

Hardware Documentation

RhizoTech Projekt Dokumentation
Erstellt von: Daniel Lohmann

In Kooperation mit:



Universität
zu Köln

Finanziert von:



Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	1
2 Kabel und Verbindungen	3
2.1 Verbindungen	3
2.2 Akkukabel	4
2.3 Lade/USB-Kabel	4
2.4 Luftsensorkabel	4
2.5 Bodensensorkabel	4
2.6 Solarzelle	5
3 Taster	6
3.1 SW1	6
3.2 SW2	6
3.3 SW3	6
3.4 SW4	6
4 LEDs	8
5 Luftsensorgehäuse	9
5.1 Lichtsensor Einbau	9
6 Kalibrierungsmessung Bodensensoren	13
6.1 Verbindung zur Sensorbox	13
6.2 Sensorplatzierung	13
6.3 Python Script	13
6.3.1 Download der CSV Datei	13
6.3.2 Visualisierung der Ergebnisse	14
6.4 Kalibrierung im Webservice	14
7 Acronyms	17

1 Überblick

In Abbildung 1.1 ist zusehen, wie die Sensorbox verwendet wird.

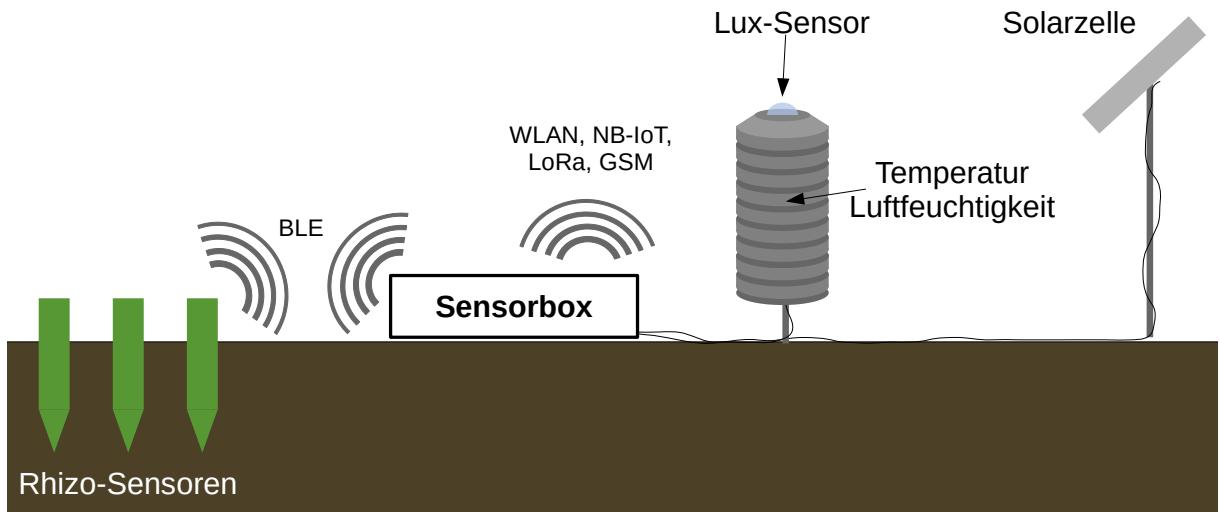


Abbildung 1.1: Beispiel Aufbau der Sensorbox

Ein Überblick über die Hardware Systeme ist in Abbildng 1.2 zu sehen.

