

HAW-Hamburg
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences

Studienarbeit

**Benchmarking der Messqualität von günstigen Feinstaubsensormodulen
(SDS011 und Tinkerforge PM Bricklet)**

Studienprojekt

Sommer 2021

Prof. Dr. Carsten Frank

Matrikelnummer: 2359864
Name: Duy Nguyen
Ort und Geburtsdatum: Hanoi, 06.10.1996
Telefon: 015908495620
Adresse: Grandweg 16, 22529 Hamburg
E-Mail: duy.nguyen@haw-hamburg.de

Matrikelnummer: xxxxxxxx
Name: Hoang Thuy Tien Le
Ort und Geburtsdatum: Hanoi, 07.11.1996
Telefon: 015202152799
Adresse: Harburg, Hamburg
E-Mail: HoangThuyTien.Le@haw-hamburg.de

Datum der Einreichung: 22. November 2021

Abstract

Keywords:

Inhaltsverzeichnis

I. Tabellenverzeichnis	4
II. Abkürzungsverzeichnis	4
1. Einleitung.....	1
2. Methode	1
2.1 Aufbau der Module.....	1
2.1.1 SDS011 Feinstaubmessmodule mit NodeMCU ESP8266 Mikrocontroller	1
2.1.2 Tinkerforge PM Bricklet Module	3
2.2 Durchführung der Experimente	3
2.2.1 SDS011 Feinstaubmessgerät	3
2.2.2 Tinkerforge PM Bricklet.....	3
2.2.3 Experimente zum Vergleichen SDS011 und Tinkerforge PM Bricklet	5
3. Ergebnis.....	6
3.1 Bei lange Messungen	6
3.2 Verhalten bei extremen Situationen: hohe Luftfeuchtigkeit, hohe Staubgehalt von Wäsche, Sägespäne,	7
3.3 Technische Seite	7
3.3.1 Bei SDS011	7
3.3.2 Bei TKPMB	8
4. Diskussion.....	8
IV List of references.....	8
V Declaration of originality.....	9

I. Tabellenverzeichnis

II. Abkürzungsverzeichnis

TKPMB: Tinkerforge Particulate Matter Bricklet

PM: Particulate Matter / Feinstaub

1. Einleitung

Die Luftverschmutzung durch Feinstaub (Particulate Matter PM2.5, PM10) ist ein Hauptrisikofaktor für menschliche Kreislauferkrankungen. Laut einer Analyse der Daten aus 652 Städten weltweit, dass die Mortalität bei einem Anstieg der Feinstabbelastung direkt kurzfristig steigt [cite]. Wie können Völker selbst von diesem gesundheitsschädlichen Faktor schützen, dachten viele schon lange. Ein Lösungskonzept dafür ist, ein möglichst klein, günstig und praktisches Feinstaubmessgerät in Betrieb zu setzen. Hier in der Studie werden zwei Sensormodulen vorgestellt bzw. verglichen und die Frage, ob solch eines Konzept gut funktioniert, beantwortet.

