

Hausarbeit

Feinstaubmessstation, ein Proof of concept Modulaufbau

Duy Nguyen

Feinstaubsgruppe: Duy Nguyen, Ferris Fensky, Dennis Dick

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	2
1 Feinstaubmessstation	3
1.1 Verfügbare Feinstaubmessgeräte im Markt	3
1.2 Theoretischer Aufbau eines Konzeptes zum Feinstaubmessung	3
1.2.1 Feinstaubmessmodul	3
1.2.2 Gesamtes Messstation im Überblick	4
1.3 Schlussfolgerung	6
Literatur	7
Eigenständigkeitserklärung	8

Abbildungsverzeichnis

1	Nova Fitness SDS011 Feinstaubmessmodul (Inovafitness, 2020)	3
2	Aufbauschema Feinstaubmessmodul	4
3	Gesamtes Schema der Messstation	4
4	BPX61 Fotodiode mit ihrem spektralen Bereich	5
5	Innenaufbau von SDS011 (The World Air Quality Index, 6/20/2021)	6

Tabellenverzeichnis

1 Feinstaubmessstation

Ein "Proof of concept" wird in diesem Abschnitt vorgestellt und bewertet, ob es ein möglich günstig und praktisches Konzept gibt, mit dem man selbst durch Aufbau eines Messgeräts die Feinstaubbelastung in seiner Umgebung beobachten könnte. Idee ist beruhend auf Lichtstreuungsprinzip. Eine Lichtquelle (Laser oder LED) und eine Fotodiode sorgt dafür, dass die Feinstaubpartikeln, die durch eine Messzelle fliehen, erkennbar werden. Folgendes sollten die verfügbare Feinstaubmessgeräte, den theoretischen Aufbau eines Konzeptes mit Bauteilen bzw. Kosten, und eine Schlussfolgerung präsentiert werden.

1.1 Verfügbare Feinstaubmessgeräte im Markt



Abbildung 1: Nova Fitness SDS011 Feinstaubmessmodul (Inovafitness, 2020)

Seit 2015 stellt Nova Fitness (ein chinesisches Unternehmen von Shandong) die SDS011 - Feinstaubmessmodul her. Damit kann man direkt mit einem Mikrokontroller verbunden und die Messwerte auslesen. Ein Konzept wurde damit von Open Knowledge Foundation Stuttgart aufgebaut, das Projekt heißt Sensor.Community. Gleichzeitig mit Feinstaubmessung vom Modul SDS011, werden Temperatur und Luftfeuchtigkeit durch das Modul DHT22 gemessen, optional werden alle mögliche Sensor z.B SD18B20, BME280 (Luftfeuchtigkeit/-druck Sensor) mit Hilfe vom Mikrokontroller NodeMCU ESP8266 betrieben. Nach der Verbindung mit dem eingestellten Mikrokontroller ist die Messdaten zu einem API geschickt und jeder Zeit aufrufbar. Da sind noch mehrere Studien, die über die Möglichkeit von Aufbau eines kostengünstigen Feinstaubsensor diskutierten. z.B Modul Shinyei PPD42NS (Austin et al., 2015, Holstius et al., 2014, Gao et al., 2015)

1.2 Theoretischer Aufbau eines Konzeptes zum Feinstaubmessung

1.2.1 Feinstaubmessmodul

Hier wollen wir das SDS011 Modul durch einfaches Konzept ersetzen und ein gesamtes System von Anfang bis Ende aufbauen. Basiert auf Lichtstreuungsprinzip, die Feinstaubmessmodul wird wie in folgende Abbildung vorgestellt.