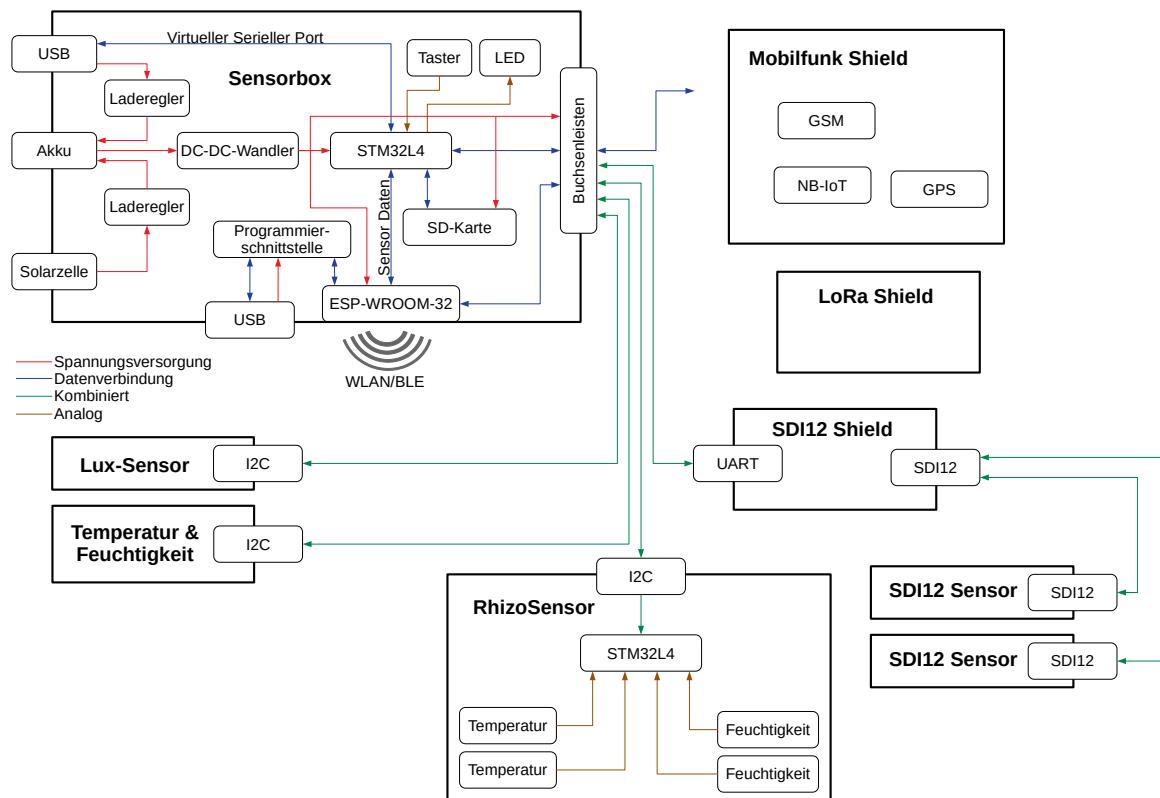


Abbildung 1.2: System Komponentenstruktur

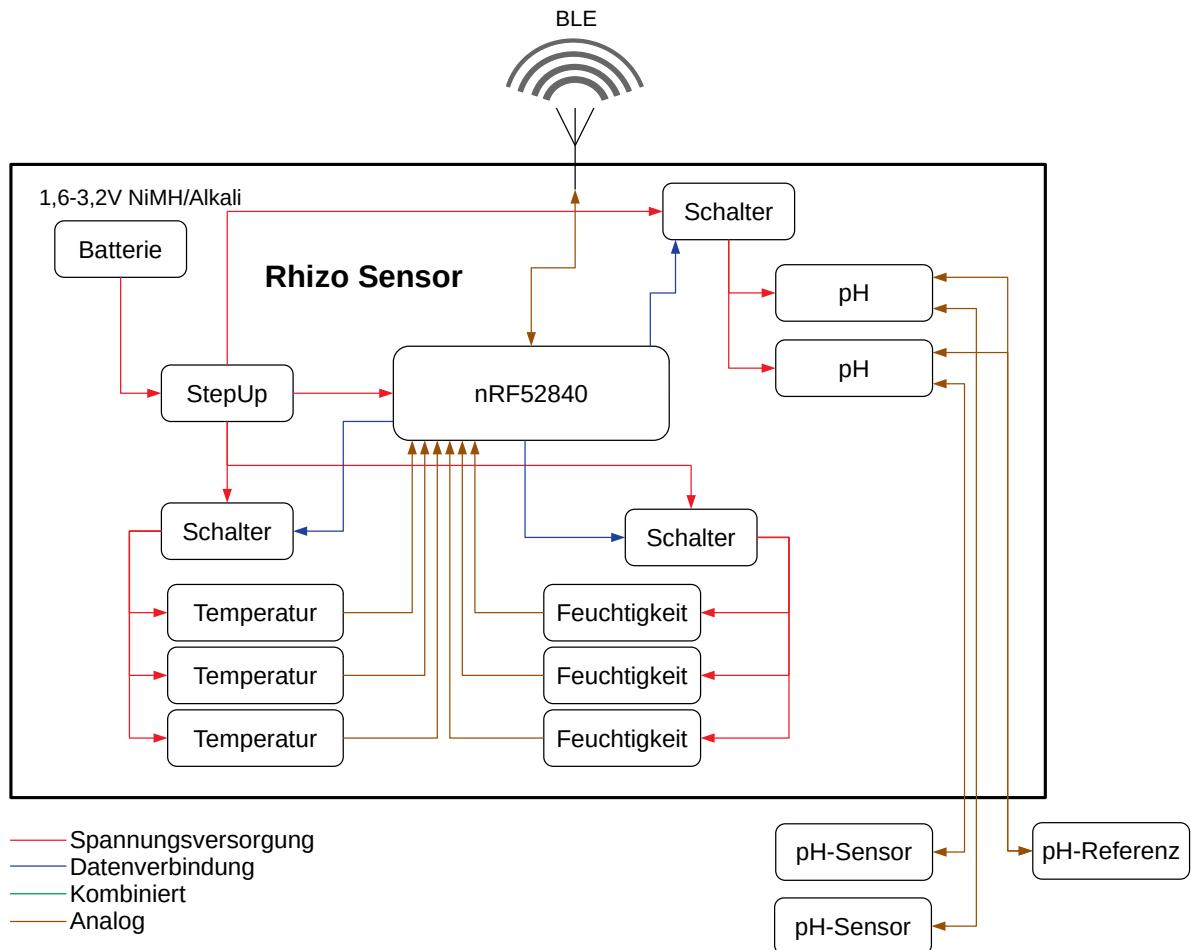


Abbildung 1.3: Bodensensor Komponentenstruktur

2 Kabel und Verbindungen

2.1 Verbindungen

Abbildung 2.1 zeigt die Hauptplatine von Oben.