2. Methode

2.1 Aufbau der Module

2.1.1 SDS011 Feinstaubmessmodule mit NodeMCU ESP8266 Mikrocontroller

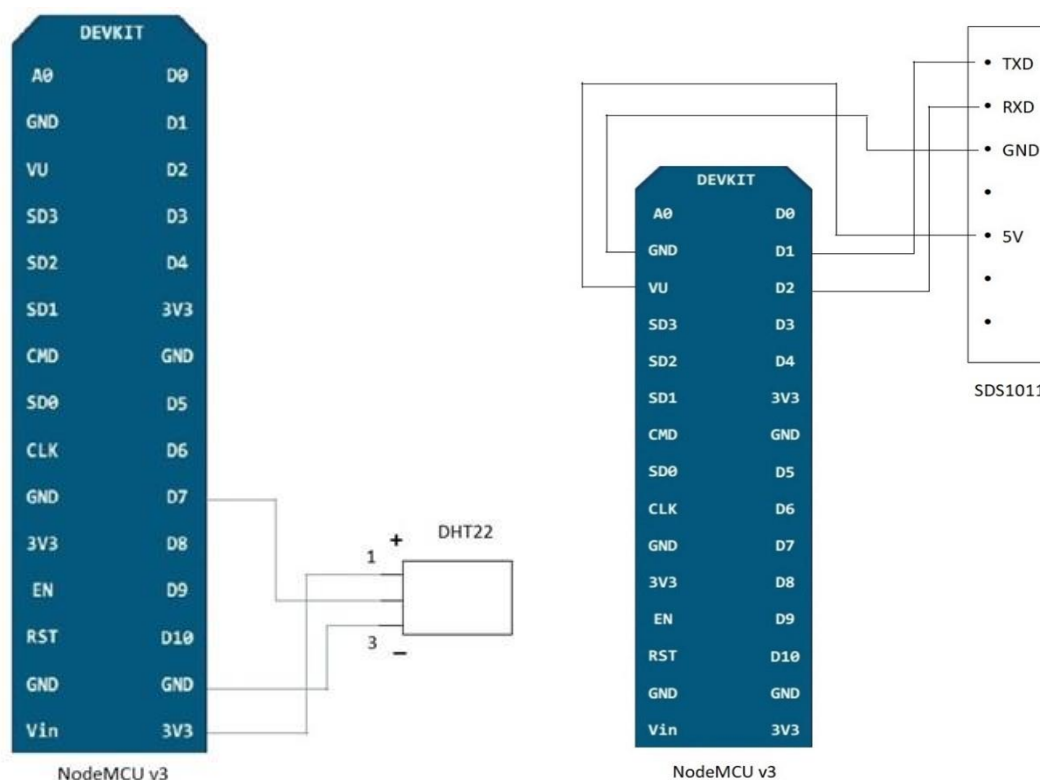


Abbildung 1. PIN-Einstellungen der Verknüpfung von NodeMCU ESP8266 mit SDS011 & DHT22 [cite]

Nach Anweisungen von [cite], der gesamte Aufbau der Module wurde durchgeführt und in Bilder dargestellt.

