

Workshop

Bouw je eigen fijnstofmeter

19 februari 2019

Dienst Lucht, Antwerpen

Overzicht

▶ Inleiding

- Luchtkwaliteit en fijn stof
- VAQUUMS
- Eerste resultaten TNO-testen
- Burgerinitiatieven

▶ Hoe werkt een PM-sensor?

▶ Hoe meet de VMM fijn stof?

▶ Hoe bouw ik een fijnstofmeter?

▶ Zelf aan de slag

Luchtkwaliteit

Lucht bevat gassen en deeltjes

► Gassen

- Lucht bestaat vooral uit zuurstof- en stikstofgas
- Het zijn de kleine hoeveelheden van andere gassen die (samen met fijn stof) de luchtkwaliteit bepalen
 - × Bv. stikstofdioxide (NO_2)

► Fijn stof

- Verzamelterm voor zeer kleine deeltjes die in lucht zweven
- *Particulate matter* (PM)
 - × Bv. roet: onderdeel van fijn stof (zwarte koolstof, *black carbon*, BC)

Fijn stof

Indeling van stofdeeltjes volgens...

► Grootte

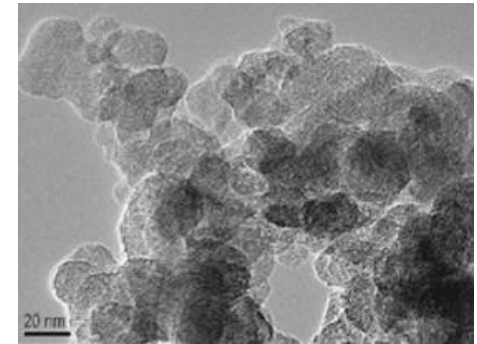
- PM_{10} : kleiner dan $10\ \mu m$
- $PM_{2,5}$: kleiner dan $2,5\ \mu m$
- $PM_{0,1}$: kleiner dan $0,1\ \mu m$

► Oorsprong

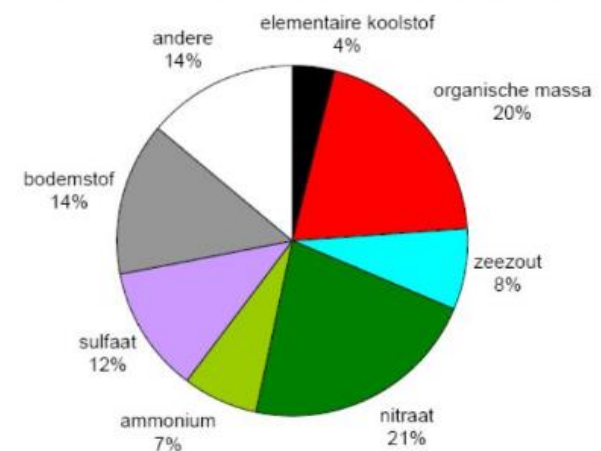
- Primair: rechtstreeks uitgestoten
- Secundair: ontstaat na reacties in atmosfeer

► Samenstelling

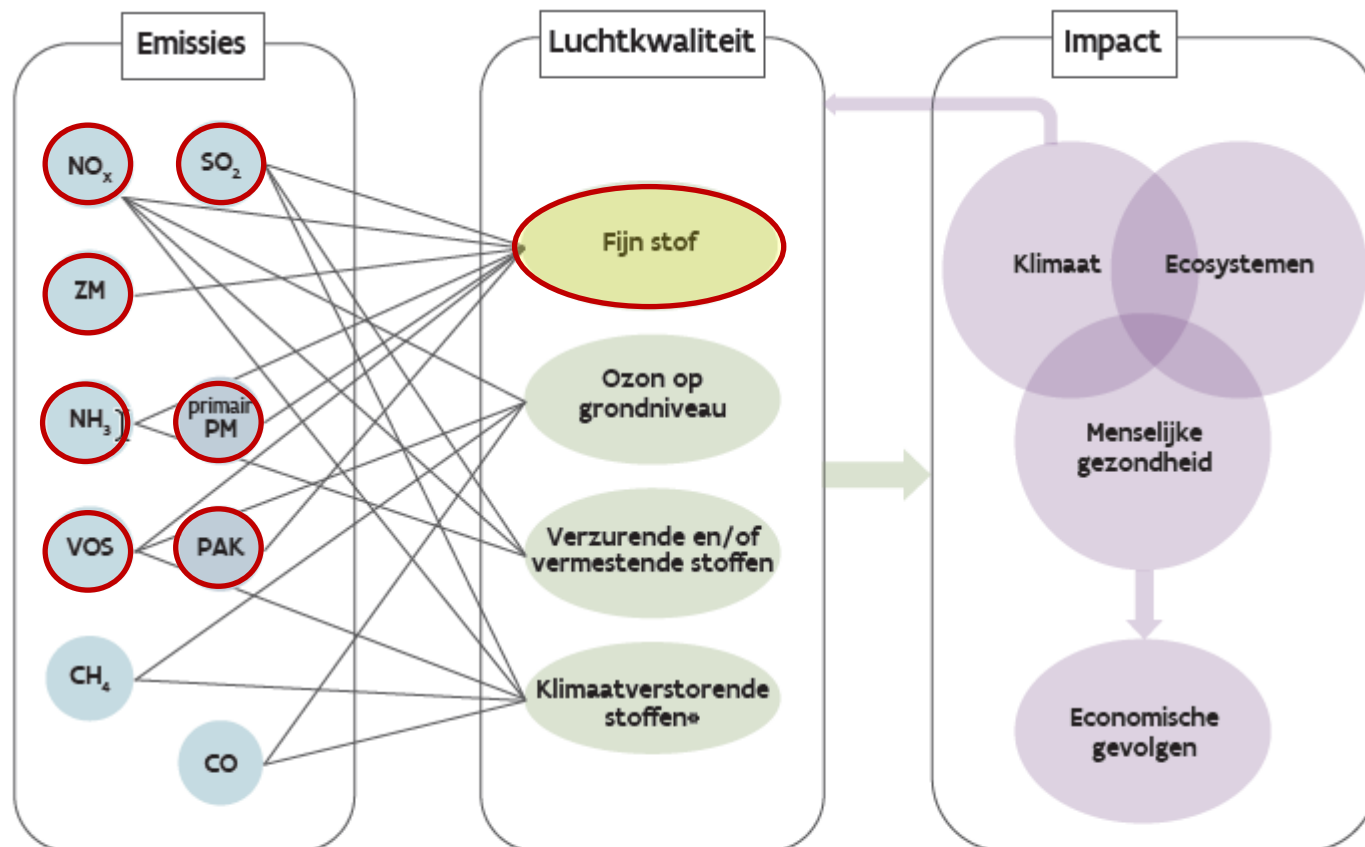
- Secundaire anorganische ionen
- Organische deeltjes
- Mineraal stof
- Zeezout
- Roet



Karthik et al. (2017)



Luchtkwaliteit en fijn stof



NO_x : stikstofoxiden, SO_2 : zwaveldioxide, ZM: zware metalen, NH_3 : ammoniak, PM: fijn stof, VOS: (niet-methaan) vluchtige organische stoffen, PAKs: polycyclische aromatische koolwaterstoffen, CH_4 : methaan, CO: koolstofmonoxide

*: Hiermee bedoelen we atmosferische stoffen die de energiebalans van de atmosfeer beïnvloeden op een tijdschaal die veel korter is dan voor CO_2 ('short-lived climate forcers'), zoals zwarte koolstof, aerosol en troposferische ozon