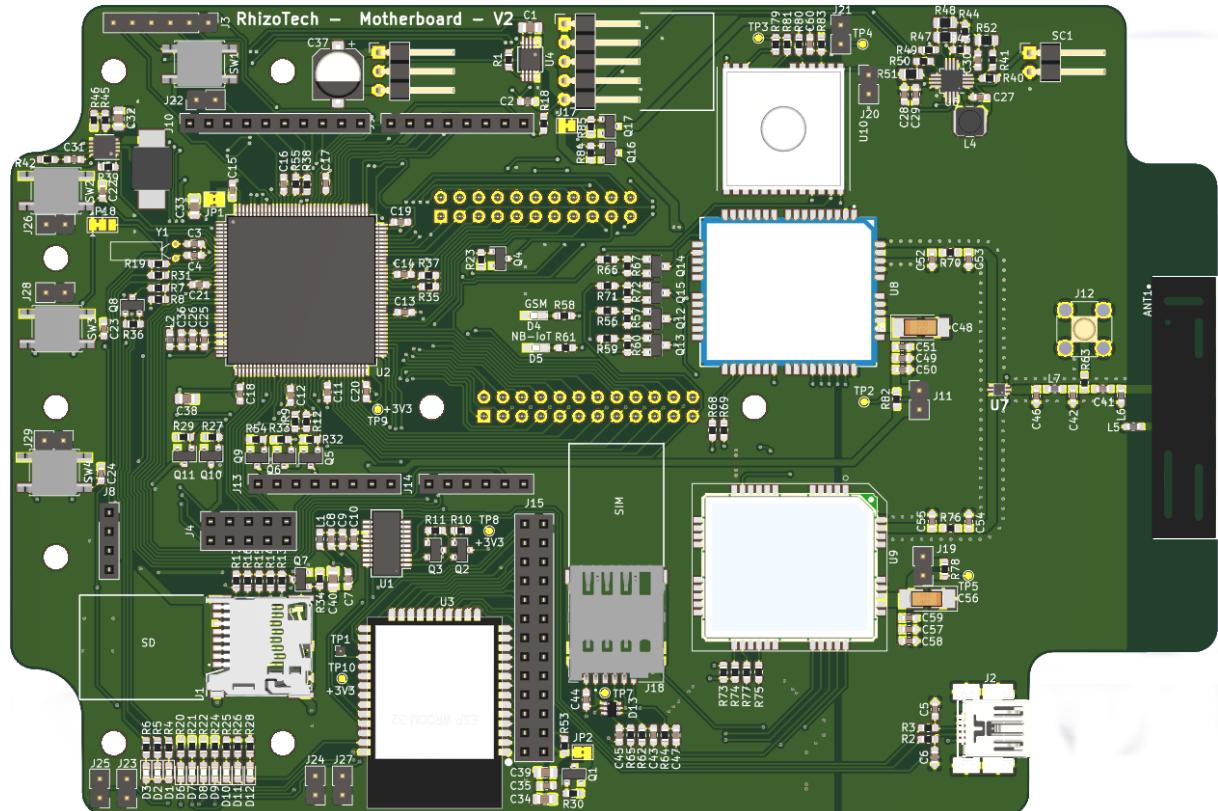


Abbildung 2.1: Sensorboxplatine Ansicht von Oben

Bezeichnung	Funktion
J8	Bodensensor anschluss
J4	Luftsensor anschluss
J6	Akku anschluss
J5	Lade/USB anschluss
SC1	Solarzellen anschluss

Tabelle 2.1: Sensorbox platine Verbinder

2.2 Akkukabel

Pin	Belegung	Funktion	Farbe
1	Akku+	Stromversorgung positiv	rot
2	TempSense	Temperatursensor (NTC) 10kΩ bei 25 °C gegen Masse	gelb
3	Akku-	Stromversorgung masse	schwarz

Tabelle 2.2: Pinbelegung Akkukabel

2.3 Lade/USB-Kabel

Pin	Belegung	Funktion	Farbe
1	0V		
2	0V		
3	D+	USB Daten+	
4	D-	USB Daten-	
5	5V	Stromversorgung 5V	

Tabelle 2.3: Pinbelegung Ladekabel

2.4 Luftsensorkabel

Das Luftsensorkabel ist eine zehn-polige Steuerleitung. Die Pinbelegung ist wie folgt:

Pin	Belegung	Funktion	Farbe
1	3,3V (SW5)	Stromversorgung	rot
2	SDA (PG13)	Datenleitung zu SHT31 und TSL2591	grau
3	SCL (PG15)	Taktleitung zu SHT31 und TSL2591	grün
4	GPIO (PA4)	Optional	lila
5	SCK (PA5)	Optional	gelb
6	MISO (PA6)	Optional	pink
7	MOSI (PA7)	Optional	braun
8	GPIO (PB0)	Optional	blau
9	GPIO (PB1)	Optional	weiß
10	0V	Stromversorgung	schwarz

