

Installation der Umweltmessstation

1 Kurzübersicht

Die Klimakrise ist eine gesamtgesellschaftliche, globale Herausforderung mit vielfältigen und auch extremen, regionalen und lokalen Folgen, die sich zum Beispiel in Hochwasserkatastrophen, Dürrejahre oder Hitzeperioden zeigen. Die Erhebung kleinräumiger Wetterdaten zur Beobachtung langzeitlicher, klimatischer Veränderungen aber auch zur Dokumentation kurzfristiger oder kleinräumiger Ereignisse ist wichtig, um diese Entwicklungen zu verstehen. Doch was ist eigentlich der Unterschied zwischen Wetter und Klima, welche Daten lassen sich messen und wie werden sie erhoben, gespeichert und dokumentiert? Welche Veränderungen sind beobachtbar und welche Rückschlüsse können wir daraus ziehen?

In diesem Modul geht es darum, eine Umweltmessstation für die Schule zu bauen. Dabei sollen diese Handreichungen nicht nur den Aufbau erklären, sondern auch den Umgang mit den eigenen Daten sowie die abschließende Darstellungsmöglichkeit. Die erste Anleitung erläutert die Installation und die Struktur der Datenbanken der Umweltmessstation. Neben den gemessenen Umweltfaktoren erlernen die Schülerinnen und Schüler gleichzeitig das fachgerechte Auslesen von elektronischen Signalgebern, den Sensoren.

Im Vordergrund dieses Moduls stehen die Unterrichtsfächer Geographie und Informatik. Mithilfe der mitgegebenen Ausstattung dieser Umweltmessstation werden drei verschiedene Umweltfaktoren gemessen: Niederschlag, Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Die Daten werden in zwei Datenbanken auf der MicroSD-Karte des Minicomputers Raspberry Pi gespeichert. Daraus können abschließend unterschiedliche Diagramme erstellt werden, aus denen Erkenntnisse zu den Klimadaten an der eigenen Schule gewonnen werden können. Diese Umweltmessstation verbleibt dann an der Schule. Je nachdem, wie lange die Umweltmessstation aufgestellt ist, können lange Zeitreihen untersucht werden, die ggf. verschiedene Umwelteinflüsse zeigen (milder Winter, heißer Sommer, Auswirkungen des Klimawandels, ...). Anwendungsbeispiele an der Schule könnten sein: Steuerung der Schulheizung über gemessene Außentemperatur oder Regelung der Schulgartenbewässerung nach aufgezeichneten Niederschlagsmengen. Damit wird das Bewusstsein in Bezug auf das Wetter und dessen Änderung verstärkt. Im Rahmen einer AG könnte die Umweltmessstation um weitere Sensoren ergänzt werden.

2 Benötigte Bauteile und Werkzeuge

Im SENSOR-Paket sind enthalten:

Bezeichnung der Bauteile	Anzahl	Funktion
Holzpfehl	1	Gestell
Steckernetzteil	1	
Kabeldichtgummi	1	
Rohrschelle 44-49 mm (Edelstahl)	1	
Gewindebolzen M8	1	Temperatur- und Luftfeuchtigkeits-sensor
Mutter M8	1	
Rohrschelle 125-130 mm (Edelstahl)	1	
Temperaturdose (weißes Teil) (= Kombisensor)	1	
Bügelschelle (Kit)	1	Abzweigbox für den Raspberry Pi
Abzweigbox (graue Dose)	1	
Gummidichtungen	2	
Kabelverschraubungen Pg7	2	
Kabelverschraubung M20	1	
Raspberry Pi + Image	1	Niederschlags-sensor
Bügelschelle inkl. Vogelschutz (Kit)	1	
Niederschlagssensor (schwarzes Teil) (= Kippsensor)	1	

Zusätzlich benötigtes Werkzeug:

Bezeichnung der Werkzeuge	Anzahl
Bohrmaschine / Akkuschrauber	1
Schraubenschlüssel (Set)	1
Seitenschneider	1
Fäustel/ Vorschlaghammer	1
Stufenbohrer 2 mm -14 mm	1

3 Vorbereitung Software und Hardware

Software: Die Umweltmessstation besteht in ihrer Basisstufe aus einem Raspberry Pi Minicomputer, an welchem zwei Sensoren (Kombisensor Temperatur/ Luftfeuchtigkeit und Niederschlagssensor) angeschlossen werden. Damit die gesamte Umweltmessstation die Daten aufnehmen und speichern kann, muss auf die MicroSD-Karte ein Image geladen werden, welches die benötigten Programmcodes und Datenbanken bereitstellt. In dem SENSOR-Paket ist das Image auf der MicroSD-Karte schon vorinstalliert. Für die Vollständigkeit wird nur kurz das Vorgehen und die Betriebsweise des Raspberry Pis erläutert.