VAQUUMS



VAQUUMS

Various Assessments of air QUality Measurement methods and their policy Support

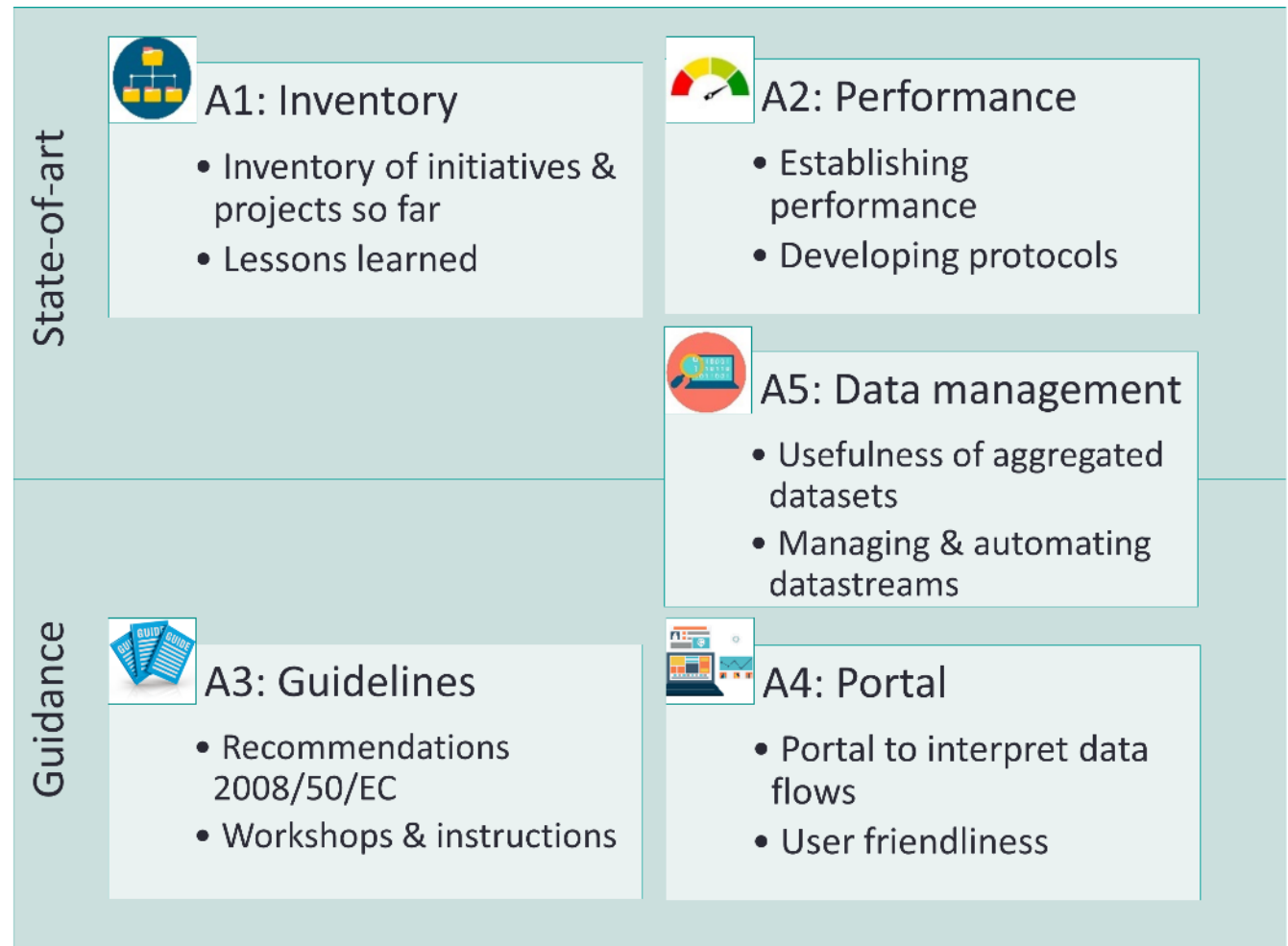


Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

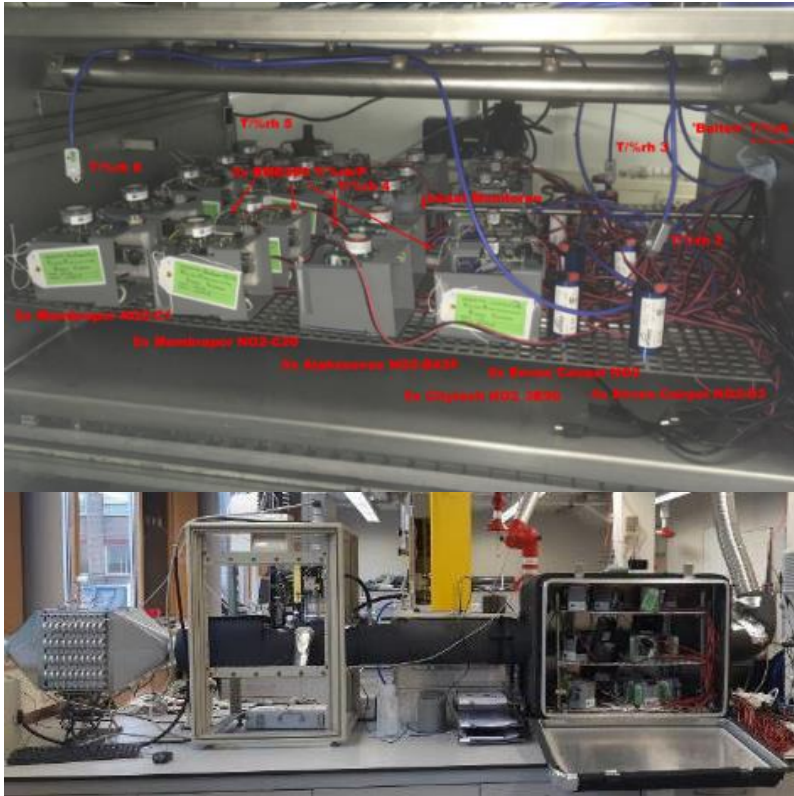


TNO innovation
for life

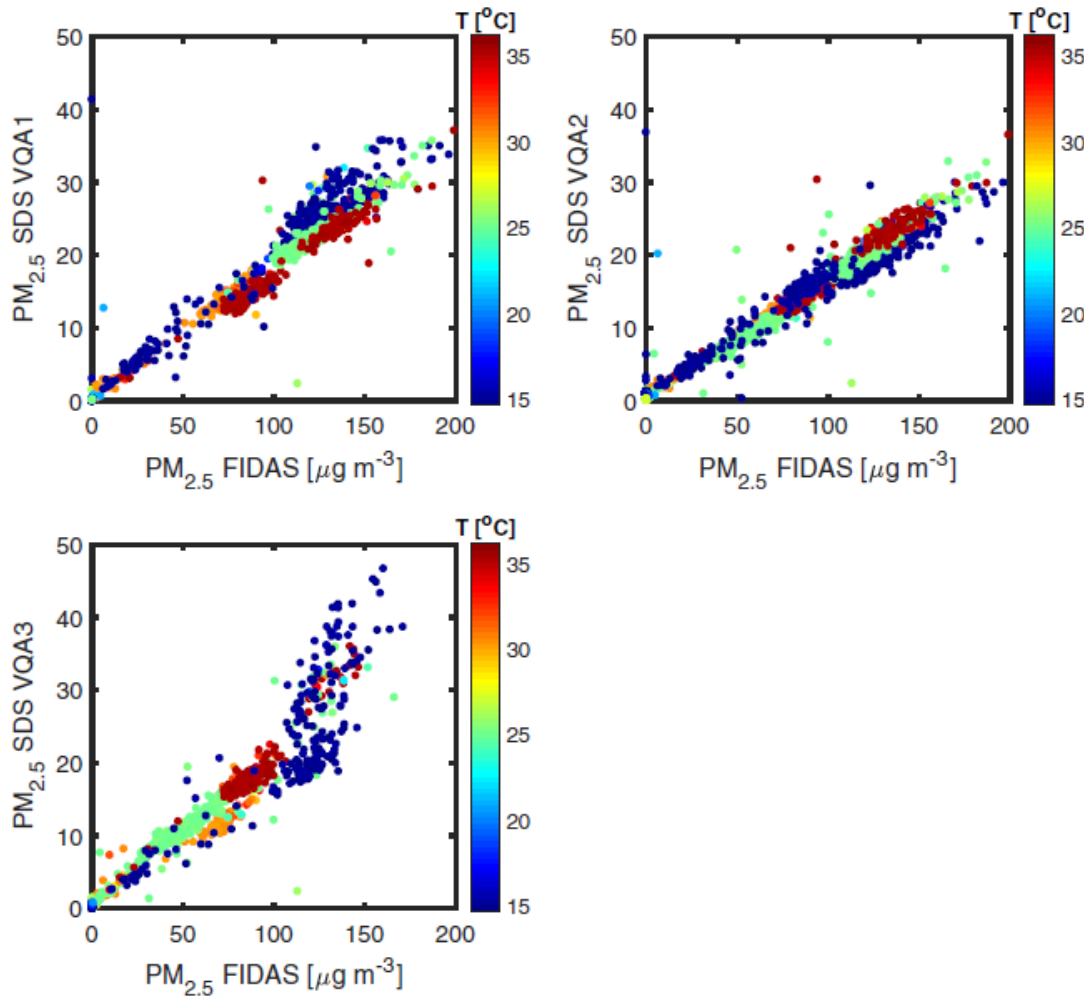
VAQUUMS



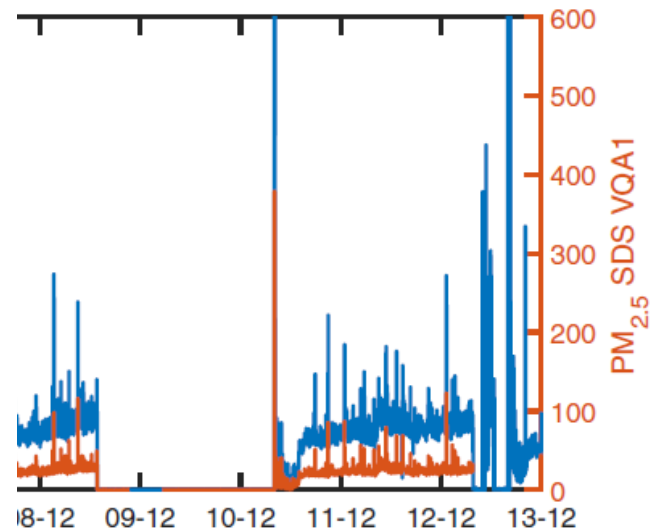
VAQUUMS



VAQUUMS: Eerste resultaten



Fitness SDS011



Measurement methods and their policy Support

Burgerinitiatieven

Gentenair in het kort

Gentenair.be informeert sinds november 2018 over luchtkwaliteit, met bijzondere aandacht voor de Gentse regio. Naast actuele metingen vind je er resultaten van recente meetcampagnes. Gentenair biedt je ook de kans om zelf te meten, bv. met een fijnstofsensor. Gentenair is een initiatief van vrijwilligers, ondersteund door **Gents MilieuFront**.

Informatie



Wat zit er in de lucht die we inademen? Is fijn stof enkel afkomstig van verkeer? En hoe maken we de lucht schoner? Lees meer over oorzaken en gevolgen van luchtverontreiniging en mogelijke maatregelen.

Resultaten



Waar wordt de luchtkwaliteit gemeten in Gent? Hoeveel roet is er in mijn buurt? Bekijk de resultaten van metingen en modellen, afkomstig van sensoren, projecten en de overheid.

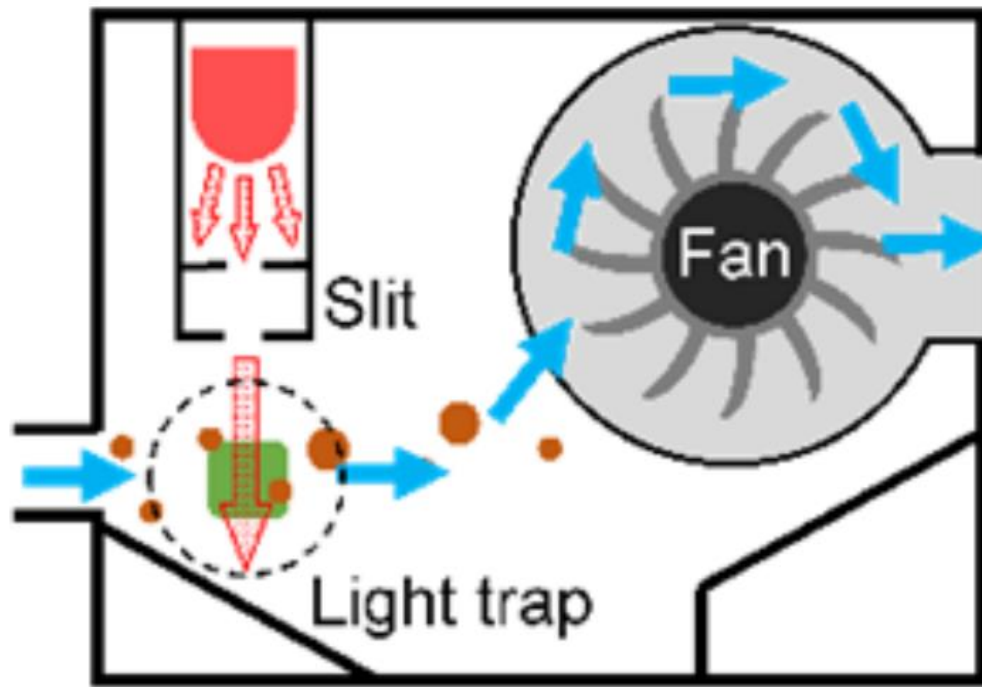
Zelf meten



Wil je zelf de luchtkwaliteit meten? Kom naar een workshop en bouw een meettoestel voor fijn stof. Je kunt ook een toestel lenen voor mobiele metingen.

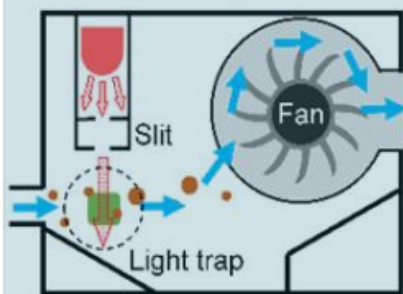
Hoe werkt een goedkope PM-sensor?