Tabelle 2.4: Pinbelegung Luftsensorkabel

2.5 Bodensensorkabel

Das Bodensensorkabel ist ein Flachbandkabel mit 1.27mm Abstand zwischen den Adern. Seine maximale Länge liegt bei ca. 10m. Zum besseren durchführen durch das gehäuse wird folgende Beschaltung eines zehn Poligen Kabel benutzt:

Pin	Belegung	Funktion	Farbe	Farbe Flachbandkabel
1	SDA (PF0)	Datenleitung	pink	Rot (Markiert)
2	3,3V (SW6)	Stromversorgung	rot	Grau
3	0V	Stromversorgung	schwarz	Grau
4	SCL (PF1)	Taktleitung	grau	Grau

Tabelle 2.5: Pinbelegung Bodensensorkabel

2.6 Solarzelle

Es ist möglich eine Solarzelle mit einer Zelle (0,6V) anzuschließen. Der maximale Strom beträgt 300mA.

Pin	Funktion	Farbe
1	Spannung (+)	Rot
2	Spannung (-)	Schwarz

Tabelle 2.6: Pinbelegung Bodensensorkabel

3 Taster

3.1 SW1

Dieser Taster startet die Sensorbox neu (Reset). Nach einem Reset werden alle Einstellungen erneut von der SD-Karte gelesen und angewendet.

3.2 SW2

Mit diesem Taster werden alle Intervalle als abgelaufen angesehen, was zu einer Aufnahme von allen Messwerten und dem direkten senden so wie direkter Zeitsynchronisation führt.

3.3 SW3

3.4 SW4

Mit diesem Button ist es möglich die Verbindung über WLAN, NB-IoT oder GSM zu testen. Nach dem drücken dieses Button, wird für drei Sekunden angezeigt welche Verbindung getestet wird. Danach wird der Verbindungstest gestartet. Während dessen blinkt LED D7. Nach dem der Test beendet ist, wird das Ergebnis des Tests auf den LEDs angezeigt und LED D7 leuchtet dauerhaft, durch ein weiteres drücken dieses Tasters wird entweder der nächste Test gestartet, wenn mehrere Verbindungs möglichkeit konfiguriert sind oder die Sensorbox wechselt wieder in den Standbymodus.

1. Übertragung anzeigen

In diesem Modus wird angezeigt welcher Übertragungsstandard getestet werden soll. Die Anzeige der LEDs ist in Tabelle 3.1 beschrieben.

   	Übertragungsstandard
   	WLAN
   	NB-IoT
   	GSM

Tabelle 3.1: LED Anzeige Übertragungsstandard

2. Übertragung testen

In diesem Modus wird versucht eine Verbindung mit dem davor durch die LEDs gezeigten Übertragungsstandard aufzubauen. In diesem Modus blinkt die LED D7

3. Ergebnis anzeigen und auf Bestätigung des Benutzers warten

Das Ergebnis des Verbindungstests wird in diesem Schritt angezeigt. Das Ergebnis bleibt solange auf den LEDs zu sehen, bis der Benutzer es bestätigt hat oder 120 Sekunden abgelaufen sind. Bestätigt wird das Ergebnis durch ein erneutes drücken des Tasters. Die Ergebniszustände sind in Tabelle 3.2 beschrieben.

D6	D7	D8	D9	Ergebnis
Yellow	Yellow	Red	Green	Verbindungstest nicht erfolgreich
Yellow	Yellow	White	Green	Verbindungstest erfolgreich

Tabelle 3.2: LED Anzeige nach Übertragungstest - Übertragungstestergebnisanzeige

4 LEDs

Im folgenden sind die LEDs, mit ihren Farben und Funktionen aufgelistet.

LED	Farbe	Funktion
D3	grün	Anzeige Ladestatus (siehe Tabelle 4.2)
D2	rot	Anzeige Ladestatus (siehe Tabelle 4.2)
D1	rot	Anzeige Ladestatus (siehe Tabelle 4.2)
D6	gelb	STM-Microcontroller eingeschaltet
D7	gelb	
D8	rot	
D9	grün	
D10	rot	
D11	grün	
D12	gelb	

Tabelle 4.1: LED Funktionen

  	Ladestatus
  	Kein Laden - Stromversorgung nicht angeschlossen
  	Kein Laden - Standby, Timer fehler, Temperatur fehler
  	Laden abgeschlossen - Akku ist voll
  	Laden - Akku ist nicht voll
  	Kein Laden - System test

Tabelle 4.2: LED Anzeige vom Ladestatus

5 Luftsensorgehäuse

Wie in Abbildung 1.1 gezeigt, sind die Luftsensoren alle in ein Gehäuse eingebaut. Als Luftsensorgehäuse wird ein modifiziertes Wetterschutzgehäuse genutzt, welches keine Möglichkeit für einen Beleuchtungsstärkesensor bietet. Dafür wird oben auf das Gehäuse eine Lichtdurchlässige Kuppel geklebt unter welcher der Beleuchtungsstärkesensor seinen Platz findet. Dieses ist in Abbildung 5.4 gezeigt.



