

# Projekt-Bericht

Isabell Albrecht, Erik Engelhardt, Oliver Kochan, Florian Steffens

Solarbetriebebene, mobile Wetterstation

Betreuung durch: Prof. Dr. Franz Schubert  
Eingereicht am: 07. Juni 1954

*Fakultät Technik und Informatik  
Department Informations- und Elektrotechnik*

*Faculty of Computer Science and Engineering  
Department Information and Electrical Engineering*

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Spannungsversorgung</b>	<b>1</b>
2.1	Anforderungen . . . . .	1
2.2	Erzeugung benötigter Spannungen . . . . .	2
2.2.1	3V3 . . . . .	2
2.2.2	5V . . . . .	3
2.3	Spannungsabschaltung . . . . .	4
2.4	Messung Strom/Spannung . . . . .	5
2.4.1	Strommessung . . . . .	5
2.4.2	Ladezustand der Batterie . . . . .	5
2.5	Beschaltung Sensoren . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Kompassmodul</b>	<b>5</b>
3.1	C-Code . . . . .	6
<b>4</b>	<b>GPS</b>	<b>6</b>
4.1	C-Code . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Anemometer</b>	<b>6</b>
5.1	C-Code . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Neigungssensor</b>	<b>7</b>
6.1	C-Code . . . . .	7
<b>7</b>	<b>Beliebiges anderer Sensor</b>	<b>7</b>
7.1	C-Code . . . . .	7
7.2	C-Code . . . . .	7
<b>8</b>	<b>Ausrichtung des Solarpanels</b>	<b>7</b>
8.1	Berechnung der Sonnenposition . . . . .	7
<b>9</b>	<b>Benutzeroberfläche</b>	<b>8</b>
9.1	Funktionen . . . . .	9
9.2	Entwicklung . . . . .	9

<b>10 3D gedruckte Komponenten</b>	<b>9</b>
10.1 Hauptgehäuse . . . . .	9
10.2 Nebengehäuse . . . . .	12
10.3 Adaptor . . . . .	14
10.4 Herstellung . . . . .	16
<b>11 Fazit</b>	<b>16</b>
<b>Literatur</b>	<b>16</b>

Der vorliegende Text ist ein Beispiel für eine Seminararbeit und soll nur die Verwendung des Templates aufzeigen.

**Keywords: Leben, Universum, Alles**

## 1 Einführung

## 2 Spannungsversorgung

In diesem Abschnitt soll auf die hardwareseitige Umsetzung der Spannungsversorgung für die Wetterstation eingegangen werden. Ziel ist der Entwurf einer Platine, auf der sämtliche Anforderungen umgesetzt werden.

### 2.1 Anforderungen

Zunächst sollen in diesem Abschnitt die Anforderungen, die sich aus der Aufgabenstellung ableiten lassen, sowie solche, die sich aus den weiteren Überlegungen zur Umsetzung der Wetterstation ergeben.

- Messung des Ladestroms
- Messung der Batteriespannung (Ladezustand)
- Messung des Stromverbrauchs der Wetterstation

Des Weiteren soll der Stromverbrauch der Wetterstation so niedrig wie möglich sein, um die Puffer-Batterie zu schonen und sonnenarme Phasen bzw. die Nacht ohne Stromausfall überbrücken zu können. Die verwendete Batterie hat eine Ladeschlussspannung von 12 V. Da für den Mikrocontroller und die Sensoren allerdings Spannungspegel von 3,3 V und 5 V benötigt werden, müssen diese auf der Platine erzeugt werden.

Aus den mechanischen Anforderungen, dass Mikrocontroller, Platine und Sensoren möglichst in einem Gehäuse untergebracht werden sollen, ergibt sich, dass die entworfene Platine auf die Pinheader des Mikrocontrollers gesteckt werden soll.

## 2.2 Erzeugung benötigter Spannungen

Wie in 2.1 beschrieben, werden sowohl 3,3V als auch 5V-Pegel für die Wetterstation benötigt. Angestrebt ist, dass die verwendeten Buck-Spannungsregler eine möglichst geringe Ruhestromaufnahme und einen guten Wirkungsgrad haben. Die Wahl fiel hierbei auf den *LTC3621*. Dieser hat einen Eingangsspannungsbereich von 2,7V bis 17V und eine Ausgangsspannung, die sich über einen Spannungsteiler am Feedback-Pin zwischen 0,6V und der Eingangsspannung einstellen lässt. Der Ruhestrom beträgt laut Datenblatt  $3,5\mu\text{A}$  [5]. Der Regler kann einen maximalen Ausgangsstrom von 1A liefern. Da bei der Wahl des Spannungsreglers noch keine Werte über die von der Peripherie benötigte Leistung vorlag, ist dieser Wert eventuell etwas überdimensioniert.