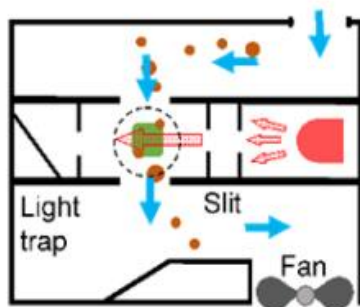


Meer deeltjes = meer verstrooiing
= meer **licht** op de detector (diode)

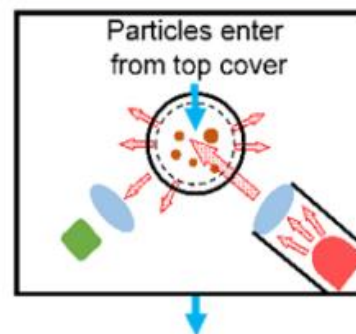
**Novafitness SDS011
(SDS0)**



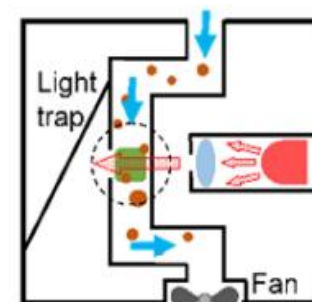
**Winsen ZH03A
(ZH03)**



**Sharp GP2Y1010AU0F
(GP2Y)**



**Honeywell HPM115S0-XXX
(HPMA)**



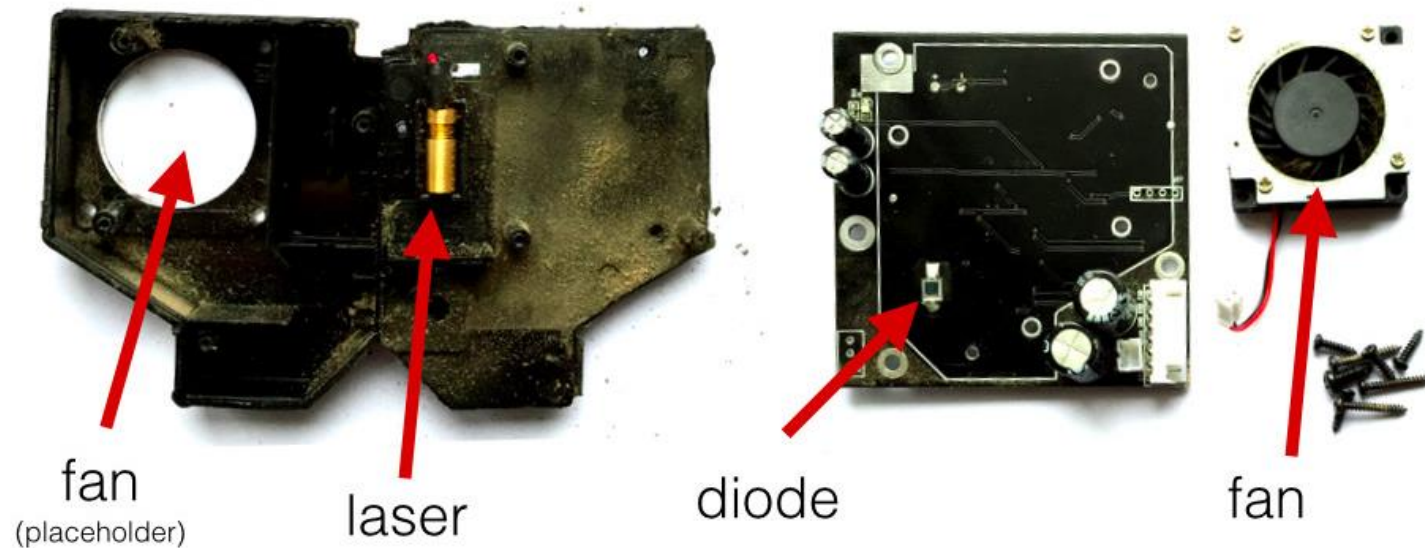
■ Photodetector ■ Light source ● Lens → Air and particle flow ● Particle

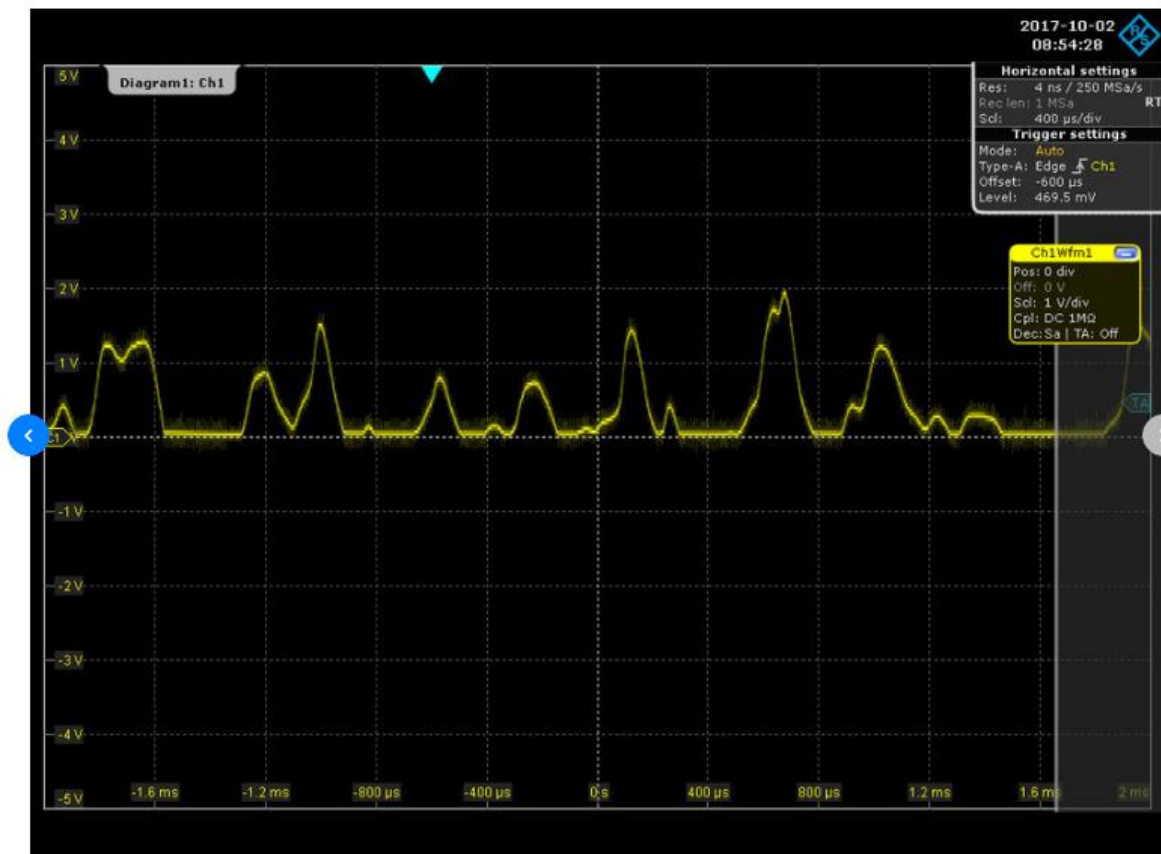
Voltage >> concentratie

SDS011

Optische PM-sensor

- Levensduur laser diode tot 8000 uren
- Deeltjes met diameter 0,3 - 10 μm (?)



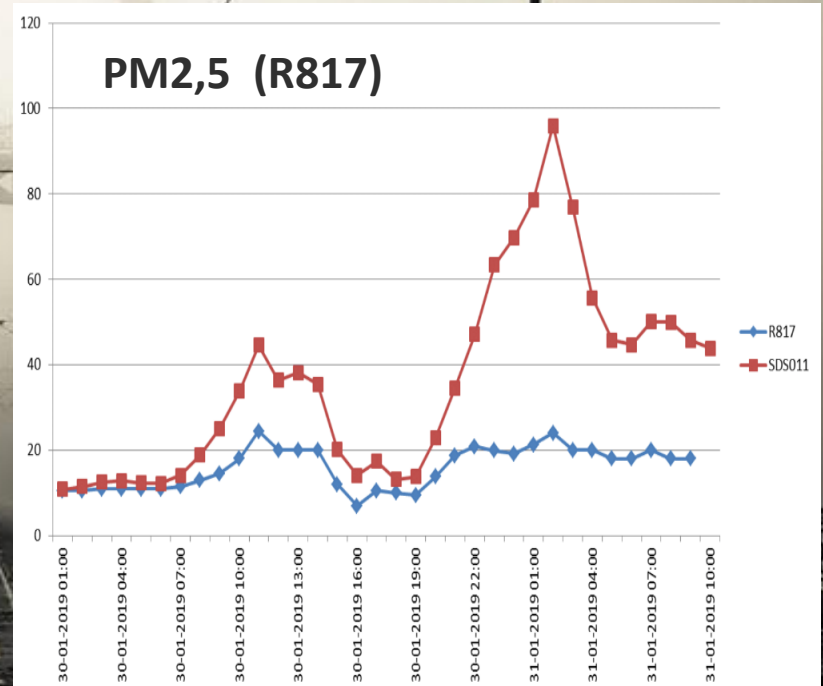
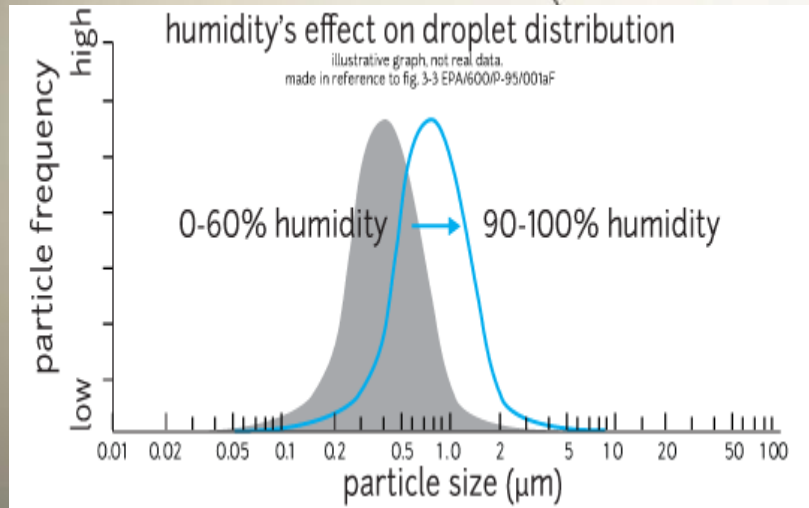


The TIA output signal as a reaction of the sensor being exposed to the smoke of a soldering iron

Hoogte/breedte pulsen + aantal pulsen > ?? > concentratie

Theorie: Aantal per grootte x dichtheid (massa) >> concentratie

- >> deeltjes krijgen watermantel (detector overschat)
- >> mistdruppels (detector meet mist i.p.v. deeltjes)



SENSOR gaat “de mist in”

Hoe werkt een PM-sensor?

Item	Specification
Measurement parameters	PM _{2.5} , PM ₁₀
Measuring range	0.0–999.9 µg/m ³
Input voltage	5 V
Related current	70 mA ± 10 mA
Sleep current	< 4 mA (lase and fan sleep)
Response time	1 s
Serial data output frequency	1 Hz (1 time/s)
Minimum resolution of particle	0.3 µm
Counting yield	70% @ 0.3 µm, 98% @ 0. n5 µm
Relative error	Maximum of ± 15% and ±10 µg/m ³
Temperature range	Storage environment: –20–+60 °C; work environment: –10–+50 °C
Humidity range	Storage environment: max. 90%; work environment: max. 70%
Air pressure	86 KPa–110 KPa
Product Size	L × W × H = 71 × 70 × 23 mm
Appropriate price	€16/piece
Appropriate weight	50 g
Service life	Up to 8000 h
Certification	CE/FCC/RoHS

Telstatistiek !