Abbildung 5.1: Eingebauter Beleuchtungsstärkesensor

5.1 Lichtsensor Einbau

Für die Montage des Lichtsensors werden mindestens drei Löcher in der Oberseite des Wetterschutzgehäuses benötigt. Die Positionierung und die Abmessungen dieser ist in Abbildung 5.2 gezeigt. Für die Rundenlöcher sollte ein Bohrer mit dem angegeben Durchmesser benutzt werden für den länglichen Ausschnitt können mehrere einzelne Löcher gebohrt werden die dann mit einer Feile zu dem großen Ausschnitt erweitert werden.

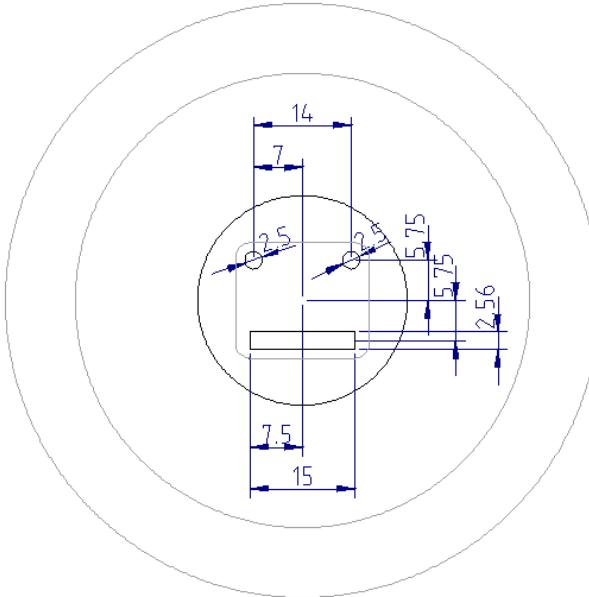


Abbildung 5.2: Technische Zeichnung Lochpositionen (Maße in mm)

Nachdem die Löcher gemacht wurden, kann der TSL2591 in das Wetterschutzgehäuse montiert werden. Dazu muss die ihm beiliegende Buchsenleiste schon eingelötet sein. Die Buchsenleiste wird in den länglichen Ausschnitt gesteckt, so dass durch die beiden Rundenlöcher jeweils eine M2.5 Schraube mit 10mm Länge passen. Von Innen werden die beiden Schrauben dann mit jeweils einer M2.5 Mutter befestigt. Die Abbildungen 5.3 und 5.4 zeigen wie der TSL2591 jetzt im Gehäuse befestigt ist.

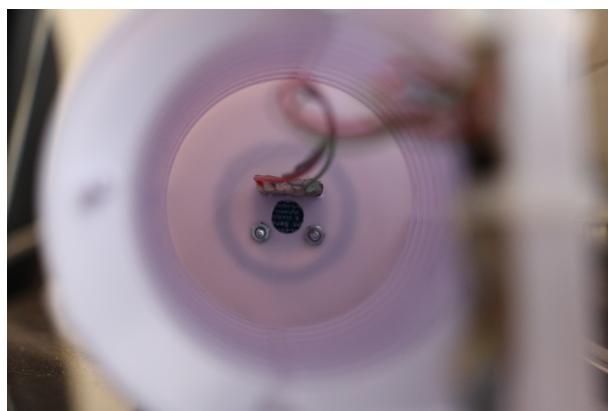


Abbildung 5.3: Eingebauter Beleuchtungsstärkesensor

Der nächste Schritt ist die Montage der Kuppel, welche mit JB-Weld über den TSL2591 geklebt wird. Dazu eine kleine Menge des Zweikomponentenkleber nach Herstellerangabe anröhren und auf den Rand der Kuppel mit einem kleinen Holzstab aufbringen. Danach wird die Kuppel zentriert auf das Wetterschutzgehäuse positioniert. Die Kuppel dabei nicht zu stark andrücken, sondern ein wenig drehen um den Kleber gleichmäßig zu verteilen. Es muss noch eine Schicht des Klebers zwischen Wetterschutzgehäuse und Kuppel vorhanden sein! Das Fertige Ergebnis ist in Abbildung 5.4 zu sehen.



Abbildung 5.4: Eingebauter Beleuchtungsstärkesensor

Wie in Abbildung 5.6 gezeigt, wird das Kabel für die Luftsensoren von unten in das Gehäuse eingeführt. Das Loch dafür existiert schon.