Die Beschaltung des Reglers entspricht den Empfehlungen des Datenblatts, wie sie in Abbildung 1 dargestellt ist:

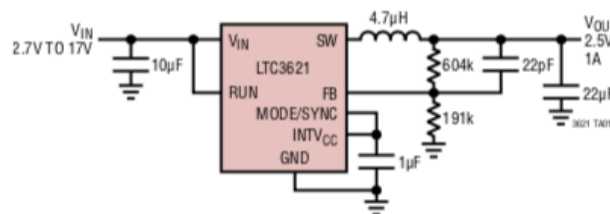


Abbildung 1: Darstellung des LTC3621 mit beispielhafter Beschaltung gemäß Datenblatt [5]

Zusätzlich verfügt dieser Regler über die Option, über einen Befehl des Mikrocontrollers manuell ein- bzw. ausgeschaltet zu werden, was weiterhin günstig für den Gesamtstromverbrauch ist.

### 2.2.1 3V3

Im folgenden soll hauptsächlich auf die Dimensionierung des Spannungsteilers zur Erzeugung von 3,3V eingegangen werden. Der Regler hat dabei eine interne Referenzspannung am FB-Pin, die 0,6V beträgt, über die die Ausgangsspannung geregelt wird.

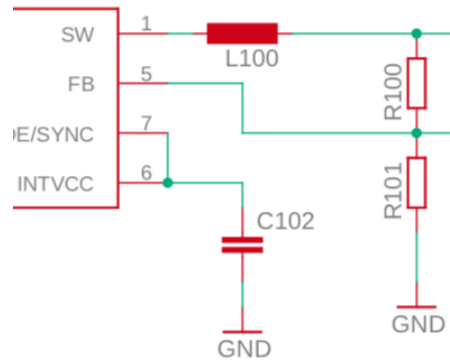


Abbildung 2: Spannungsteiler am FB-Pins des 3V3 Reglers

Es kann somit der folgende Spannungsteiler aufgestellt werden:

$$\frac{U_{FB}}{U_a} = \frac{R_{101}}{R_{101} + R_{100}} \quad (1)$$

Mit  $U_{FB} = 0,6 \text{ V}$ ,  $U_a = 3,3 \text{ V}$  und  $R_{101} = 150 \text{ k}\Omega$  ergibt sich:

$$\frac{0,6 \text{ V}}{3,3 \text{ V}} = \frac{150 \text{ k}\Omega}{150 \text{ k}\Omega + R_{100}} \Rightarrow R_{100} = 680 \text{ k}\Omega \quad (2)$$

Der Spannungsteiler wurde hochohmig dimensioniert, um den Stromfluss möglichst klein zu halten.

### 2.2.2 5V

Die Bestimmung des Spannungsteilers für die Erzeugung von 5V erfolgt analog zu Abschnitt 2.2.1. Es lässt sich folgender Spannungsteiler aufstellen:

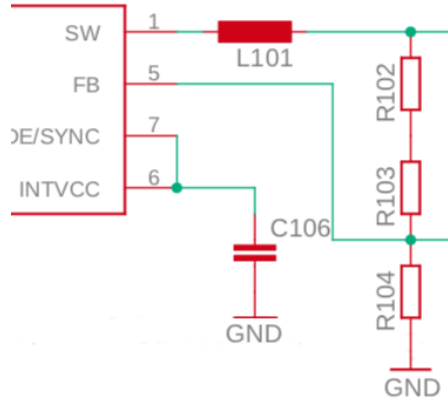


Abbildung 3: Spannungsteiler am FB-Pins des 5V Reglers

Dieser wird beschrieben durch:

$$\frac{U_{FB}}{U_a} = \frac{R_{104}}{R_{104} + R_{103} + R_{102}} \quad (3)$$

Mit  $U_{FB} = 0,6 \text{ V}$ ,  $U_a = 3,3 \text{ V}$  und  $R_{104} = 100 \text{ k}\Omega$  ergibt sich:

$$\frac{0,6 \text{ V}}{3,3 \text{ V}} = \frac{100 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + R_{103} + R_{102}} \Rightarrow R_{103} = 680 \text{ k}\Omega; R_{102} = 47 \text{ k}\Omega \quad (4)$$