Auf den Raspberry Pi läuft eine Version von Linux als Betriebsversion (Raspbian in Version 8.0). Sämtliche Ansteuerung der Sensoren sowie die Durchführung der automatisierten Messvorgänge wurden in Python (2.7) implementiert. Für die Datenspeicherung wird das Datenbanksystem SQLite genutzt. Das Messsystem ist dahingehend vorbereitet, dass für die Raspberry Pi ein fertiges Image „sensoR_shrunked.img“ für die Speicherkarte bereitsteht. Dieses kann mittels der Freeware Win32Diskimager auf eine mindestens 8GB große MicroSD-Karte geschrieben werden. Diese kostenlose Software kann unter folgendem Link heruntergeladen werden: <https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/>.

Für das Installieren des Images muss lediglich die Speicherkarte in den Kartenleser eingelegt, das Image in Win32Diskimager ausgewählt und mit Schreiben auf die Speicherkarte geschrieben werden (vgl. Abb. 1). Nachdem dies geschehen ist, kann die MicroSD-Karte in den Kartenslot des Raspberry Pi eingelegt werden.

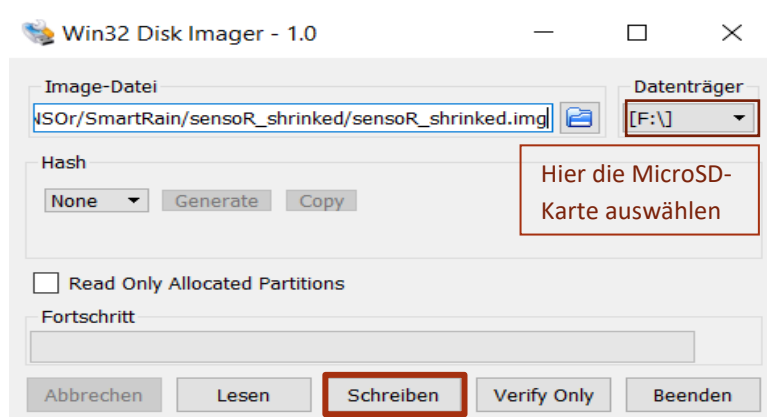


Abbildung 1 Schreiben des Images auf die MicroSD-Karte

Hardware: Sämtliche Sensoren sind bereits mit Kabeln versehen. Jedoch müssen diese noch mit Steckern zum Anschluss auf dem Raspberry Pi versehen werden.

Für den Temperatursensor gilt: Der Sensor befindet sich vorbereitet in der Wetterhütte (weißes Teil). Die Anbindung erfolgt über ein vieradriges Kabel mit folgenden Kabelbelegungen:

- Vin – gelb
- GND – Braun
- SDA – Weiß
- SCL – grün

Die Anordnung auf einer quadratischen 2x2-Buchse ist dabei wie folgt:

Gelb	Braun
Weiß	Grün

Für den Niederschlagssensor gilt: Der Sensor ist zusätzlich zur Kippung mit einem Lagesensor ausgestattet, der bei Umstürzen der gesamten Umweltmessstation ein Signal generiert. Dieses Signal ist für den Zweck der

Umweltanalyse an der Schule nicht darstellungsrelevant, sodass dieser Sensor zwar angeschlossen werden muss, aber im Folgenden bei der Analyse nicht betrachtet wird. Die Anbindung erfolgt hier ebenfalls mittels eines vieradrigen Kabels mit folgenden Belegungen:

- Kippsensor (+) – weiß
- Kippsensor (-) – gelb
- Niederschlag (+) – grün
- Niederschlag (-) – braun

Bei der Belegung ist hier wie folgt vorzugehen:

- 1x2er Buchse mit grün und weiß
- 1er Gelb
- 1er **Stecker** Braun

Für den Niederschlagsensor ist zusätzlich eine Filterschaltung zur Entprellung des Signals nötig. Diese muss nach folgendem Schaltplan aufgebaut werden:

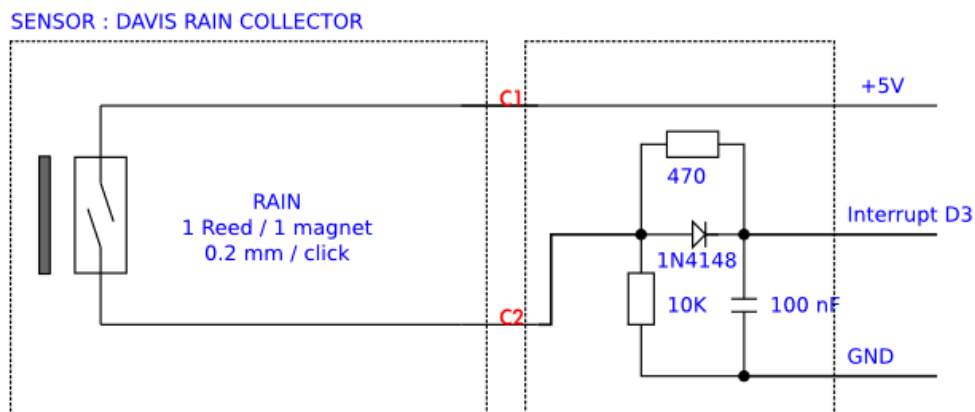


Abbildung 2 Schaltplan für die Filterschaltung zur Entprellung

Die drei Ausgänge im Schaltplan (C2, D3, GND) müssen ebenfalls mit Buchsen versehen werden. Die Belegung ist dabei wie folgt:

- C2 1er Buchse
- D3/GND 1x2er Buchse

Der Kontakt C2 wird anschließend mit dem braunen Kabel von der Kippwaage kommend verbunden (vgl. Abb. 2).

4 Aufbau der Umweltmessstation

Schritt 1: Anbringen des Kombisensors an den Holzpfahl

Zuerst wird an den Holzpfahl die Rohrschelle mit dem Durchmesser 44 - 49 mm angebracht. An dieser Rohrschelle befindet sich ein Gewinde, in das der Gewindebolzen geschraubt wird und mit der Mutter in Richtung des Holzpfahls befestigt wird. Nun wird die zweite Rohrschelle mit dem Durchmesser von 125 - 130 mm auf der anderen Seite des Gewindebolzens angebracht. In diese zweite Rohrschelle wird die Temperaturdose montiert. Nach diesem Schritt sieht die Installation wie die Abbildung 3 aus.



Abbildung 3 Montage Kombisensor

Schritt 2: Befestigung der Abzweigbox für den Minicomputer

Die Bügelschelle wird an der Abzweigbox angebracht, indem die passenden Löcher durch die Rückseite der Box durchgebohrt werden (1). Wichtig dabei sind die Gummidichtungen (2), die ebenfalls daran festgemacht werden. Damit bleibt die Abzweigbox wasserdicht und es werden keine Schäden am Minicomputer verursacht. Auch die Kabeldurchführungen müssen gebohrt werden, damit die drei Kabelverschraubungen befestigt werden können (3). Diese dienen der Abdichtung der verschiedenen Kabelführungen. Die zwei kleineren Verschraubungen sind für die zwei Sensoren und die größere Verschraubung für das Steckernetzteil, das den Minicomputer mit Strom versorgt. Zum Schluss wird die Box mithilfe der montierten Bügelschelle an dem Holzpfahl angebracht. Die Abbildung 4 zeigt die Montage der Bügelschelle und der Kabelverschraubungen an die Abzweigbox sowie die insgesamt Installation an den Holzpfahl.