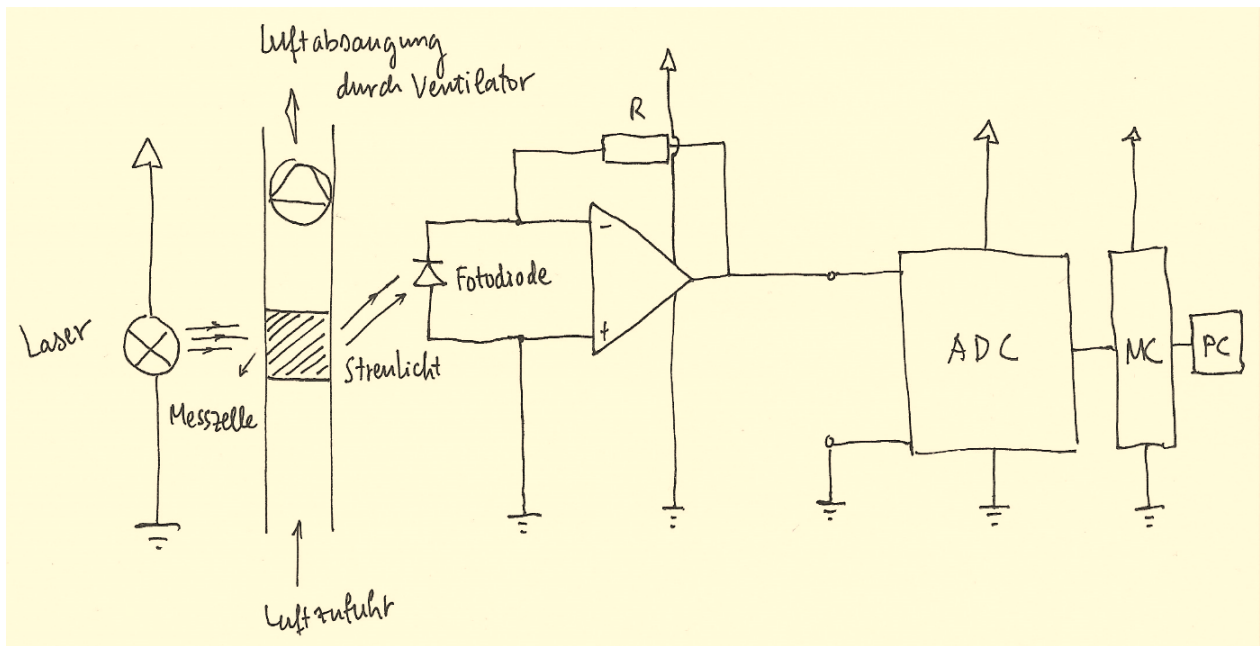


Abbildung 2: Aufbauschema Feinstaubmessmodul

1.2.2 Gesamtes Messstation im Überblick

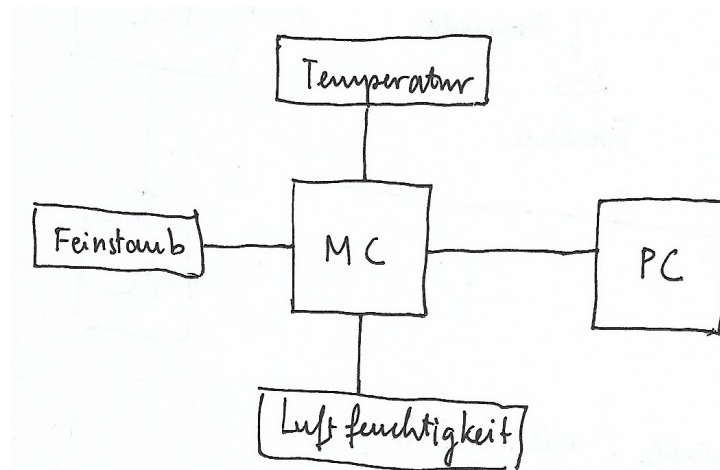


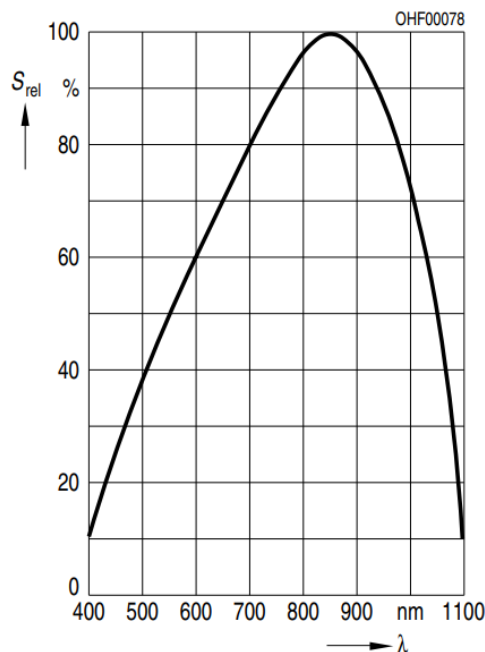
Abbildung 3: Gesamtes Schema der Messstation