- ▶ Stel $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met enkel deeltjes van $10 \mu\text{m}$ (theorie !)
- ▶ Bij dichtheid $1 \text{ g}/\text{cm}^3 \gg$ ca. 20 deeltjes per L
- ▶ Flow SDS011 is 0,1 L/min
- ▶ ca. 2 deeltjes per min
- ▶ Sensor geeft meetwaarde per seconde !
- ▶ Zeer grote onzekerheid op grotere deeltjes ($> 2,5 \mu\text{m}$)
- ▶ **“PM2,5 sensor”**

Referentietoestel vs. goedkope sensor

	Reference Monitors	Low-Cost Sensors
Typical Purchase Cost Range	\$15,000 to \$50,000	\$100 to \$2500
Operating Expense	Expensive	Inexpensive
Siting Location	Fixed Location (building/trailer needed)	Portable (basic weather shielding)
Staff Training	Highly trained technical staff	Little or No Training
Data Quality	Known and consistent quality in a variety of conditions	Unknown and may vary from sensor to sensor and in different weather conditions
Operating Lifetime	10+ Years (calibrated and operated to maintain accuracy)	Short (1 year) or Unknown (may become less sensitive over time)
Used for Regulatory Monitoring?	Yes	No

https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/collocation_instruction_guide.pdf

Hoe meet de VMM fijn stof?

- ▶ **Europese referentiemethode voor PM_{10} en $PM_{2,5}$**
 - Stof aanzuigen op een filter gedurende 1 dag
 - Filter wordt gewogen vóór en na monsterneming

- ▶ **Continue automatische monitoren**
 - Real-time resultaten voor bevolking
 - Diverse meetprincipes, waaronder optisch (bv. FIDAS)
 - Interne omrekening van deeltjesaantal- en grootte naar massaconcentratie
 - Kalibratiefactoren op basis van vergelijking met referentiemethode

Vergelijkende metingen

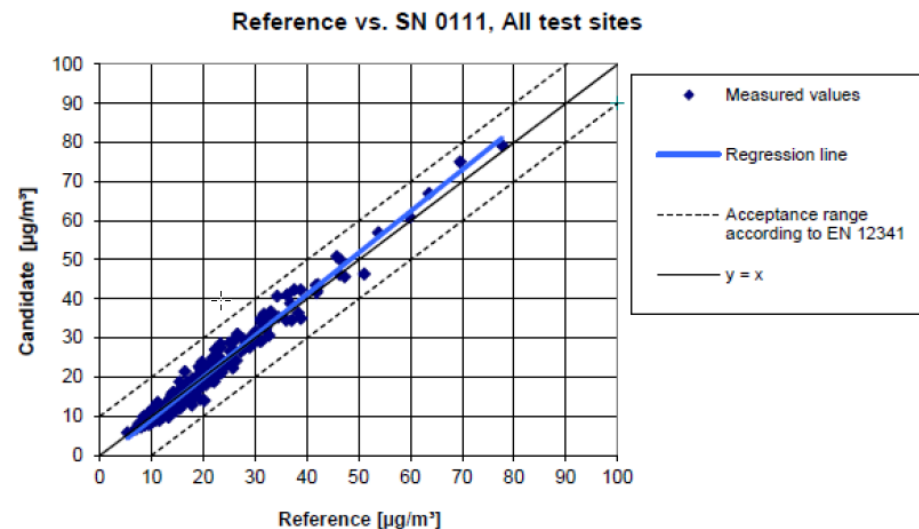
EU *type-approval* door TÜV labo- en veldtest

► Veldtest

- Op minstens 2 locaties
- Zomer en winterperiode
- Minimum 40 valide daggemiddelden per periode
- 20% van daggemiddelden > limietwaarde ($50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$)

► Uitgebreide onzekerheid uit testen

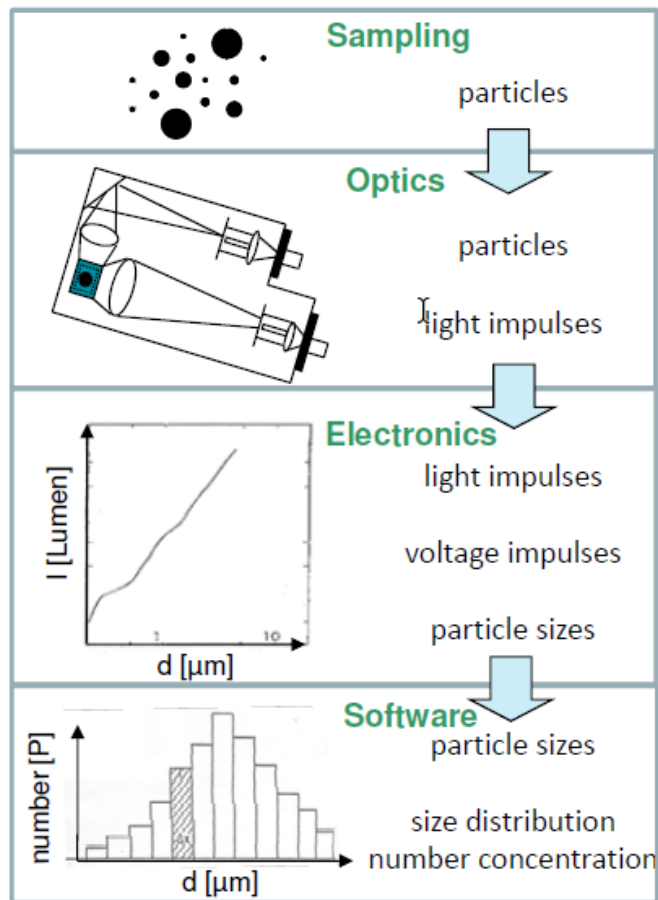
- $\text{PM}_{2,5}$: 10,2 %
- PM_{10} : 7,2 %
- (25 % is toegestaan)



Schema meting FIDAS

PM-monitor met optisch meetprincipe

+ droger !



particles of different sizes



optical illustration of a measuring volume as well as the scattered light intensity of a single particle

(T-aperture: no border zone error, coincidence detection)



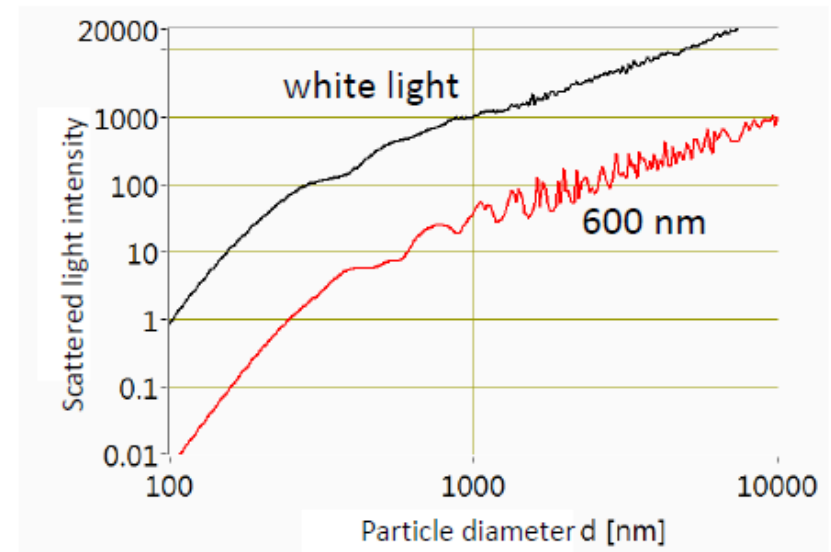
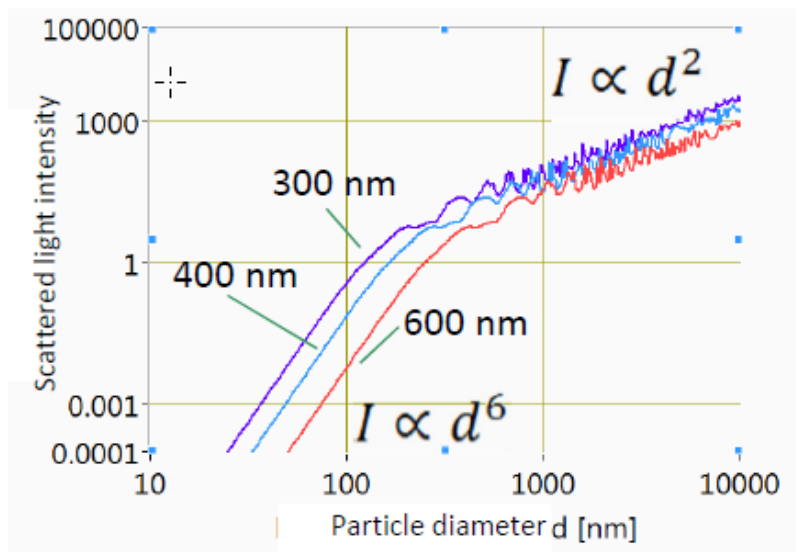
determination of particle size by allocation of the scattered light signal to the particle diameter via an unambiguous calibration curve and measurement of the signal number



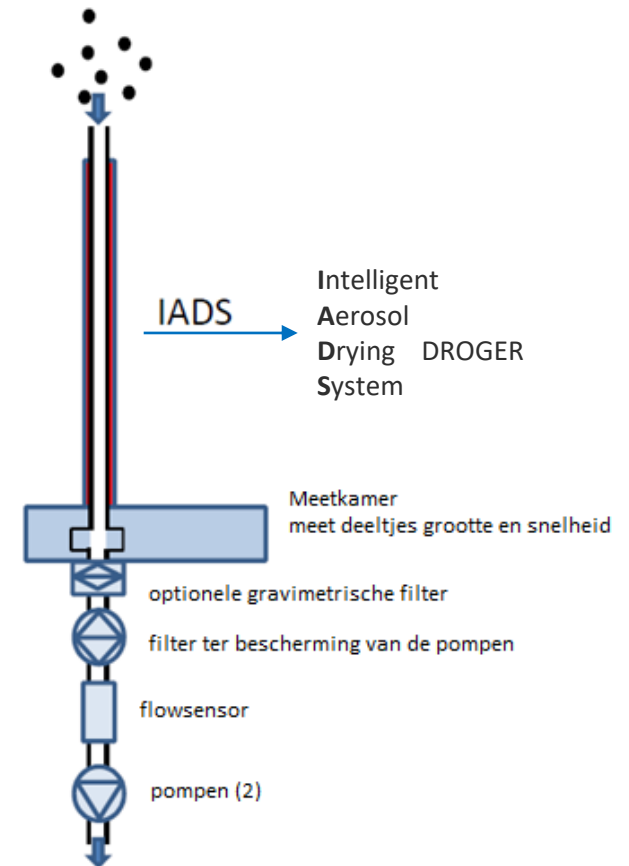
classification of the measured particle sizes in size classes in form of a histogram