### 2.3 Spannungsabschaltung

Im Zuge der Überlegungen bezüglich möglicher Energiesparmaßnahmen wurden sowohl das Bluetooth- als auch das GPS-Modul als große Verbraucher ermittelt. Da beide Module auch nicht dauerhaft benötigt werden – das GPS-Modul nur alle 15 Minuten zur Neuausrichtung des Panels und das Bluetooth-Modul nur nach Bedarf – ist es sinnvoll, die Betriebsspannungen beider Module schaltbar zu machen. Eine Möglichkeit dafür ist die Verwendung eines p-Kanal-Mosfets, der von einem n-Kanal-Mosfet getrieben wird. Diese Schaltung wird in Abbildung 4 dargestellt.

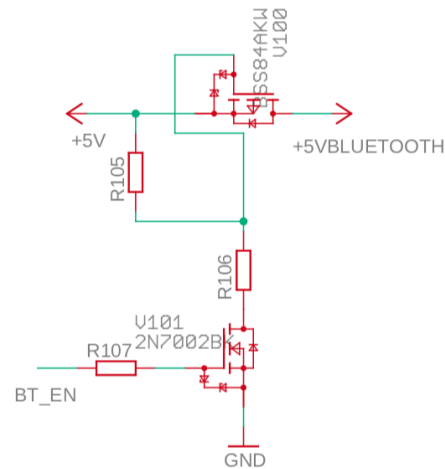


Abbildung 4: Spannungsabschaltung Bluetooth-Modul

Bei einem Einschaltsignal über BT\_EN vom Mikrocontroller schaltet der n-Kanal-Mosfet V101 durch; der Spannungsteiler aus  $R_{105}$  und  $R_{106}$  ist aktiv. Es sei  $R_{105} = 100\text{ k}\Omega$  und  $R_{106} = 1\text{ k}\Omega$ . Daraus ergibt sich für die Gate-Source-Spannung des p-Kanal-Transistors  $U_{GS}$ :

$$U_{GS} = 5\text{ V} - 5\text{ V} \cdot \frac{1\text{ k}\Omega}{101\text{ k}\Omega} = 4,95\text{ V} \quad (5)$$

Damit schaltet der p-Kanal-Transistor mit  $U_{GS,th} = 1,6\text{ V}$  sicher durch. Die Schaltung für das GPS-Modul wird analog dazu entworfen.

## 2.4 Messung Strom/Spannung

### 2.4.1 Strommessung

### 2.4.2 Ladezustand der Batterie

## 2.5 Beschaltung Sensoren

## 3 Kompassmodul

Als Kompass dient uns der Sensor XYZ von der Firma ASDF. Verwendet wird er, um die Ausrichtung der Wetterstation zu messen. Diese Information wird benötigt, um das



Solarpanel korrekt zur Sonne auszurichten. Die Ausrichtung wird in Kapitel (Referenz zu Kapitel solartracking) genauer beschrieben.

Bild Sensor

Wichtige Kenndaten blabla

Stromaufnahme

### 3.1 C-Code

Der Sensor wird über eine IIC Schnittstellen angesprochen. Er liefert seine Daten folgendermaßen...

Sleepmode, Forcemode

## 4 GPS

### 4.1 C-Code

## 5 Anemometer

Viel gut als alte, voll simpel, much wow

### 5.1 C-Code

## 6 Neigungssensor

### 6.1 C-Code

## 7 Beliebiger anderer Sensor

### 7.1 C-Code

### 7.2 C-Code

## 8 Ausrichtung des Solarpanels

Um die Leistungsaufnahme des Solarpanels zu optimieren ist es notwendig dieses direkt auf die Sonne auszurichten und diese Ausrichtung auch in geeigneten Zeitabständen zu korrigieren. Im Vergleich mit einem fest ausgerichteten Solarpanel konnten J. Rizek *et al.* mit einem nachgeführten Solarpanel beispielsweise die Leistungsaufnahme um durchschnittlich 30% erhöhen [2].

