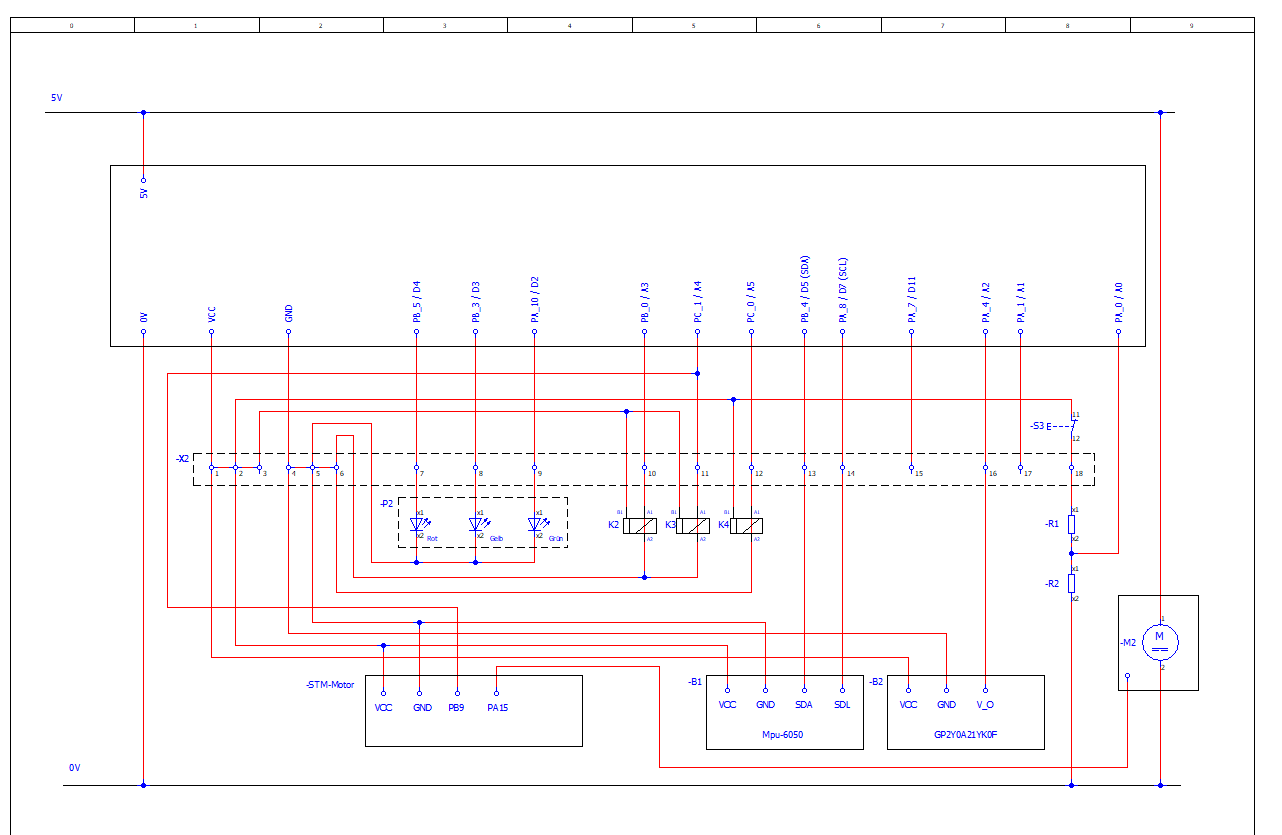


Abbildung : Schaltplan Steuerstromkreis

# Messprotokolle

## EMV-Prüfung Gleichstrommotor

Bei der EMV-Messung stürzte das MATLAB Programm ab, somit ist nur diese Messung vorhanden.

Die Ausschläge in der Messung konnten jedoch auf den Gleichstrommotor zurückgeführt werden.

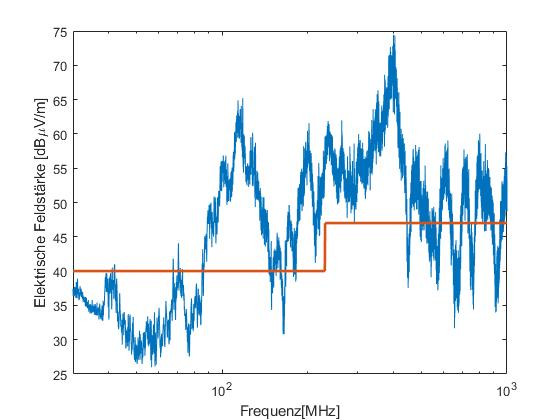


Abbildung : EMV Gleichstrommotor

## EMV-Prüfung Servomotor

## VDE-Prüfung

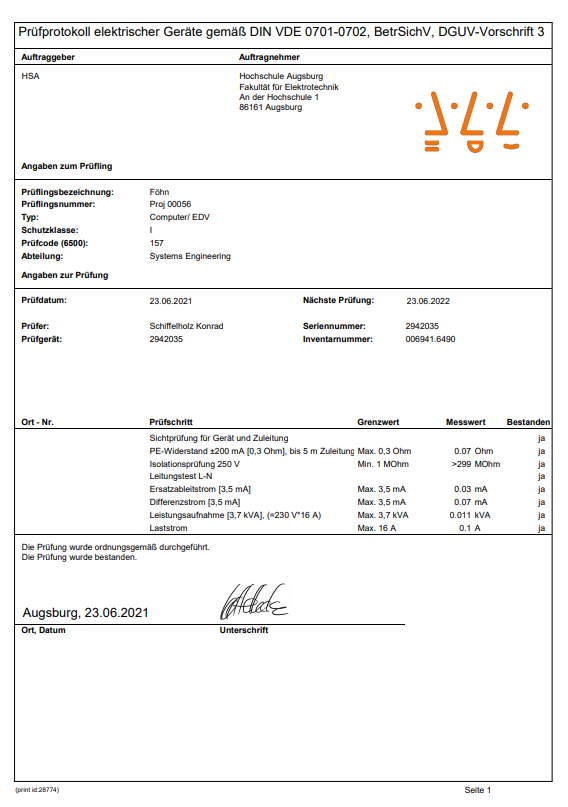


Abbildung : VDE Protokoll