Wir sollten bei der Messung von Feinstaub mit billigen elektrischen Sensoren auf einige Probleme stoßen, nämlich Feuchtigkeit und Temperatur. Studien zeigen, dass eine hohe Luftfeuchtigkeit die Qualität der Feinstaubmessungen beeinflusst (Bernd Laquai, 2017). Kleine Wassertröpfchen können eine Menge an Stoffen aufnehmen, die größer sein kann als die Größe der Partikel, die wir messen möchten. Es gibt Lösungen, dass wir die Luftströme vor der Messung aufheizen können, aber das ist für einen billigen kleinen Luftverschmutzungssensor nicht relevant. An dieser Stelle kann ein weiterer Feuchtesensor helfen, der als Koeffizient mitspielen und das Ergebnis korrigieren würde. Das passiert

meistens bei regnerischem Wetter, aber an warmen Tagen gibt es auch Probleme mit dem Lichtdetektor in unserem Modul. Diese Fotodiode ist empfindlich bei hohen Temperaturen und verzerrt die Ausgabe. Dieselbe Lösung mit Temperaturkoeffizient kann verwendet werden. Da es mit den Korrekturfaktoren arbeitet, sollten wir das System nicht dort einsetzen, wo extreme Schwankungen auftreten können (wie Wetter im Freien).

Für dieses Projekt wird der Fotodiode BPX61 gewählt, weil hohe Reaktionsgeschwindigkeit gebraucht wird (Einkauf: Conrad, 8/31/2021, Datenblatt: OSRAM, 2014). Die Fotodiode hat eine relativ spektrale Empfindlichkeit von 400nm bis 1100nm. Hier können wir viele verschiedene Variablen mit der Lichtreichweite ausprobieren, Laser ist eine gute Option, weil er eine gute Lichtintensität und ein stabiles gerades Licht bei 650nm Wellenlänge hat, aber viele LEDs haben heutzutage auch eine gute Qualität, um die Arbeit zu erledigen, und sie sind in vielen Farben wie Grün erhältlich (550nm Lichtwelle) zB grüne LED. (Einkaufslink: Amazon, 8/29/2021, Datenblatt: Alldatasheet, 8/28/2021). Das ist eines der Experimente, die wir machen können, um zu testen, welches Licht die besseren Ergebnisse liefert.

Relative Spectral Sensitivity
Relative spektrale Empfindlichkeit
 $S_{rel} = f(\lambda)$



(a) BPX61. Spektraler Bereich der Fotoempfindlichkeit (OSRAM, 2014)



(b) BPX61 Fotodiode (Conrad, 8/31/2021)

Abbildung 4: BPX61 Fotodiode mit ihrem spektralen Bereich

Das Gehäuse von dem Feinstaubmessmodul wird ähnlich wie SDS011 gebaut.

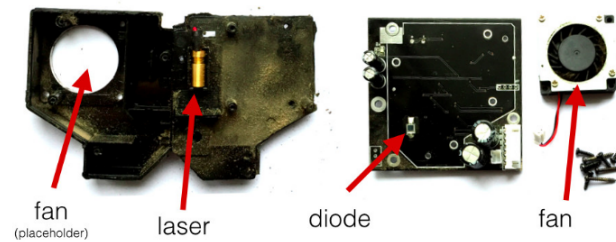


Abbildung 5: Innenaufbau von SDS011 (The World Air Quality Index, 6/20/2021)

Für die Temperatur haben wir den PT100-Sensor, der bereits im ersten Abschnitt vorgestellt wird. Ein weiterer zusätzlicher Temperatursensor ist mit dem Feuchtigkeitssensor DHT22 (Einkaufslink: (Amazon, 2021), Datenblatt: (AZ Delivery, 2021)) eingebaut, der insgesamt als guter Vergleich dienen kann, um die Leistung des PT100-Temperatursensors zu testen. Natürlich ist es nicht notwendig, eine PT100-Schaltung zu bauen, da es komplizierter wird, als wir benötigen (Verstärker INA333, ADC MAX11164 und die Drähte und Widerstände). Nachdem wir alle Sensoren mit ihrer Ausgangsspannung bereits eingestellt haben, sind alle dann mit dem Mikrocontroller NodeMCU ESP8266 verbunden. Der hat ein WLAN-Modul, dass die Daten über eine einfache Netzwerkeinrichtung an unsere API weitergeben und in Datenbank gespeichert werden können.

1.3 Schlussfolgerung

Insgesamt ist dies ein sehr einfaches Konzept, das leicht austauschbare Komponenten hat und nicht schwer zu bauen ist (geschätzte Zeit 2 Stunden). Alle Komponente sind für unseren Temperaturbereich geeignet und nutzen meistens die Spannungsversorgung von 5V (von Laser KY-008 bis zu Mikrokontroller). Bei der Feuchtekompensation ist zu erwähnen, dass das Feinstaubmessmodul bei Regenwetter mit Kondenswasser befüllt werden kann. Das kann behoben werden, wenn wir das Modul gut genug mit Wasserisolierung bauen und die Luftströme von den elektrischen Komponenten getrennt werden müssen. Bei weiteren Recherchen muss immer daran erinnert werden, dass die Temperatur Auswirkungen auf der Fotodiode hat, und das nicht linear zu berechnen ist. Gleiches gilt für die Luftfeuchtigkeit.