Hierfür kommen grundsätzlich verschiedene Methoden in Frage. In diesen Fall soll die Position der Sonne relativ zur Wetterstation auf Grundlage des Längen- und Breitengrades, der Uhrzeit und des Kalendertages berechnet werden. Diese Information werden über das GPS-Modul bereitgestellt. Anschließend wird das Solarpanel mit Hilfe der Motoren, des Kompass-Moduls und des, am Panel befestigten Neigungssensors, auf die Sonne ausgerichtet.

### 8.1 Berechnung der Sonnenposition

Da die Formeln zur Berechnung der Sonnenposition in diesem Projekt lediglich benutzt werden wird an dieser Stelle auf eine Herleitung verzichtet. Die verwendeten Formeln können beispielsweise im *Astronomical Almanac* [1] gefunden werden. M. L. Roderick beschreibt die nötigen Berechnungen in seinem Report [4] und liefert zudem compilierbaren C-Code. Dieser wird im folgenden zur Berechnung der Sonnenposition verwendet.

Die Position der Sonne im Bezug auf einen Beobachter auf der Erde lässt sich durch die Werte *Zenith* und *Azimuth* eindeutig beschreiben. Der Zenith beschreibt den Winkel zwischen einer Linie vom Beobachter zur Sonne und der Vertikalen. Der Azimut den Winkel zwischen der Horizontalen und Norden. Dabei stehen beispielsweise ein Azimut von  $90^\circ$  für Osten,  $180^\circ$  für Süden und  $270^\circ$  für Westen. Eine Veranschaulichung kann in Abbildung 5 gefunden werden.

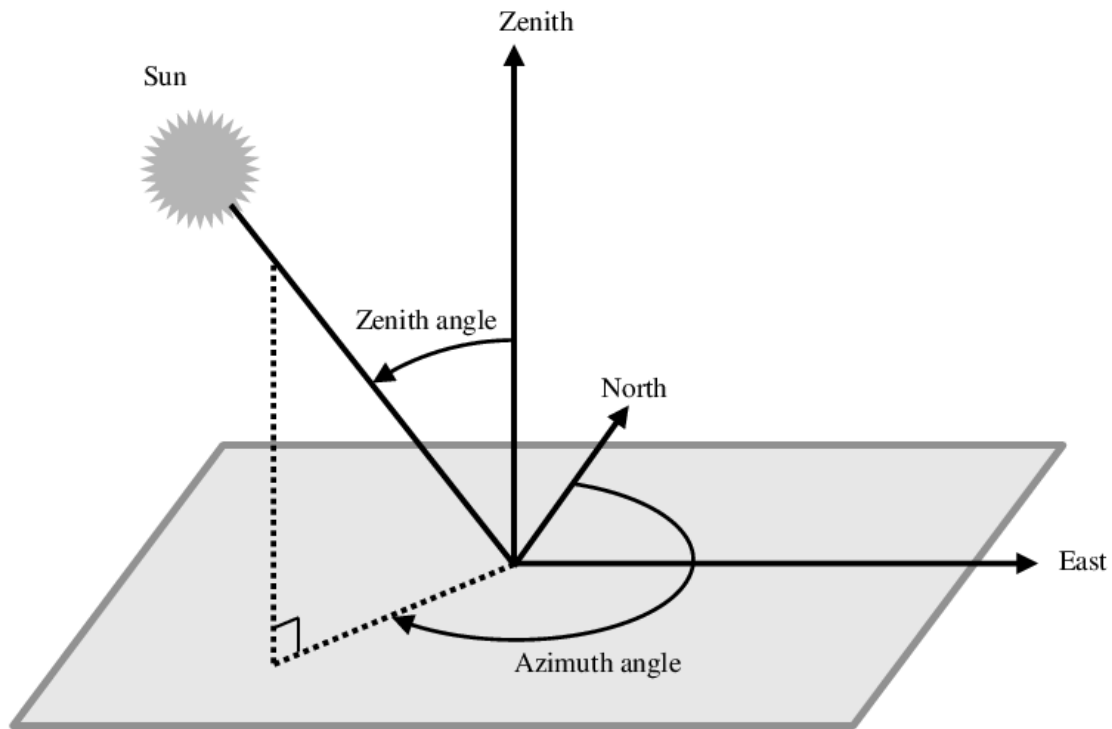


Abbildung 5: Beschreibung der Sonnenposition durch Zenith und Azimut [3]

Die Genauigkeit der verwendeten Formeln beträgt laut dem *Astronomical Almanac*  $0.01^\circ$  bezogen die auf die Position und 0.1 min bezogen auf die Zeit.