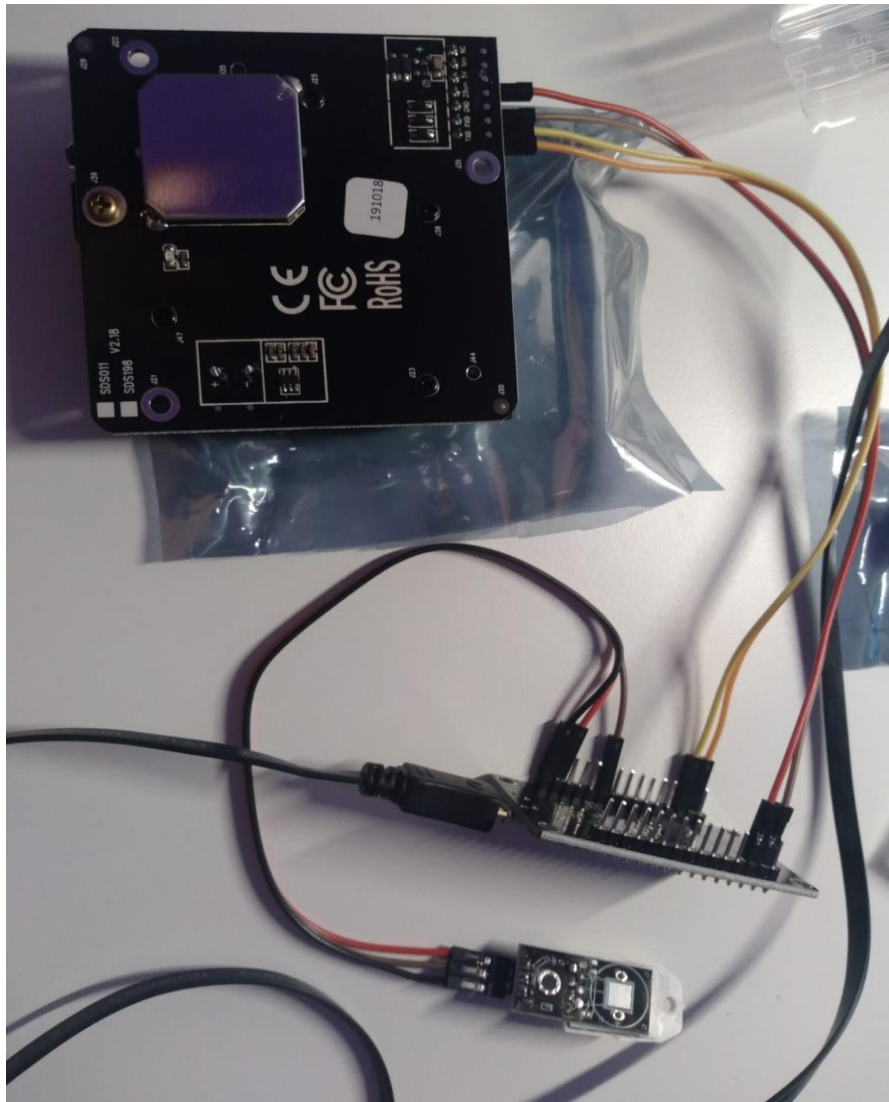


Abbildung 2. Verkabelung des Moduls



Abbildung 3. Gesamter Aufbau des Geräts mit Gehäuse

Eine Stromversorgung und eine WLAN-Einstellung sind gebraucht, um die Messstation in Betrieb zu setzen. [cite] Nach der Einstellung, Messdaten sind unter Madavi-API Webseite abrufbar. [cite]

2.1.2 Tinkerforge PM Bricklet Module

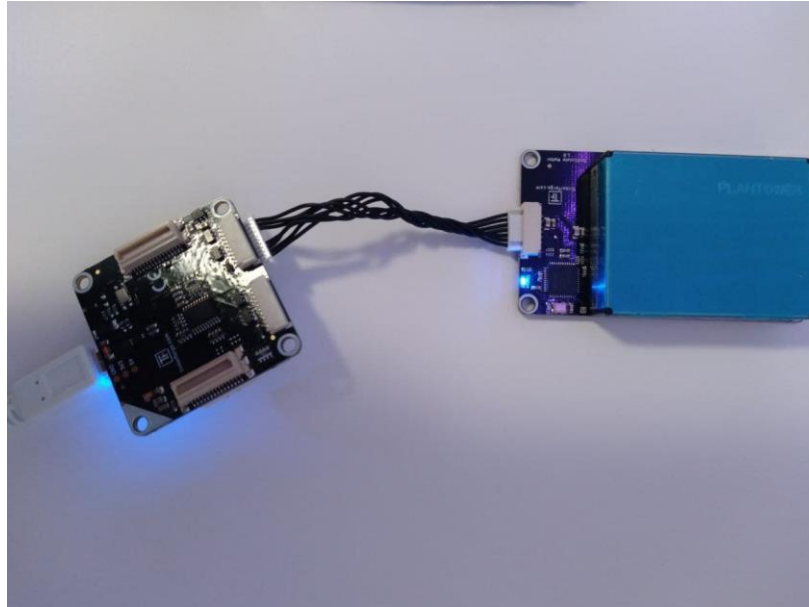


Abbildung 4. Tinkerforge PM Messungsmodule

Particulate Matters Bricklet (rechts) wurde mit dem Master Brick (links) verbunden und dann mit einem Anschluss zu einem PC.

2.2 Durchführung der Experimente

2.2.1 SDS011 Feinstaubmessgerät

Module SDS011 wurden in Nguyens und Les Wohnzimmer in Betrieb gesetzt. Daten werden mithilfe des python-Skripts/JupyterNotebooks beobachtet und gerechnet. Ein Modul wird in lange Zeit (ein paar Monate) in Betrieb gesetzt.