Verstrooiing afhankelijk van diameter deeltjes

- Bij verschillende golflengtes en wit licht
Verstrooiingshoek 85 - 95°

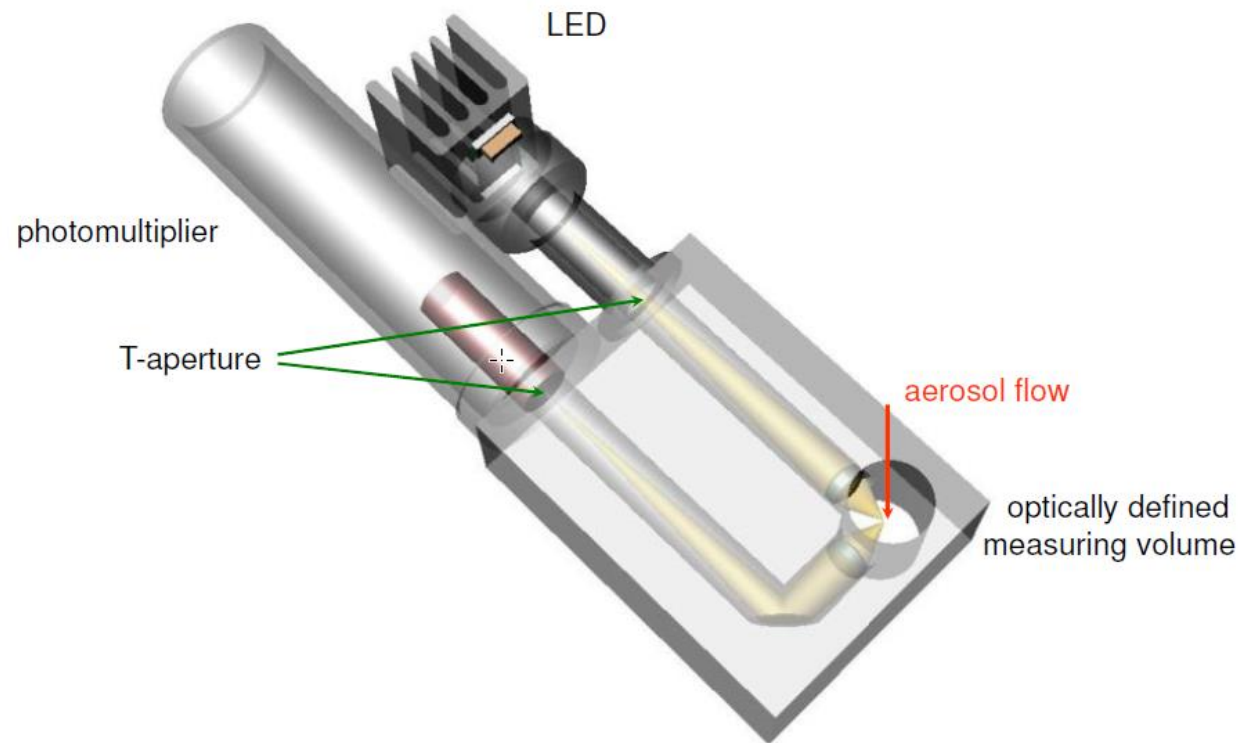


Onderdelen FIDAS-monitor



FIDAS

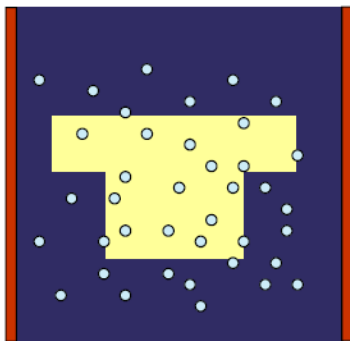
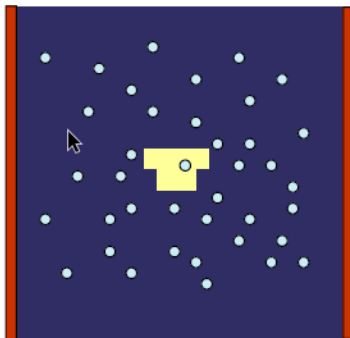
Optische sensor en meetkamer



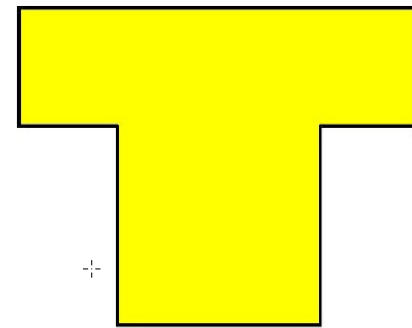
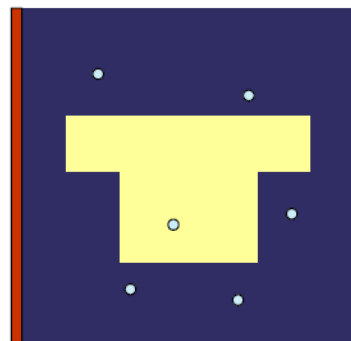
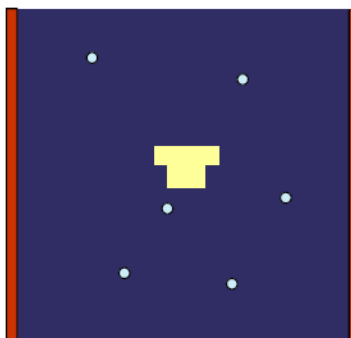
FIDAS

Aantal deeltjes, diameter lichtbundel, coincidence

High concentration



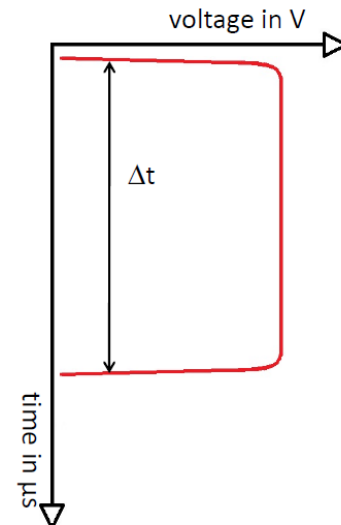
Low concentration



+

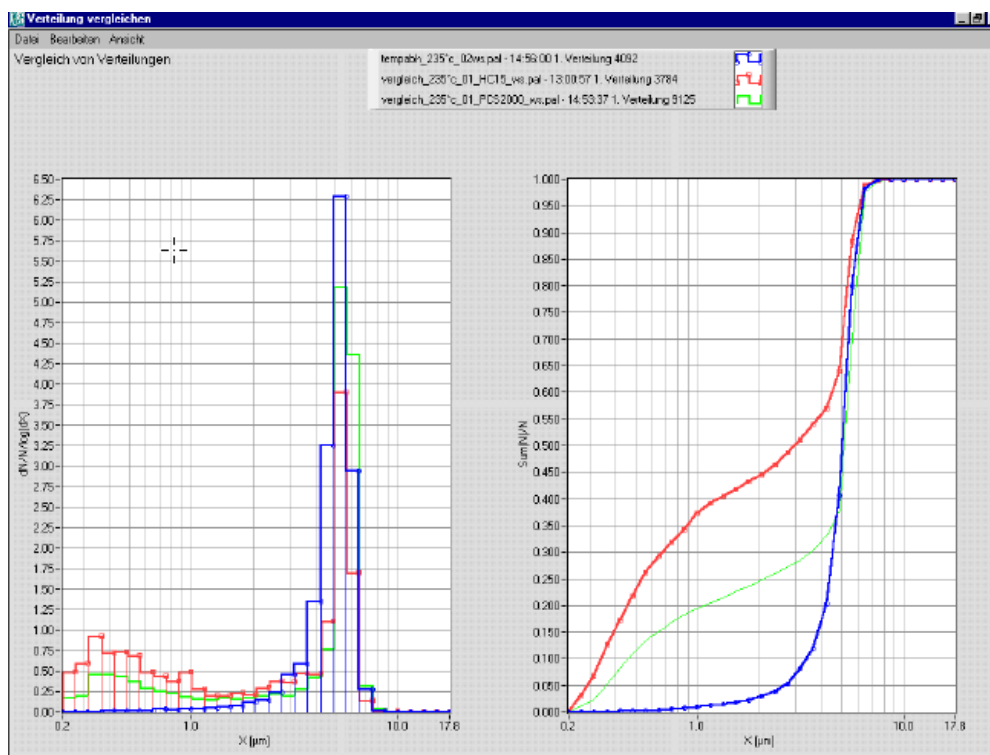


The volume flow is constant.



FIDAS

T-vormige meetkamer

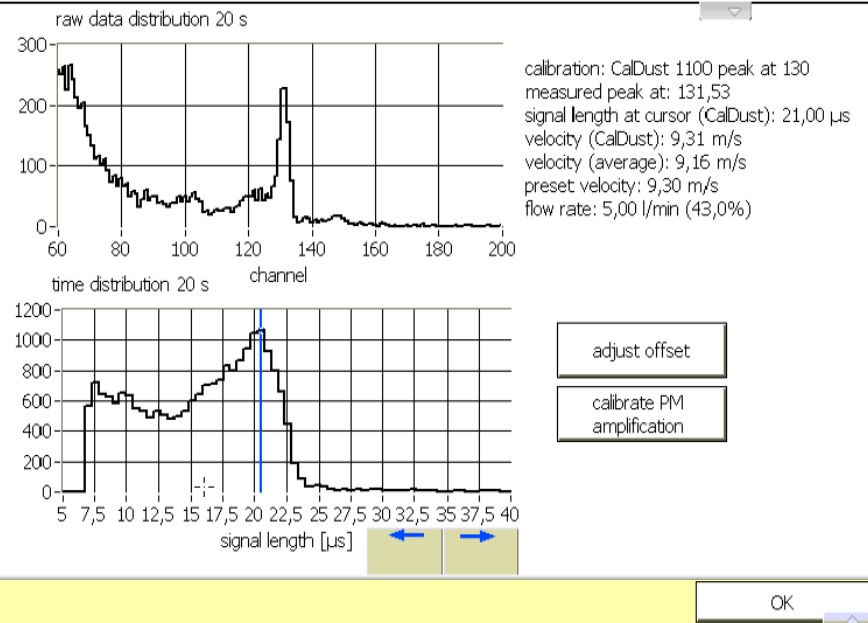
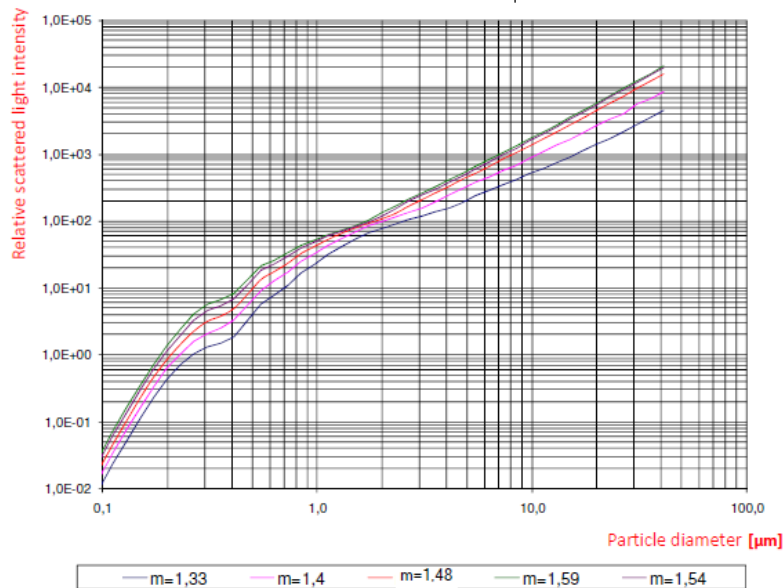


Border zone error
Border zone error correction
T-aperture technology

Kalibratiecurven

Met CalDust 1100: op channel 130, $128.5 < \text{piek} < 131.5$

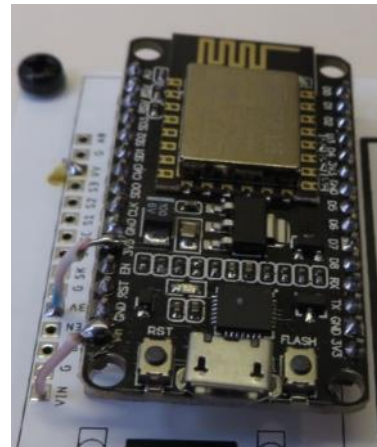
Calibration curve for different
refractive indices



Hoe bouw ik een fijnstofmeter?