## 9 Benutzeroberfläche

Um eine leichte Handhabung der Wetterstation zu ermöglichen wird eine, auf dem PyQt5 [6] Framework basierende, Benutzeroberfläche verwendet.

In diesem Kapitel wird die zur Verfügung stehenden Funktionen sowie die Entwicklung der Benutzeroberfläche beschrieben.

### 9.1 Funktionen

### 9.2 Entwicklung

Als Entwicklungssprache wurde Python 3 verwendet. Der verwendete Quellcode befindet sich im Ordner UI.

## 10 3D gedruckte Komponenten

Für das Unterbringen des Mikroprozessors und der Sensoren werden zwei verschiedene Gehäusevarianten verwendet. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit deren Entwurf sowie dem Entwurf der Adaptors, mit welchem die Windfahne und das Anemometer an der Wetterstation befestigt sind.

Für den Entwurf der Komponenten wurde die Studentenversion von Autocad Fusion 360 verwendet.

### 10.1 Hauptgehäuse

Das Hauptgehäuse beinhaltet das Mikroprozessor-Board mit den zwei aufsteckbaren Platinen sowie den Sensoren. Drei der Sensoren befinden sich nicht im Hauptgehäuse (s. Kap. 10.2).

Das Gehäuse besteht aus zwei Teilen (s. Abb. 6), dem Hauptteil (links) und dem Deckel (rechts). Das STM8 Nucleo Board wird von drei Pins in Position gehalten (s. Abb. 6, 7). In der Vorderseite befindet sich zwei Aussparungen (s. Abb. 8). Über die Rechte ist der USB-Port des Mikroprozessor-Boards erreichbar. Hinter der Linken befindet sich der Motortreiber, welcher auf einer leicht erhöhten Plattform platziert wird (s. Abb. 7). Über die Aussparung an der rechten Seite kann die SD-Karte erreicht werden. Die Aussparung an der hinteren Seite wird verwendet um alle externen Komponenten mit dem Mikroprozessor-Board zu verbinden.

Im Deckel befinden sich drei Löcher, in welche Status-LEDs untergebracht werden.

Das Hauptteil und der Deckel werden lediglich aufeinander gesteckt. Bedingt durch die Geometrie entsteht ein relativ fester Halt. Optional können die Komponenten über die vier Aussparungen an den Seiten, mit beispielsweise Kabelbindern, zusätzlich gesichert werden.