Manchmal ist der API-Server von Madavi nicht verfügbar. Eine Verbindung mit einer eigenen API-Server würde das Problem lösen. Einleitung über: <https://github.com/opendata-stuttgart/meta/wiki/APIs>

2.2.2 Tinkerforge PM Bricklet

Das Modul von Tinkerforge wurde parallel mit Modul SDS011 getestet. Aufgrund der aufwendigen Installation und des fehlenden Wifi-Erweiterungsmoduls musste das TPMB manuell an den PC angeschlossen werden, um zu funktionieren.

Dafür sind 2 Software obligatorisch: Brick Daemon, Brick Viewer. Herunterladenlink sind auf Tinkerforge Webseite zu finden. [cite]

Nach dem Verbinden in Brick Viewer Programm, Messdaten wurden mit Hilfe eines Python Skripts aufgenommen und in csv-Datei gespeichert. Nach dem ersten Mal wurde Bricklet mit Brick Viewer Software automatisch mit seinem Treiber installiert und weitere Verbindung ohne Brick Viewer sind zu funktionieren.

Ein Datenframe wurde dann mit „pandas“ hergestellt und mit „plotly dash“ in Diagramm dargestellt.

2.2.3 Experimente zum Vergleichen SDS011 und Tinkerforge PM Bricklet

Einstellungen:



Beide wurden nebeneinander eingestellt, die Luftansaugungen sind vorsichtig gemerkt, damit die Luftumgebung gleich für beide Sensoren war.

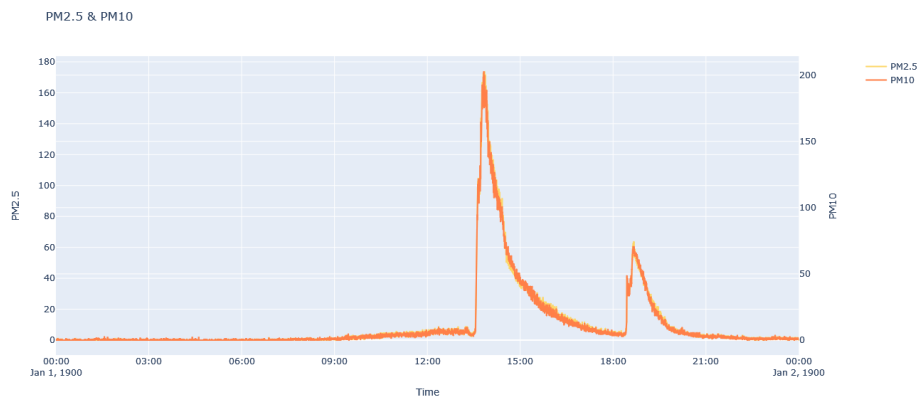
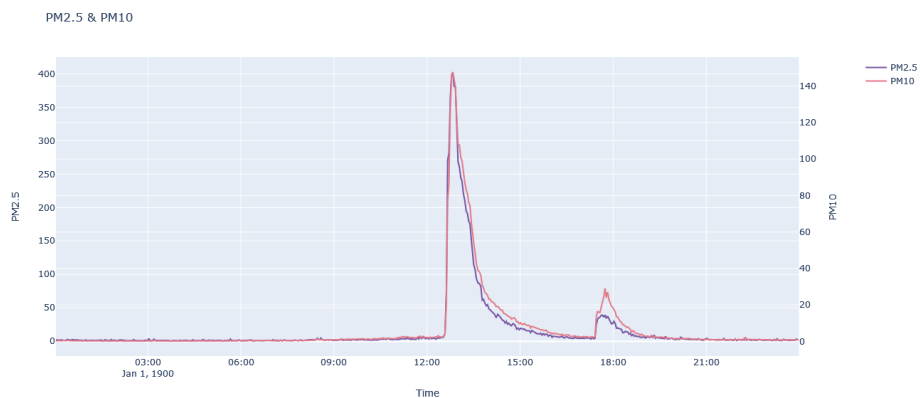