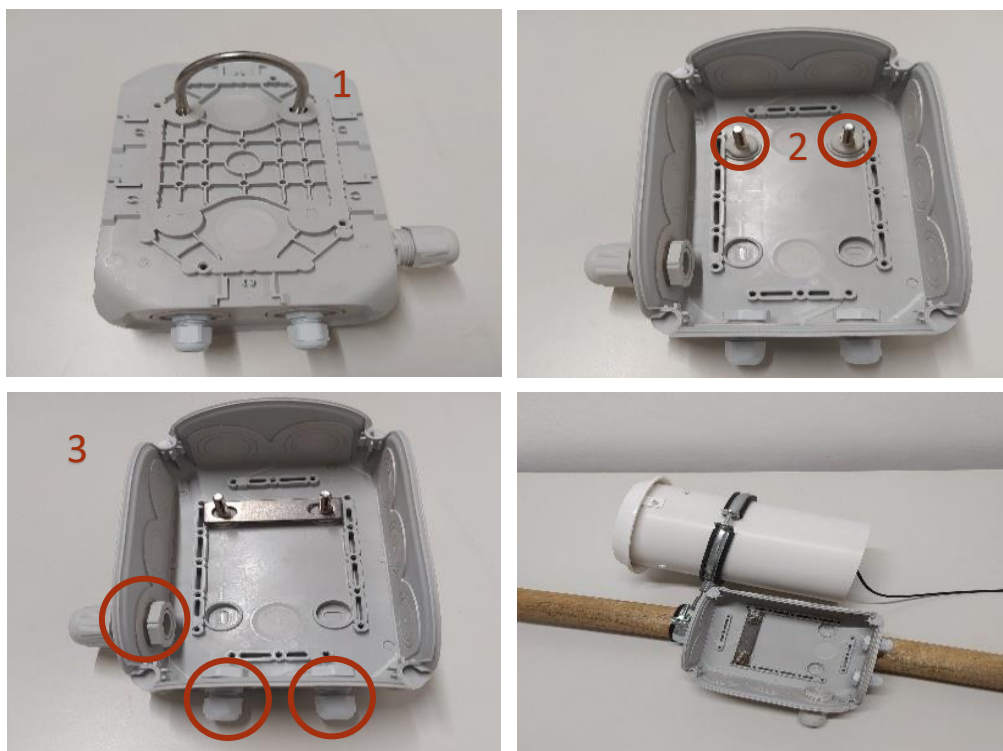


Abbildung 4 Montage der Abzweigbox

Schritt 3: Anbringen des Niederschlagssensors an den Holzpfehl

Für die Befestigung des Niederschlagssensors wird erneut eine Bügelschelle benötigt. In diesem Kit gibt es zusätzlich noch einen Vogelschutz, der die Vögel am Nisten an diesem Sensor hindern soll. Die Bügelschelle wird zuerst an den Sensor angebracht. Dazu muss diese an die vorhandenen Löcher am Sensor geschraubt werden. Anschließend werden die Metallstäbe für den Vogelschutz oben auf die Kante gesteckt und schon kann alles an dem Holzpfehl montiert werden. Dabei ist es wichtig, dass der Niederschlagssensor nicht genau über der Abzweigbox angebracht wird. Der gemessene Niederschlag würde sonst unten heraustropfen und auf der Box landen. Die Oberkante dieses Niederschlagssensors muss den höchsten Punkt der Installation darstellen. Die Abbildung 5 zeigt das Bügelschellen-Kit und die Installation an den Holzpfehl.



Abbildung 5 Montage des Niederschlagssensors

Schritt 4: Sensoren mit Raspberry Pi verbinden und Stromversorgung anschließen

Im letzten Schritt werden die einzelnen Kabel der Sensoren und des Steckernetzteils durch die jeweiligen Kabelverschraubungen durchgeführt (vgl. Abb. 6). Dann werden die Sensoren mit dem Raspberry Pi nach dem dargestellten Schema (vgl. Abb. 7) angesteckt. Nun muss Steckernetzteil eingeführt und die Verschraubungen verschlossen werden, um die Box abzudichten.



Abbildung 6 Anschließen des Raspberry Pis



Abbildung 7 Pin-Belegung der Sensoren

In der Tabelle wird dargestellt, welcher Sensor an welche Pins angeschlossen wird. Neben der Pinbelegung ist auch die Farbe des dazugehörigen Kabels angegeben.

Tabelle 1 Pinbelegung der Sensoren

Temperatursensor		Niederschlagssensor		Filterschaltung
Pin 4 gelb	Pin 6 braun	Pin 2 grün	Pin 12 Gelb	Pin 20 GND
Pin 3 weiß	Pin 5 grün	Pin 1 weiß		Pin 19 D3

Nun fängt der Computer an, zu arbeiten und zu messen. Um den Raspberry mit der richtigen Uhrzeit zu versorgen, ist es nötig, diesen bei jedem Einschalten einmalig mit dem Internet zu verbinden. Dies geschieht durch die Bereitstellung eines WLAN-Hotspots. Dazu wird neben einem Computer oder Laptop auch ein Mobiltelefon benötigt, welches einen WLAN-Hotspot bereitstellen kann. Alternativ ist dies auch mit einem Laptop möglich, welcher via WLAN mit dem Internet verbunden ist (Windows 10 vorausgesetzt).