- ▶ Onderdelen bij elkaar voegen
- ▶ Wifi configureren
- ▶ Aanmelden op Luftdaten

Onderdelen



Behuizing



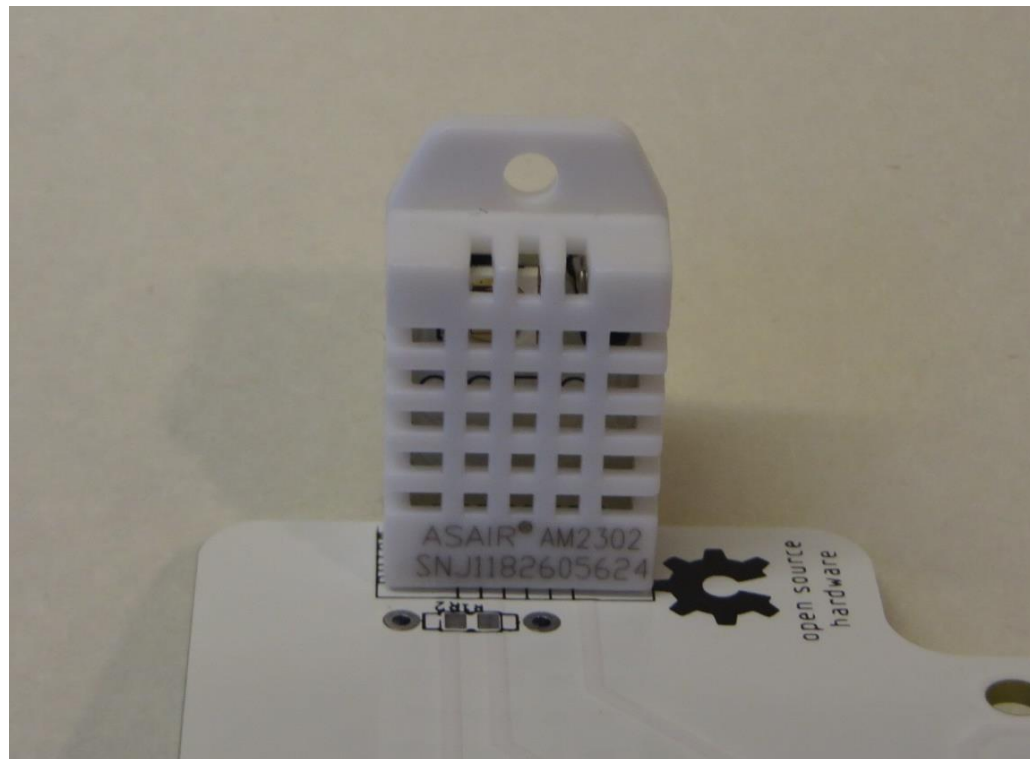
Sensor voor fijn stof

SDS011: deeltjesproxy → massaconc. PM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Meteorologie

DHT22: luchtvochtigheid en temperatuur

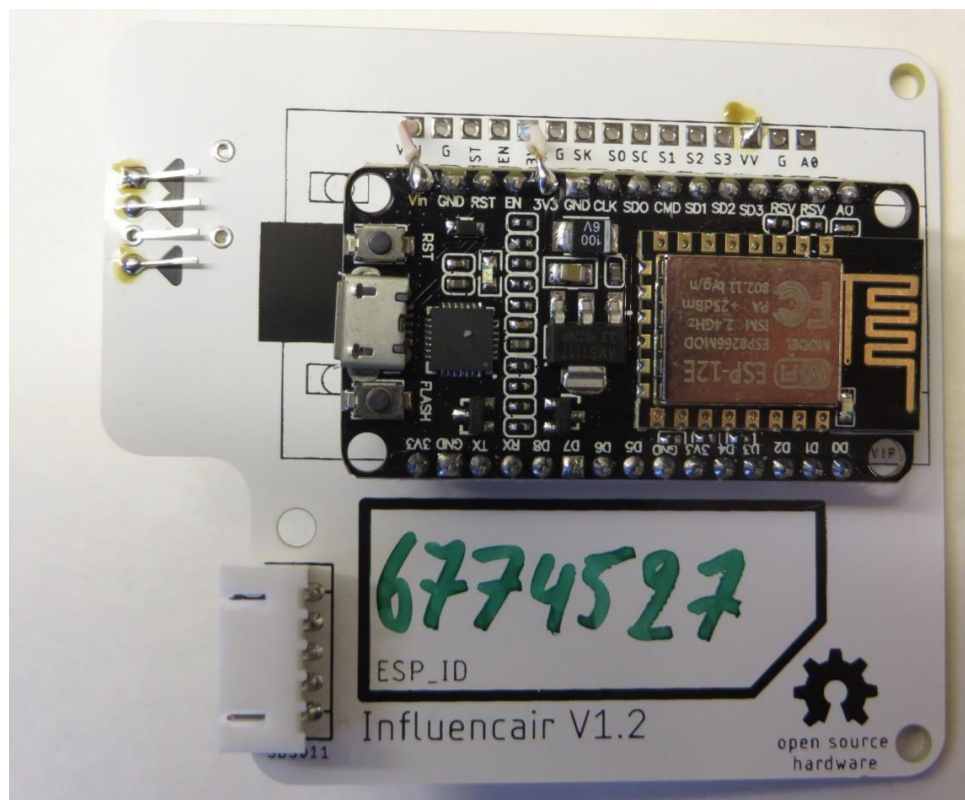


Sensor aansturen/uitlezen en data doorsturen naar internet



Vlaanderen
is milieu

ESP-8266: 'mini-computer met wifi'



= ESP-ID

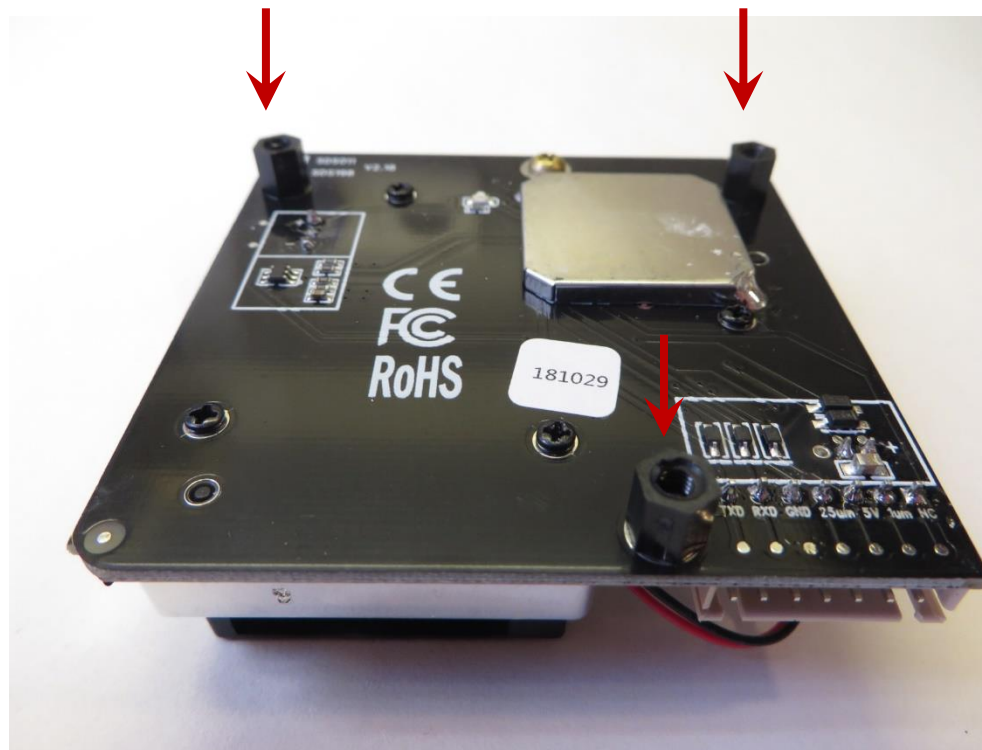
Verschillende stappen die ESP8266 uitvoert:

1. ESP8266 maakt eigen wifi-netwerk
2. Na verbinding kom je op de configuratiepagina (wifi-instellingen)
3. ESP8266 maakt verbinding met het ingestelde netwerk
4. Laat de sensor meten... (30s)
5. ...en stuurt die door naar 2 servers en zet dan de sensor af
6. Na 145s nieuwe cyclus
7. In principe moet je dan niks meer aan je sensor doen, tenzij...