Abbildung . Messdaten von SDS011(oben) und TKPMB(unten)

3. Ergebnis

3.1 Bei lange Messungen

Die Grafike (Abbildung . oben) zeigt Ähnlichkeiten in der Form und legt fest, dass beide Sensoren im Wesentlichen die Änderung der Feinstaubkonzentration in der Luft widerspiegeln. Da die Messfrequenz von SDS langsamer als die von TK ist, ist die Datenlücke sehr groß (60 Zeilen in SDS011 im Vergleich zu 86399 Datenzeilen vom TK-Sensor). Der offensichtlichste Effekt ist, dass die Kurven im Diagramm für TKPMB im Allgemeinen glatter als für SDS011 sind. Außerdem weist der Mittelwert jedes Wertes von PM2,5 und PM10 auch einen ziemlich großen Unterschied auf. (In einem Tag bei TK: $\text{Mean}_{\text{PM}_{2.5}} = 10,3$, $\text{Mean}_{\text{PM}_{10}} = 11,67$, bei SDS011: $\text{Mean}_{\text{PM}_{2.5}} = 15,8$, $\text{Mean}_{\text{PM}_{10}} = 6,9$). Dies wirkt sich auf die nachfolgende Berechnung des Luftqualitätsindexwertes aus. Aber wenn wir uns die Daten von SDS011 ansehen, sehen wir, dass die Rückgabewerte eine höhere Genauigkeit haben (2 Zahlen nach dem Komma), dies deutet darauf hin, dass TKPMB zum gleichen Zeitpunkt der Messung den Wert 0 zurück gibt, (kein Staub erkannt), hat aber SDS011 einen Rückgabewert im Bereich 0-1 (0,xx).

Mittelwerte können mit der „mean-value“ von pandas extrahiert werden, um die durchschnittlichen Mengen von PM2,5 / PM10 in einem Zeitintervall zu berechnen. Daraus ist es möglich, den AQI (Air Quality Index)-Wert mit dem folgenden Algorithmus basierend auf der Interpolationsmethode zu ermitteln (Instant Cast Methode):

$$AQI = \left[\frac{(PM_{obs} - PM_{min})(AQI_{max} - AQI_{min})}{(PM_{max} - PM_{min})} \right] + AQI_{min}$$

PM_{obs} = beobachtete 24h Durchschnittskonzentration in $\frac{\mu g}{m^3}$

PM_{max} = maximale PM – Konzentration von AQI Farbengruppe, die PM_{obs} enthält

PM_{min} = minimale PM – Konzentration von AQI Farbengruppe, die PM_{obs} enthält

AQI_{max} = maximale AQI Wert von AQI Farbengruppe, die PM_{obs} enthält

AQI_{min} = minimale AQI Wert von AQI Farbengruppe, die PM_{obs} enthält

PM _{2,5} AQI scale							
Concentration: 0	12	35.5	55.5	150.5	250.5	350.5	500.5
AQI Range:	0..50	50..100	100..150	150..200	200..300	300..400	400..500

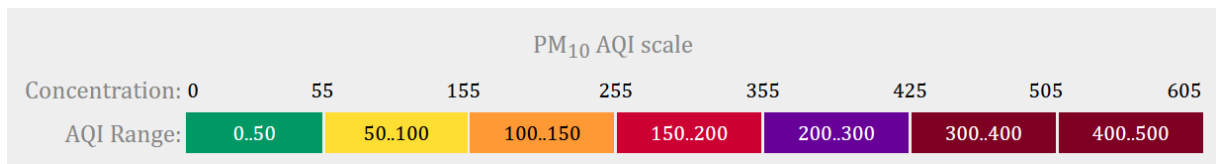


Abbildung . PM-Werte maßstäblich Air Quality Index Darstellung

Beispiel Rechnungen auf AQI-Werte:

24h AQI-Werte von PM2.5-Wert:

$$AQI_{TK} = \frac{(10,3 - 0)(50 - 0)}{12 - 0} + 0 = 43 \frac{\mu g}{m^3}$$

Entspricht **grüner Bereich** von AQI Wert

$$AQI_{SDS011} = \frac{(15,7 - 12)(100 - 50)}{35,5 - 12} + 50 = 57,8 \frac{\mu g}{m^3}$$

Entspricht **gelber Bereich** von AQI Wert

Gleichzeitig in einem Tag waren unterschiedliche Luftqualitätswerte zwischen beide Sensoren wahrgenommen, trotz des gleichartigen Verlaufs der Kurven.

Kurzfristig oder langfristig, es war die Datenmenge von SDS011-Sensors nicht viel im Vergleich zu der von Modul Tinkerforge. Wenn es einige Anomalien gab, würde eine hohe PM-Konzentration den Mittelwert negativ beeinflussen und es würde mehr Raum für Abweichungen geben. Bei anderer AQI Rechenmethode *NowCast wird AQI-Werte in naher Zukunft besser gerechnet, siehe <https://aqicn.org/faq/2015-03-15/air-quality-nowcast-a-beginners-guide/>

3.2 Verhalten bei extremen Situationen: hohe Luftfeuchtigkeit, hohe Staubgehalt von Wäsche, Sägespäne, ...

3.3 Technische Seite

3.3.1 Bei SDS011

Der Kit hatte mit einem Mikrocontroller NodeMCU ESP8266 mit WLAN Bindungsfähigkeit, es erleichtert den Prozess sehr und Zugriff auf Messdaten war einfach von API-Server erreichbar. In dem Studie wurde ein paar Problem mit der Verbindung mit dem Server passiert. Nämlich wenn API-Server nicht am Netz war, wurden keine Daten gespeichert, eine Lösung war selbst mit eigenem API-Server

verbinden (Hinweise siehe <https://github.com/opendata-stuttgart/meta/wiki/APIs>). Es wurde aber hier nicht durchgeführt.

3.3.2 Bei TKPMB

Für den Zugriff auf die Daten ist eine tiefergehende Codierung erforderlich. Selbst mit der Wifi-Master-Erweiterung auf Master Brick ist es auch nicht einfach, die Daten weiterzugeben, sondern benötigt Python-Code, um auf CSV-Dateien zu schreiben. Alle werden manuell durchgeführt und sind schwer zu warten, da hohe Programmierkenntnisse erforderlich sind. (API-Handling mit PHP, Daten in Datenbank mit mysql oder JavaScript in json-Dateien speichern, Python in csv-Dateien, ...).

4. Diskussion

Insgesamt ist der Zugriff auf die Daten des Moduls SDS011 mit Verbindung mit dem Mikrocontroller NodeMCU ESP8266 viel einfacher. Das zeigt ein hohes Potenzial für zukünftige Studien und Anwendungen mit entscheidender Bedeutung für Neueinsteiger wie Studenten oder Schulprojekte. Für Studien mit kleiner coding-Sitzung sind Echtzeit-Datenabrufe bei Modul TKPMB implementiert, eine Beispiel „callback“ Funktionen in python für TKPMB Module ist im Anhang zu finden. Aber für weitere Implementierung ist noch mehr benötigt (WLAN-Erweiterung, Mikrocontroller mit Operationssystem Einstellung, ...).

IV List of references

Liu, Cong; Chen, Renjie; Sera, Francesco; Vicedo-Cabrera, Ana M.; Guo, Yuming; Tong, Shilu et al. (2019): Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. In *New England Journal of Medicine* 381 (8), pp. 705–715. DOI: 10.1056/NEJMoa1817364.

V Declaration of originality

We hereby declare that this term paper and the work reported herein was composed by and originated entirely from us. Information derived from published and unpublished work of other has been acknowledged in the text and references are given in the list of references.

22.11.2021

Unterschrift