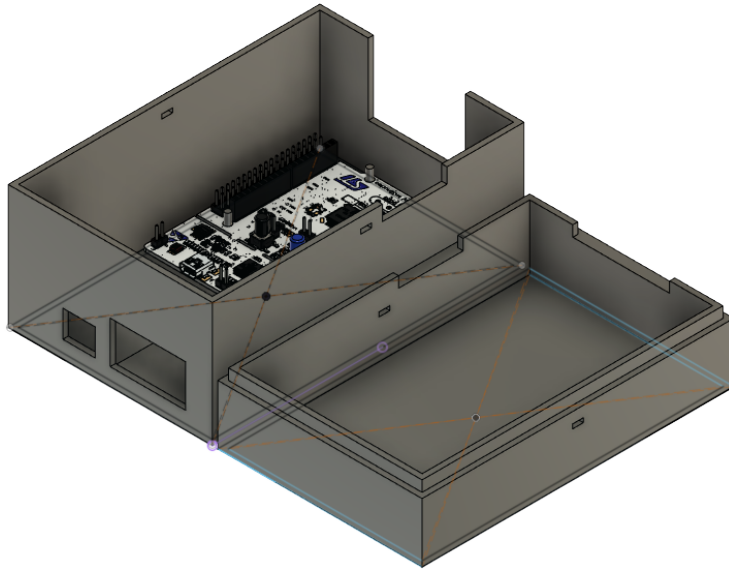


Abbildung 6: Hauptgehäuse

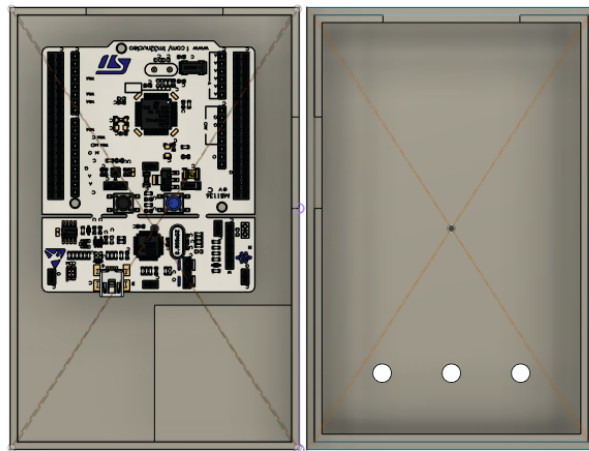


Abbildung 7: Hauptgehäuse, Ansicht von oben

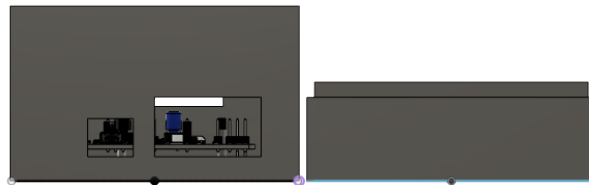


Abbildung 8: Hauptgehäuse, Ansicht von vorne

## 10.2 Nebengehäuse

Es wird jeweils ein Nebengehäuse für folgende Sensoren verwendet:

- der Neigungssensor, welcher an der Unterseite des Solarpanels befestigt werden muss
- der GPS-Empfänger, welcher für besseren Empfang am oberen Ende der Wetterstation befestigt wird
- das Kompass-Modul, welches empfindlich auf elektro-magnetische Störungen reagiert und aus diesem Grund auch am oberen Ende der Wetterstation untergebracht wird (auf der Seite gegenüber des GPS-Empfängers)

Nebengehäuse bestehen aus zwei Teilen, welche aufeinandergesteckt werden und zusätzlich, optional, über Kabelbinder, gesichert werden (s. Abb. 9, 11).

Die Befestigung der Nebengehäuse werden über eine Schraube und eine Mutter am Aluminium-Profil der Wetterstation befestigt (s. Abb. 10). Das Nebengehäuse, welches sich auf dem Solarpanel befindet kann nicht geschraubt werden und wird entsprechend mit Klebstoff befestigt.

Die runden Aussparungen an den linken und rechten Seiten dienen dem Durchführen von benötigten Leitungen.