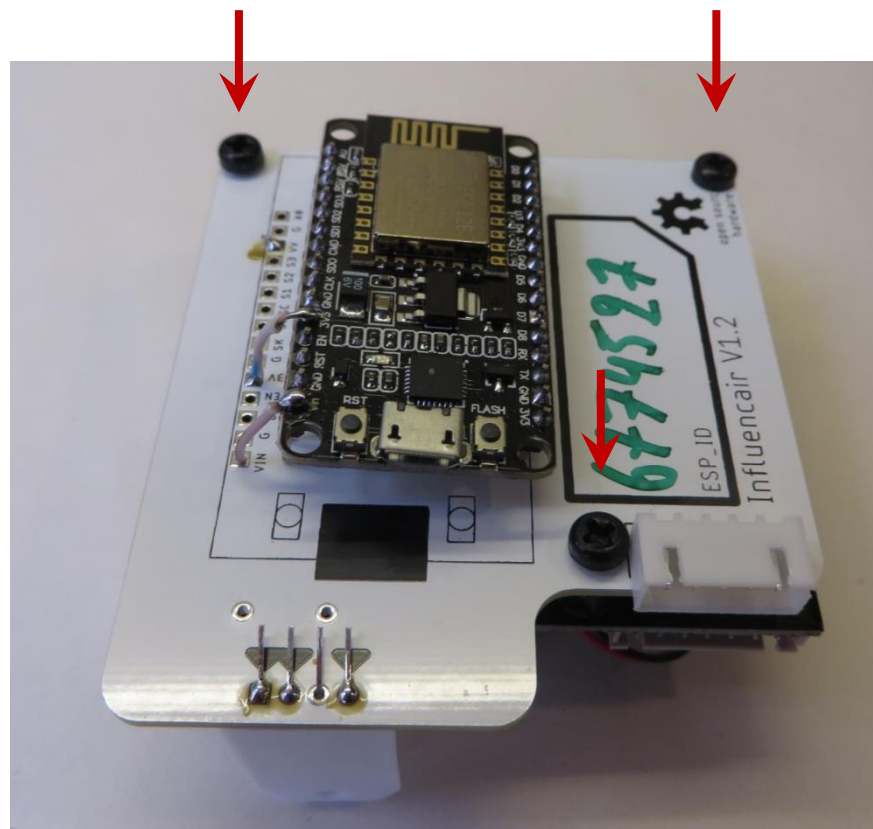
Stap 1a

Sensor aan printplaatje schroeven



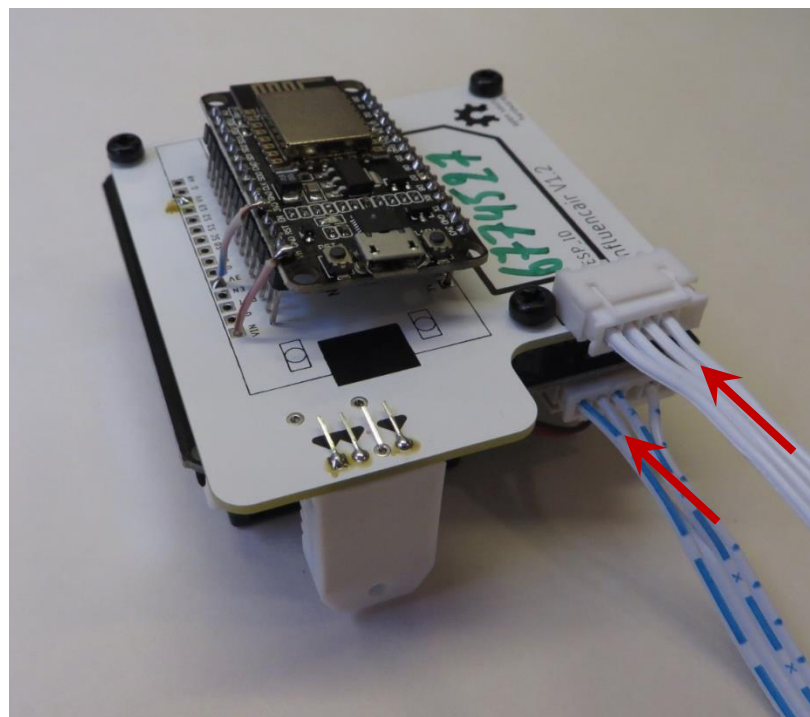
Stap 1b

Sensor aan printplaatje schroeven



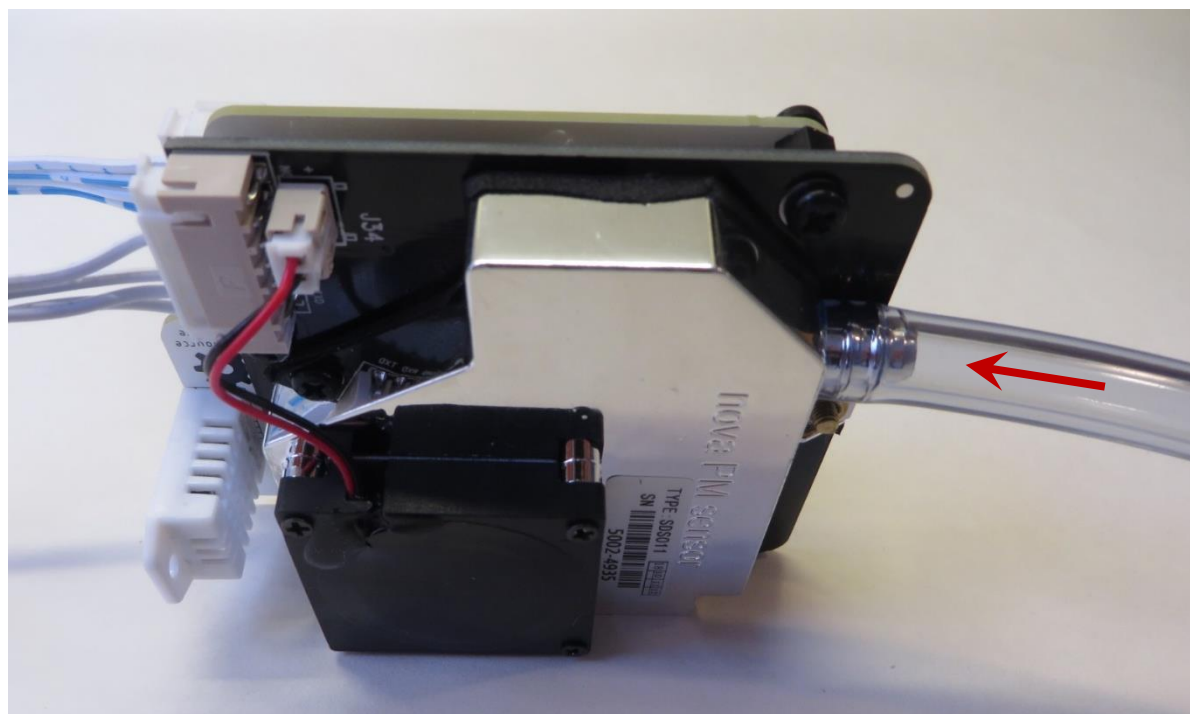
Stap 2

Sensor en Wifi-module verbinden



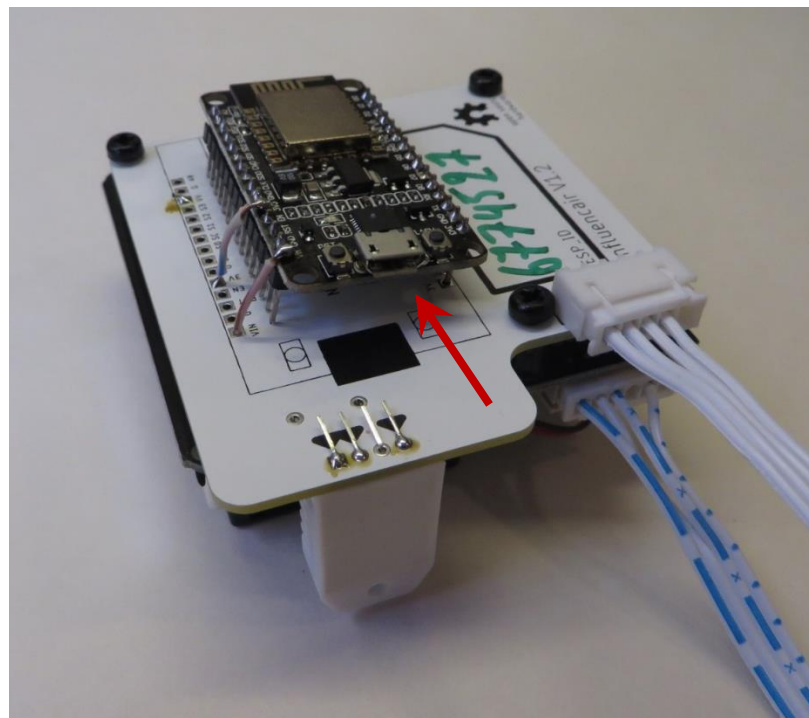
Stap 3

Aanzuigbuis aansluiten op sensor



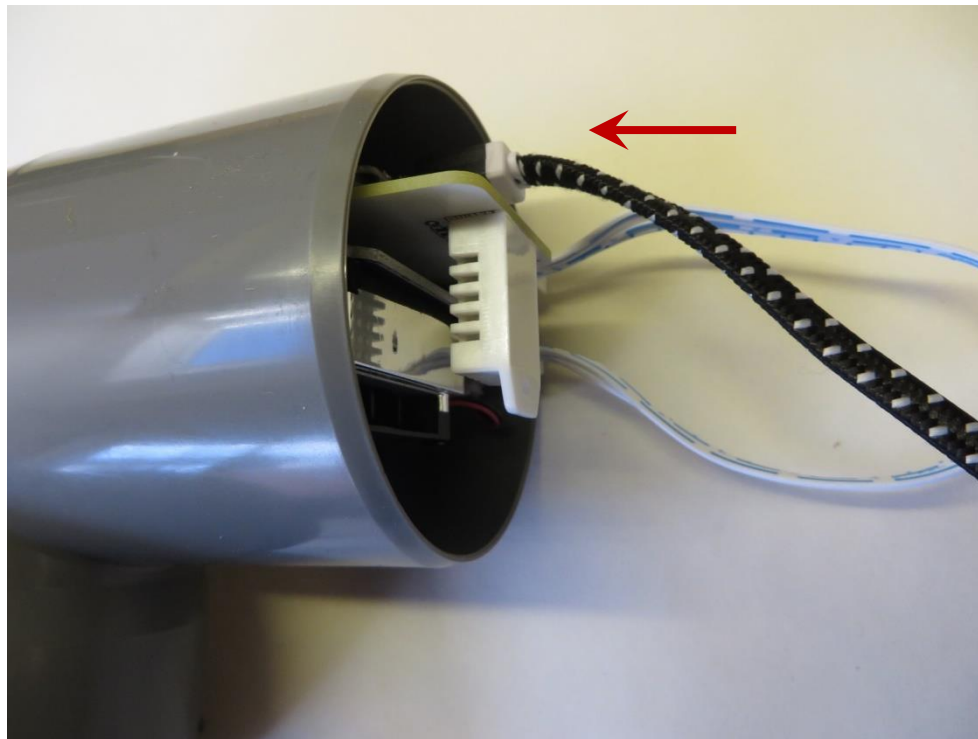
Stap 4

Micro-USB kabel aansluiten op Wifi-module



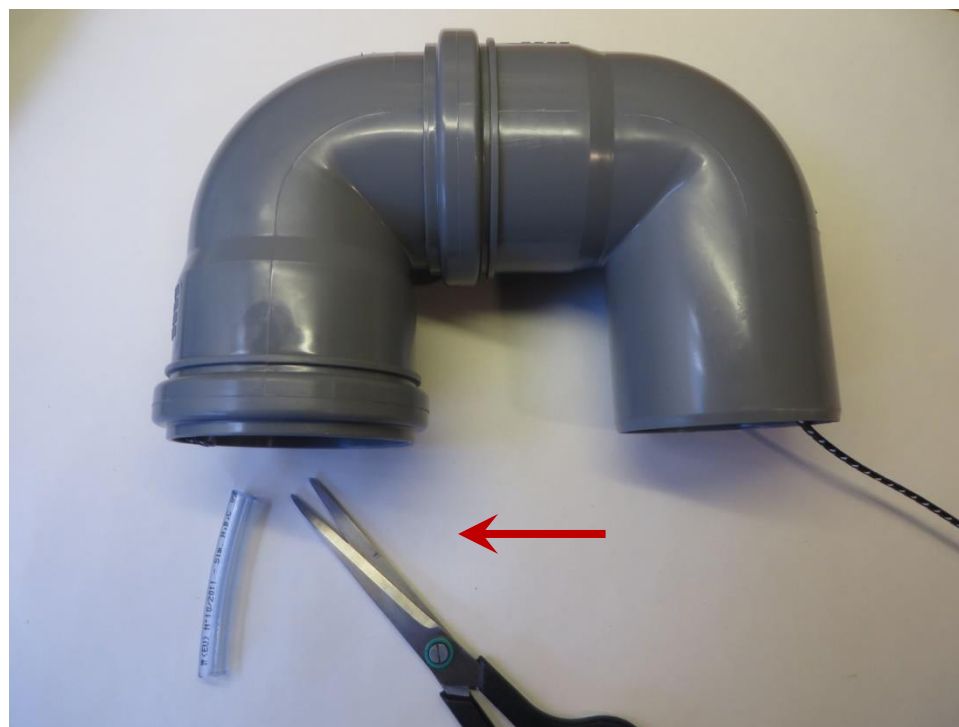
Stap 5

Toestel in PVC-buis (wit plaatje naar boven)