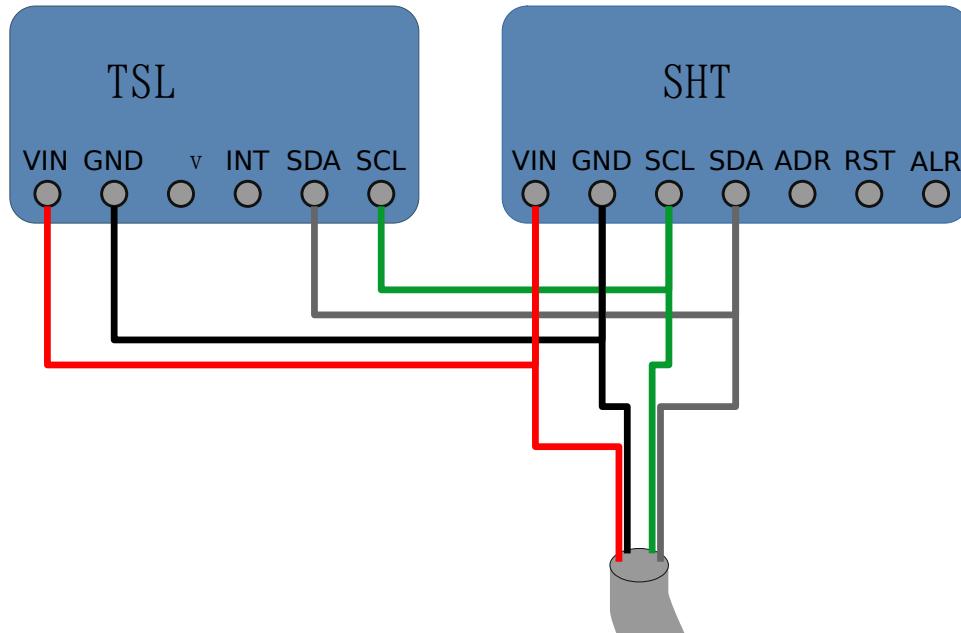


Abbildung 5.5: Kabelverbindungen für Luftsensoren

Die Kabel zwischen TSL2591 und SHT31 sollten mindestens 25cm lang sein, damit das Gehäuse noch vernünftig geöffnet werden kann. Die Kabel zwischen SHT31 und Kabel sollten mindestens 5cm lang sein. Um eine Zugentlastung für das Kabel zu erhalten, kann dieses mit einem Kabelbinder an der Inneren Befestigung befestigt werden.

Das Fertige Ergebnis der Verkabelung und Montage ist in Abbildung 5.7 gezeigt.



Abbildung 5.6: Eingebauter Beleuchtungsstärkesensor



Abbildung 5.7: Eingebauter Beleuchtungsstärkesensor

Das Gehäuse kann Flach an einer Wand mit Schrauben befestigt werden. Es ist aber auch möglich das Gehäuse mit Kabelbindern an z.B. einen Zaunpfosten zu montieren. Dazu muss nur das Befestigungsteil welches in Abbildung 5.8 vorne gezeigt ist montiert werden, und das Gehäuse von oben hereingeschoben werden.



Abbildung 5.8: Eingebauter Beleuchtungsstärkesensor

6 Kalibrierungsmessung Bodensensoren

Um Aussagen über die Messgenauigkeit der in diesem Projekt verwendeten Bodensensoren zu treffen, ist es erforderlich die Unterschiede der einzelnen Sensoren zu messen. Da die Sensoren von Hand bestückt werden, entstehen unvermeidbare Unterschiede im Herstellungsprozess der Sensoren, welche sich auf die Messwerte der einzelnen Sensoren auswirken. Um nun die Abweichungen der Sensoren untereinander, als auch die Abweichungen in einem einzigen Sensor zu ermitteln, wird vor Verwendung der Sensoren eine Kalibrierungsmessung durchgeführt, deren Ablauf im folgenden näher erläutert werden soll.

6.1 Verbindung zur Sensorbox

Da die Sensoren von der Sensorbox ausgelesen werden, müssen die zu testenden Sensoren zunächst an die Sensorbox angeschlossen werden. Die Sensoren sind per I2C mit der Sensorbox verbunden. Die I2C Schnittstelle benötigt ein Flachbandkabel mit 4 einzelnen Leitungen. Der I2C Anschluss der Sensoren ist auf der Vorderseite zu finden, in Abbildung 6.2 ist es der mit 1 nummerierte Anschluss.

Der I2C Anschluss der Sensorbox befindet sich auf der Vorderseite und ist in der Abbildung 2.1 mit 'J8' markiert. Da der Stecker der I2C - Leitung auf der Sensorbox nur in eine Richtung angeschlossen werden kann, muss man nicht auf die richtige Polung achten. Auch auf die richtige Reihenfolge der Sensoradressen muss nicht geachtet werden, sie dienen nur zur späteren Identifizierung im Webservice.

6.2 Sensorplatzierung

Die Sensoren werden in einem speziellen Kokussubstrat gemessen, welches verschiedene Referenzfeuchtigkeiten aufweist. Anhand dieser Referenzfeuchtigkeiten werden die Sensoren später im Webservice Kalibriert. Hierfür ist es wichtig, dass die Sensoren befestigt sind, sodass sie sich in der ausgewählten Umgebung nicht bewegen können und das die Sensoren von allen Seiten Kontakt mit der ausgewählten Umgebung haben.

Um die Elektronik der Sensoren zu schützen, ist darauf zu achten die Sensoren nur bis zu einer gewissen Grenze in dem Substrat zu positionieren. Abbildung 6.2 zeigt die Sensoren von vorne und hinten, beschriftet mit den wichtigsten Details, darunter die mit 3 markierte Einschubgrenze.