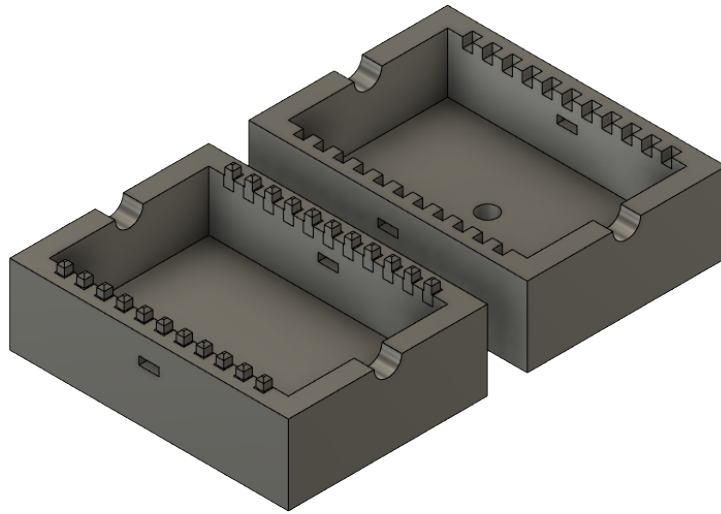


Abbildung 9: Nebengehäuse

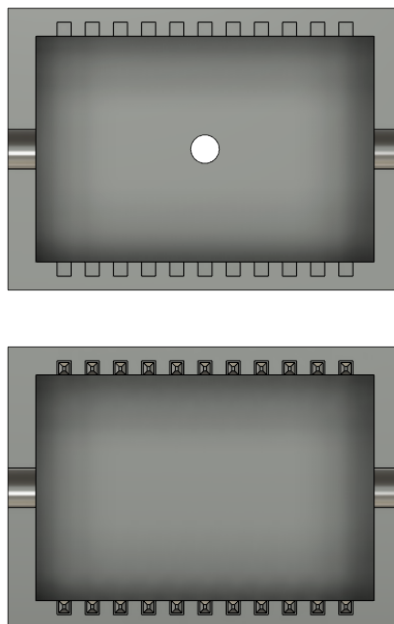


Abbildung 10: Nebengehäuse, Ansicht von oben



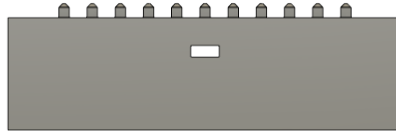


Abbildung 11: Nebengehäuse, Ansicht von vorne

### 10.3 Adaptor

Der Adaptor wird verwendet um eine feste Verbindung zwischen dem Aluminium-Profil der Wetterstation und dem Mast, mit Windfahne und Anemometer, herzustellen.

Die Verbindung zur Wetterstation erfolgt durch Stecken der vier trapez-förmigen Steckkontakte am unteren Ende des Adaptors (s. Abb. 12, 14).

Der Mast wird von Oben auf die angepasste Aussparung gesteckt. Optional kann der über eine Schraube und Mutter fixiert werden (s. Abb. 12, 13).

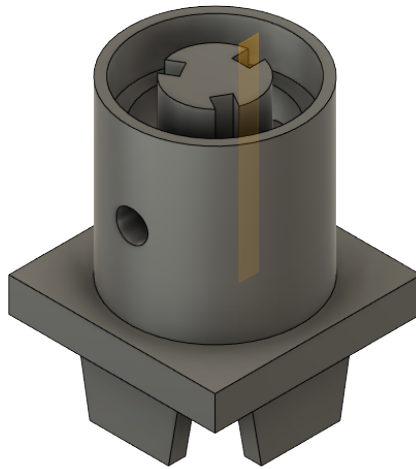


Abbildung 12: Adapter

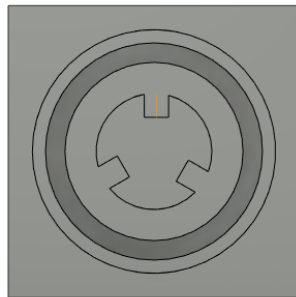


Abbildung 13: Adapter, Ansicht von oben

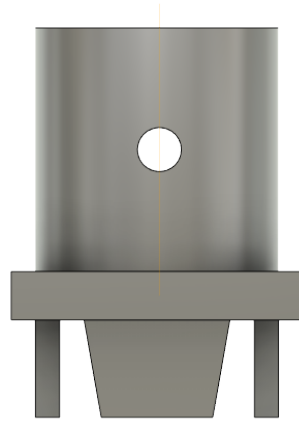


Abbildung 14: Adapter, Ansicht von vorne

### 10.4 Herstellung

Alle Komponenten wurden auf einem *Ender 5* in PLA mit einer Schichtdicke von 0.2 mm gedruckt. Es wurden drei Top-, Bottom- und Wandschichten gedruckt. Da die Komponenten keine großen Kräfte aushalten müssen wurden sie lediglich mit einem Infill von 20 % gedruckt.

## 11 Fazit

### Literatur

- [1] ANON.: *The Astronomical Almanac*
- [2] J., Rizek ; Y., Chaiko: Solar Tracking System: More Efficient Use of Solar Panels. In: *World Academy of Science, Engineering and Technology* 41 (2008).  
– URL <http://www.mugla.edu.tr/data/03060010/belgeler/solar%20tracking.pdf>. – Zugriff: 17.10.2019

- [3] NOU, Julien ; CHAUVIN, Rémi ; THIL, Stéphane ; GRIEU, Stéphane: A new approach to the real-time assessment of the clear-sky direct normal irradiance. In: *Applied Mathematical Modelling* 40 (2016), 03
- [4] RODERICK, M.L.: Methods for calculating solar position and day length including computer programs and subroutines. In: *Resource Management Technical Reports* (1992). – URL <https://researchlibrary.agric.wa.gov.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1122&context=rmtr>. – Zugriff: 17.10.2019
- [5] TECHNOLOGY, Linear: *Datenblatt LTC3621*. – URL <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/3621fc.pdf>. – Zugriff: 18.11.2019
- [6] TOMPSON, Phil: *Python bindings for the Qt cross platform application toolkit*. 2019. – URL <https://pypi.org/project/PyQt5/>. – Zugriff: 28.12.2019