Der Preis ist nicht ganz klar, um zu entscheiden, dass wir für einen so kleinen Einkauf nicht alle Komponenten auf der Liste bekommen konnten, aber er ist günstig und erschwinglich. Mit einigen Programmierkenntnissen können wir die Daten vom Mikrokontroller an eine API übergeben und interessante Analysen in Echtzeit durchführen.

Literatur

- Alldatasheet. (8/28/2021). GL5516 Datasheet ETC2 | Photoresistor. <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1131892/ETC2/GL5516/461/4/GL5516.html>
- Amazon. (2021). AZDelivery DHT22 AM2302 Temperatursensor und Luftfeuchtigkeitssensor kompatibel mit Arduino und Raspberry Pi inklusive E-Book! : Amazon.de: Computer & Zubehör. https://www.amazon.de/AZDelivery-AM2302-Temperatursensor-Luftfeuchtigkeitssensor-Arduino/dp/B06XF4TNT9/ref=sxin_13_ac_d_rm?ac_md=0-0-ZGh0Mjl%3D-ac_d_rm_rm_rm&cv_ct_cx=dht22&dchild=1&keywords=dht22&pd_rd_i=B06XF4TNT9&pd_rd_r=b9b3280e-6962-4bf8-b408-e6a18e6ad2ee&pd_rd_w=azvqS&pd_rd_wg=v2qwS&pf_rd_p=d7022e5d-d98a-48af-b540-ab9d3c0ad7eb&pf_rd_r=H4GJ4GMM5798BECH9SVV&psc=1&qid=1629999132&sr=1-1-fe323411-17bb-433b-b2f8-c44f2e1370d4
- Amazon. (8/29/2021). Lumetheus LED 5mm Farbe grün 50000 mcd 25 Stück Leuchtdiode extra hell 3V grüne Diode 2 Pin LEDs : Amazon.de: Gewerbe, Industrie & Wissenschaft. https://www.amazon.de/Lumetheus-Farbe-50000-St%C3%BCck-Leuchtdiode/dp/B07RRBKVSR/ref=sr_1_12?__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=gr%C3%BCn+led&qid=1630176103&sr=8-12
- Austin, E., Novosselov, I., Seto, E. & Yost, M. G. (2015). Correction: Laboratory Evaluation of the Shinyei PPD42NS Low-Cost Particulate Matter Sensor. *PLOS ONE*, 10(10), e0141928. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141928>
- AZ Delivery. (2021). DHT22/AM2302 Temperature and Humidity Sensor Datasheet. <https://media-amazon.com/images/I/D1Z25gUvJSS.pdf>
- Bernd Laquai. (2017). *Kompensation des Feuchte-Effekts bei Low-Cost Feinstaubsensoren-Sensoren nach dem Streulichtverfahren*. https://www.researchgate.net/publication/320289961_Kompensation_des_Feuchte-Effekts_bei_Low-Cost_Feinstaubsensoren-Sensoren_nach_dem_Streulichtverfahren
- Conrad. (8/31/2021). OSRAM Fotodiode TO-39 1100 nm 55 ° BPX 61 kaufen. <https://www.conrad.de/de/p/osram-fotodiode-to-39-1100-nm-55-bpx-61-153122.html>
- Gao, M., Cao, J. & Seto, E. (2015). A distributed network of low-cost continuous reading sensors to measure spatiotemporal variations of PM2.5 in Xi'an, China. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 199, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.013>
- Holstius, D. M., Pillarisetti, A., Smith, K. R. & Seto, E. (2014). *Field calibrations of a low-cost aerosol sensor at a regulatory monitoring site in California*. <https://doi.org/10.5194/amtd-7-605-2014>
- Inovafitness. (2020). Laser PM2.5 Sensor–SDS011. <http://inovafitness.com/en/a/chanpinzhongxin/95.html>
- OSRAM. (2014). BPX-61 Datenblatt. <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/gl/000153122DS01/datenblatt-153122-osram-fotodiode-to-39-1100-nm-55-bpx-61.pdf>
- The World Air Quality Index. (6/20/2021). The SDS011 Air Quality Sensor experiment. <https://aqicn.org/sensor/sds011/>

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich den vorliegenden Bericht selbstständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Alle Passagen, die ich wörtlich aus der Literatur oder aus anderen Quellen wie z. B. Internetseiten übernommen habe, habe ich deutlich als Zitat mit Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

31. August 2021

Duy Nguyen