Es ist zu empfehlen die I2C-Verbindung der Sensoren vor der Befestigung anzubringen, da dies im Nachhinein deutlich schwieriger wird.

6.3 Python Script

6.3.1 Download der CSV Datei

Sind alle gewünschten Sensoren befestigt, und mit der ausgewählten Wunschumgebung in Kontakt, kann die Messung gestartet werden.

Vor der Messung sollte sichergestellt werden, dass die Stromversorgung der Sensorbox stabil ist, bzw. der Akku voll aufgeladen ist.

Die Sensorbox nimmt nun je nach eingestelltem Intervall die Werte für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur auf und zeigt sie ganz normal im Webservice an.

Will man nun die Messung aufbereiten und visualisieren, so lädt man sich über den Webservice die CSV-Datei des gewünschten Zeitraums herunter und speichert sie in demselben Ordner wie das Python Script ab.

Wichtig ist, dass die CSV Datei den Namen 'myplot.csv' bekommt, dies ist der Standarddateiname beim Herunterladen einer CSV Datei im Webservice.

6.3.2 Visualisierung der Ergebnisse

Ist die CSV Datei erfolgreich heruntergeladen worden, so kann das Python Script entweder durch das Terminal, oder eine entsprechende Entwicklungsumgebung gestartet werden. Um das Script auszuführen werden die Python Module numpy, matplotlib und pandas benötigt. Die Pakete können mit einem der folgenden Kommandos installiert werden:

```
Mit Conda:  
conda install numpy  
conda install matplotlib  
conda install pandas  
  
Mit Pip/ Pip3:  
pip install numpy  
pip install matplotlib  
pip install pandas
```

Es folgt nun ein kleiner Beispielauftrag des Python Skripts über das Terminal.

```
cd CalibrationMeasurement # Wechseln zum Zielverzeichnis  
python3 visualize.py # Starten der Python Datei
```

Man erhält nun zwei Graphen in denen die Original Sensorwerte aller angeschlossenen Sensoren und die Standardabweichungen aller angeschlossenen Sensoren dargestellt sind. Aus diesen Graphen lässt sich ablesen, wie stark die Sensoren bei gleicher Umgebung voneinander Abweichen. Will man die Ergebnisse von bestimmten Sensoren visualisieren, so kann man durch anfügen von den entsprechenden Sensoradressen an das Kommando die Auswahl der verwendeten Sensoren beschränken. Ein Beispiel ist folgend dargestellt.

```
cd CalibrationMeasurement # Wechseln zum Zielverzeichnis  
python3 visualize.py 1 2 3 4 # Visualisieren von Sensor 1,2,3 und 4
```

6.4 Kalibrierung im Webservice

Die eigentliche Sensorkalibrierung findet im Webservice statt, hier werden die aufgenommenen Messwerte in Abhängigkeit von den Referenzwerten der Messumgebung eingetragen.

Öffnet man den Webservice, gelangt man über den Reiter 'Devices' zu einer Liste mit verfügbaren Sensorboxen aus denen die entsprechende ausgewählt werden muss. Nun navigiert man über das Zahnrad im 'Device Details' Bereich zum Kalibrierungsüberblick. Hier werden alle Kalibrierungseinstellungen angezeigt, darunter auch die Zeitspanne, in der die Kalibrierungen angewendet werden sollen. Über das 'Add' Symbol können nun neue Kalibrierungsconfigurationen eingestellt werden.

Zunächst wird die Zeitspanne auf den die Kalibrierung angewendet werden soll eingestellt indem man Start- und Enddatum in die entsprechenden Felder einträgt, mit dem Button 'SAVE CHANGES' werden alle Änderungen gespeichert.

Der letzte Schritt besteht daraus, die aufgenommenen Sensorwerte mit den Referenzwerten einzutragen, hierzu navigiert man mit dem 'Edit Calibration' Button in ein neues Fenster, und erstellt mit dem 'Add' Symbol eine neue Kalibrierung.

Zur Kalibrierung von Bodenfeuchtigkeiten und Bodentemperaturen, muss der Kalibrierungstyp 'Linear' und der entsprechende SensorTyp eingestellt werden. Man kann nun einzelne oder mehrere Sensoren auswählen, die mit den gleichen Messwerten Kalibriert werden sollen.

Über das 'Add' Symbol können nun die gemessenen Sensorwerte in das Inputfeld, und die dazugehörigen Referenzwerte in das Outputfeld eingetragen werden. Je individueller man die einzelnen Sensoren mit gemessenen Sensorwerten und Referenzwerten Kalibriert, desto genauer werden die Messungen der Sensoren. Dies gilt genauso für die Anzahl der Kalibrierungsdaten. Man benötigt mindestens zwei Kalibrierungssets aus jeweils einem Referenzwert und einem gemessenen Sensorwert, um die Kalibrierung durchzuführen, jedoch steigt die Genauigkeit der Kalibrierung mit jedem Kalibrierungsset.