Der zu nutzende Hotspot benötigt die folgenden Zugangsdaten:

Name des WLANs: raspi Passwort: raspi_wlan

Der Raspberry Pi sollte sich kurz nach dem Einrichten des Hotspots (5 Minuten) mit dem WLAN verbinden.

5 Struktur der Datenbanken

Der Minicomputer Raspberry Pi beinhaltet eine MicroSD-Karte, auf der zwei verschiedene Datenbanken mit den gemessenen Umweltfaktoren gespeichert werden. Dies ist zum einen die Datenbank *Rain* und zum anderen *sht31*. Es gibt zwei Datenbanken, da durch das gewählte Format der Datenerfassung kein gleichzeitiger Zugriff auf eine Datenbank möglich ist und somit die Daten über zwei verschiedene Programme erfasst werden. Die Umweltfaktoren werden zu jeder vollen Minute gemessen und gespeichert. Die gewonnenen Daten werden mithilfe der Datenbanken in die Cloud des IT-Startups Pikobytes geladen. Dieses Startup hat sich auf die Entwicklung von Services für die Integration und Auswertung von Umweltdaten spezialisiert. Es bietet u. a. eine OpenData-Plattform an, welche die Daten der betriebenen Umweltmessstationen öffentlich darstellt. Die folgende Tabelle zeigt, in welcher Datenbank welche Umweltfaktoren gespeichert werden, wie die jeweiligen Kürzel lauten und ob diese Daten für die Datenanalyse darstellungsrelevant sind.

Tabelle 2 Datenbanken und gespeicherte Umweltfaktoren

Datenbank	Kürzel	Erklärung	darstellungsrelevant
Rain	keine	Hier wird nur der gefallene Niederschlag in der Spalte <i>value</i> erfasst.	✓
sht31	T	Temperatur in °C	✓
	H	Luftfeuchtigkeit in %	✓
	K	Umfallen der Umweltmessstation (der Wert ist 1 oder 0; 0 bedeutet, der Sensor ist nicht umgekippt; 1 bedeutet, der Sensor ist umgekippt)	X

In der Datenbank *Rain* wird die Niederschlagsmenge über den Kippsensor registriert. Diese ist in drei Spalten gegliedert: *value*, *time*, *uploaded* (vgl. Abb. 8). In der Spalte *value* wird die Anzahl der Kippungen des Sensors gemessen. **Diese Zahl muss bei der Auswertung mit 0,2 multipliziert werden, da die Schaufel des Kippsensors ein Fassungsvermögen von 0,2 mm beträgt.** Die Spalte *time* erfasst minütlich das Datum und die Uhrzeit und die Spalte *uploaded* steht für den Upload der Daten in die Pikobytes Umgebung. Der Wert 0 bedeutet, dass diese Daten noch nicht auf den Server der Pikobyte Umgebung gelangt sind, die 1 steht für einen erfolgreichen Upload.

	value	time	uploaded
	Filtern	Filtern	Filtern
1	0.0	2019-06-13 11:26:00	1
2	0.0	2019-06-13 11:27:00	1
3	0.0	2019-06-13 11:28:00	1
4	0.0	2019-06-13 11:29:00	1
5	0.0	2019-06-13 11:30:00	1

Abbildung 8 Datenbank Rain

	type	value	time	uploaded
	Filt...	Filtern	Filtern	Filtern
1	T	24.1	2019-06-13 11:26:00	0
2	H	52.7	2019-06-13 11:26:00	0
3	T	24.2	2019-06-13 11:27:00	1
4	H	53.3	2019-06-13 11:27:00	1
5	T	24.2	2019-06-13 11:28:00	1
6	H	53.5	2019-06-13 11:28:00	1
7	T	24.1	2019-06-13 11:29:00	1
8	H	52.2	2019-06-13 11:29:00	1
9	T	24.2	2019-06-13 11:30:00	1

Abbildung 9 Datenbank sht31

In der Datenbank *sht31* werden mehrere Daten gespeichert. Diese Datenbank ist in vier Spalten gegliedert: *type*, *value*, *time* und *uploaded* (vgl. Abb. 9). In der Spalte *type* werden die zwei Umweltfaktoren Temperatur (T) und Luftfeuchtigkeit (H) registriert. Bei *value* werden die dazugehörigen Werte und bei *time* jede Minute das Datum und die Uhrzeit gespeichert. *Uploaded* steht hier wieder für den Upload der Daten in die Pikobytes Umgebung.