Nach Speichern der Kalibrierungssets könnte eine Kalibrierung folgendermaßen aussehen.

The screenshot shows a 'Calibration' page with the following sections:

- Calibration** (Section header)
- Device:** Box 2.3 (9965417797813591893265547314)
- Valid from:** 2000-01-01 00:00:00
- Valid until:** 2020-07-20 13:12:06
- Configuration:** Configuration
- Notes** (Section header)
A large text area for notes, with a **SAVE NOTES** button at the bottom left.
- Sensor calibration sets** (Section header)
A table with the following data:

#	CALIBRATION TYPE	SENSORS	AMOUNT OF CALIBRATION POINTS	Actions
2	Linear	Air Temperature <ul style="list-style-type: none">• Sensor 1• Sensor 2	2	- Remove

Abbildung 6.1:

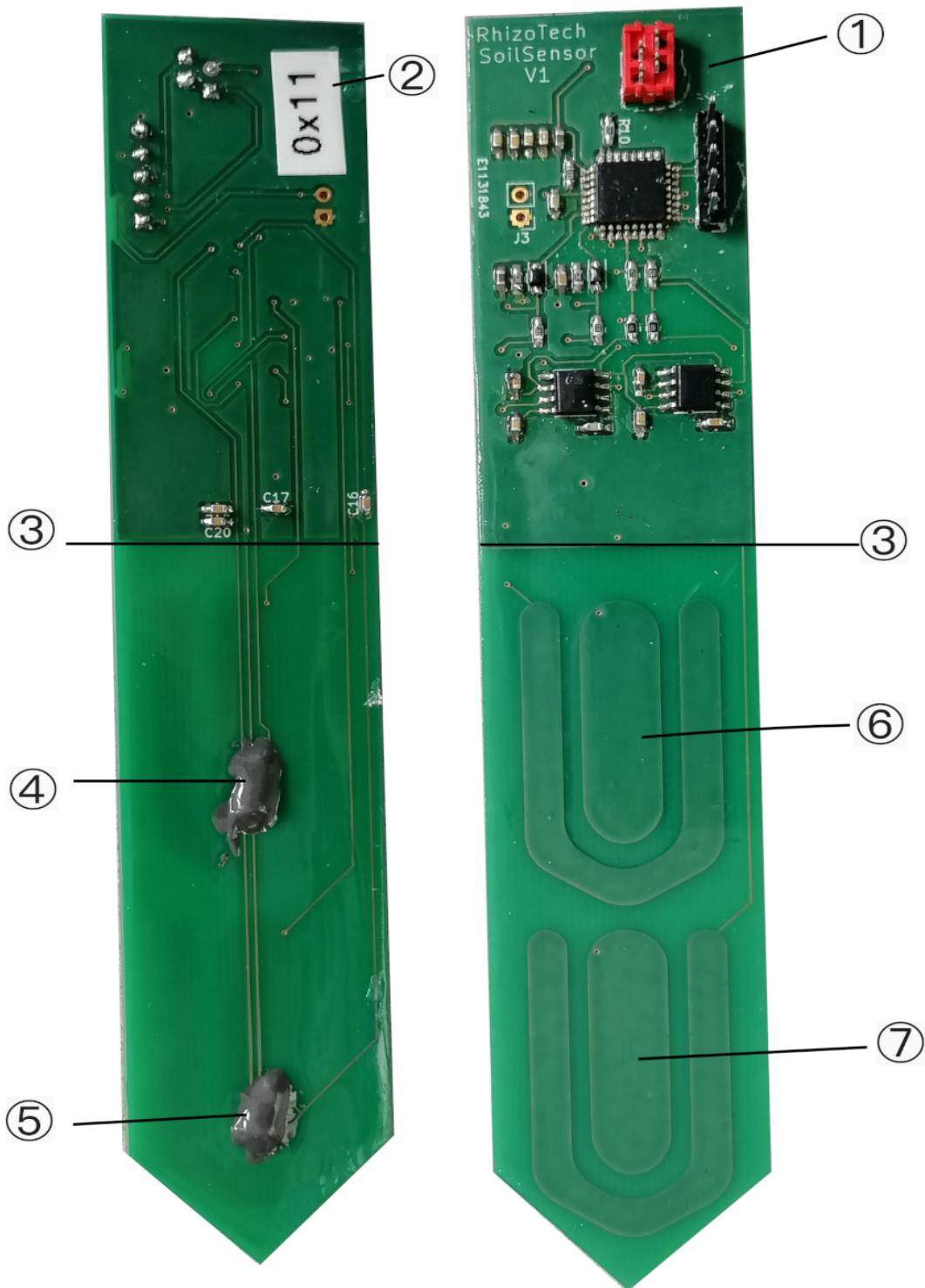


Abbildung 6.2: 1: I2C-Verbindung, 2: Adresse, 3:Einschubgrenze, 4: Temperatursensor 'Top', 5: Temperatursensor 'Bottom',
6: Feuchtigkeitssensor 'Top', 7: Feuchtigkeitssensor 'Bottom'

7 Acronyms