Stap 6

PVC-behuizing sluiten, buisje afknippen



Stap 7

Behuizing afwerken (gaas)





Wifi configureren

Met laptop of smartphone

► *Feinstaubsensor-123457*

→ Verbinding maken



Wifi configureren

Met laptop of smartphone

► *Feinstaubsensor-123457*

→ Verbinding maken

► In browser

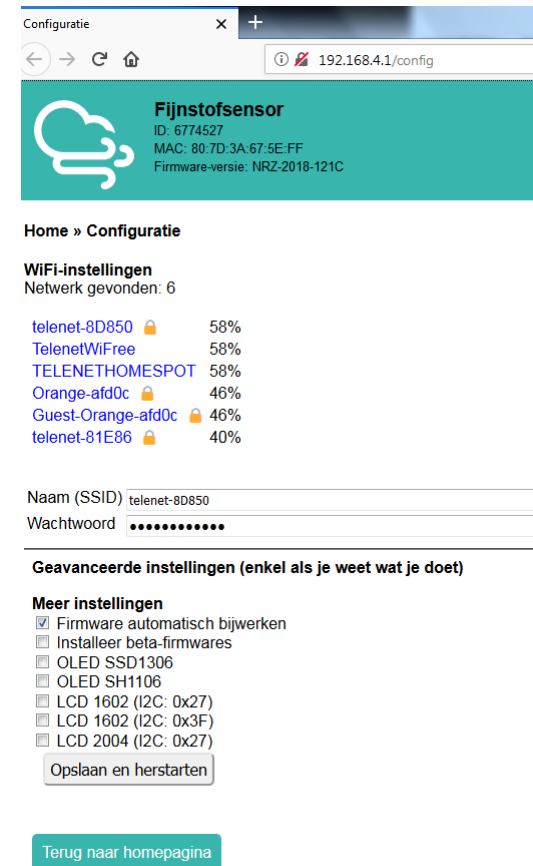
→ IP: 192.168.4.1

→ Configuratie

→ *Naam + wachtwoord Wifi*

→ *Opslaan en herstarten*

→ *Feinstaubsensor-123457 is niet langer zichtbaar als netwerk*



Aanmelden bij Luftdaten

<https://luftdaten.info/en/construction-manual/#feinstaubsensor-konfiguration>

chip id	
<chip id>	
your e-mail address	
<email>	
street address and number	
<street>	<number>
zipcode and location	
<zip>	<location>
country	
<country>	
height above ground / street (not height above sealevel)	
<height in meters>	
house side (road / off-road / sideways)	
<house side>	
description (traffic, sources of air pollution, ...)	
<description>	

Waar zie ik mijn resultaten?

Madavi server: figuren tijdsverloop

<https://www.madavi.de/sensor/graph.php?sensor=esp8266-1234567-sds011>

<https://www.madavi.de/sensor/csvfile.php?sensor=esp8266-1234567>

Dieser Sensor ist nicht auf Luftdaten.info eingetragen.

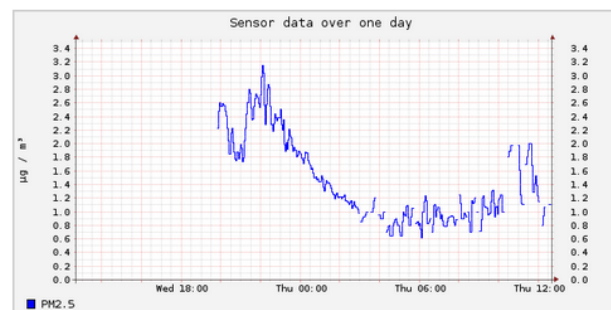
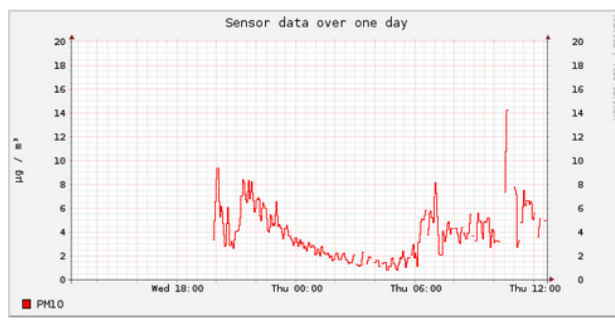
This sensor is not registered at Luftdaten.info.

Bitte lesen sie die Anleitung auf [Luftdaten.info](#) (unterhalb Konfiguration des Feinstaubsensors)

Please read the instructions at [Luftdaten.info](#) (below configuration of measuring station)

Alle Zeitangaben sind UTC (GMT). Für Deutschland müssen also jeweils während der Winterzeit 1 Stunde bzw. während der Sommerzeit 2 Stunden addiert werden.

All times are UTC (GMT). For Germany you need to add 1 hour during winter time respectively 2 hours during daylight saving time.



Waar zie ik mijn resultaten?

Madavi server: bestanden per dag/maand

<https://www.madavi.de/sensor/csvfile.php?sensor=esp8266-1234567>

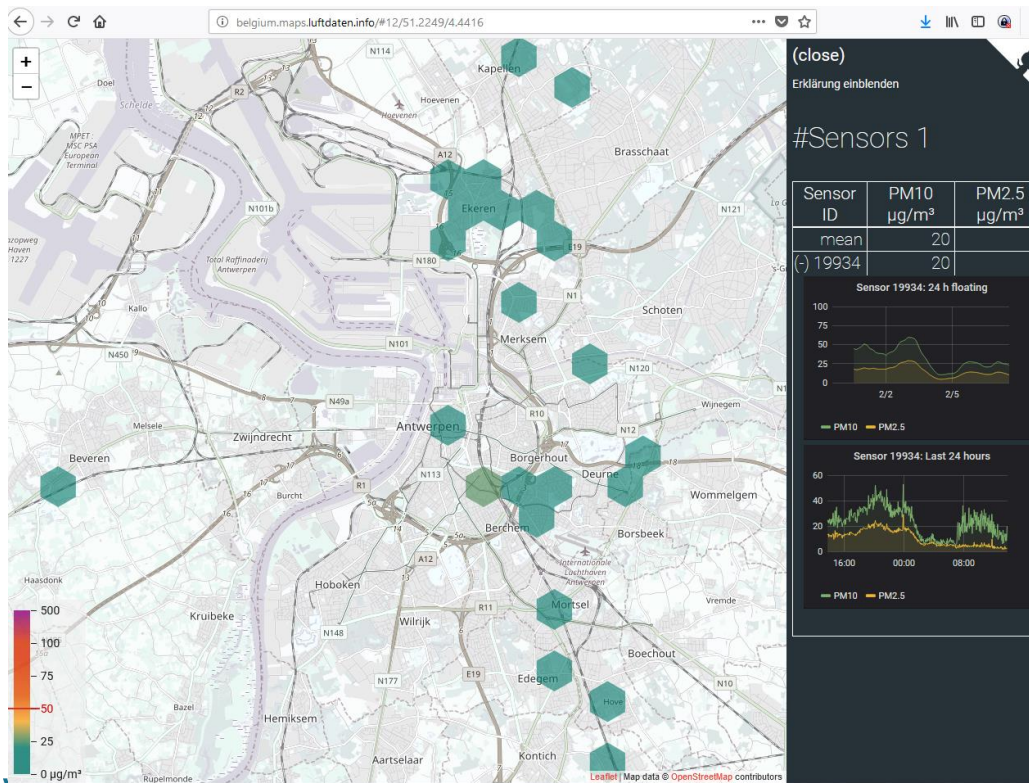
[esp8266-58527](#) - Datei: [06/data-esp8266-58527-2018-06.zip](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [07/data-esp8266-58527-2018-07.zip](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [08/data-esp8266-58527-2018-08.zip](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [09/data-esp8266-58527-2018-09.zip](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [10/data-esp8266-58527-2018-10.zip](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [11/data-esp8266-58527-2018-11.zip](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [12/data-esp8266-58527-2018-12.zip](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [01/data-esp8266-58527-2019-01.zip](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [data-esp8266-58527-2019-02-01.csv](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [data-esp8266-58527-2019-02-02.csv](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [data-esp8266-58527-2019-02-03.csv](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [data-esp8266-58527-2019-02-04.csv](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [data-esp8266-58527-2019-02-05.csv](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [data-esp8266-58527-2019-02-06.csv](#)
[esp8266-58527](#) - Datei: [data-esp8266-58527-2019-02-07.csv](#)

Time	PM10	PM2.5	T	RH
09/06/2018 14:38	40.58	26.4	25.5	62.3
09/06/2018 14:40	37.4	25.97	25.3	63
09/06/2018 14:43	34.2	23.6	25.1	64
09/06/2018 14:45	34.6	23.87	25.2	64.3
09/06/2018 14:48	32.6	22.33	25.4	63.6
09/06/2018 14:50	28.9	20.27	25.3	63
09/06/2018 14:53	33.5	19.67	25.1	63.5
09/06/2018 14:55	27.1	19.17	25.2	63.3
09/06/2018 14:57	26.37	17.47	25.1	62.9
09/06/2018 15:00	29.63	18.83	24.9	63.4
09/06/2018 15:02	27.97	19.4	24.7	63.9
09/06/2018 15:05	34.93	19.83	24.5	64.6
09/06/2018 15:07	26.83	18.93	24.5	64.4
09/06/2018 15:10	28.53	18.3	24.3	64.8
09/06/2018 15:12	24.3	18.63	24.3	64.5
09/06/2018 15:15	27.7	16.57	24.2	64.4
09/06/2018 15:17	25.63	16.73	24.2	64.4
09/06/2018 15:20	27.53	17.93	24.2	64
09/06/2018 15:22	26.43	16.5	24.2	63.9
09/06/2018 15:25	25.07	17.43		
09/06/2018 15:27	23.57	17.43	24.1	63
09/06/2018 15:29	27.4	16.9	24	63.5
09/06/2018 15:32	26.37	16.17	24	63.3
09/06/2018 15:34	23.2	16.4	24.3	62
09/06/2018 15:37	24.27	17.53	24.5	61.6
09/06/2018 15:39	24.57	15.7	24.3	61.7
09/06/2018 15:42	27.03	16.33	24.4	62
09/06/2018 15:44	26.3	17.43	24.5	61.3
09/06/2018 15:47	22.67	16.37	24.5	61.2
09/06/2018 15:49	22.6	15.67	24.4	61.5
09/06/2018 15:52	25.33	16.63	24.4	61.4
09/06/2018 15:54	22.7	16.5	24.5	61.6
09/06/2018 15:57	26.53	16.87	24.6	60.4

Op kaart: na verwerking sensorcommunity

<https://sensor.community/nl/>

- Enkel sensoren
- Actuele meting
- 24-h gemiddelde

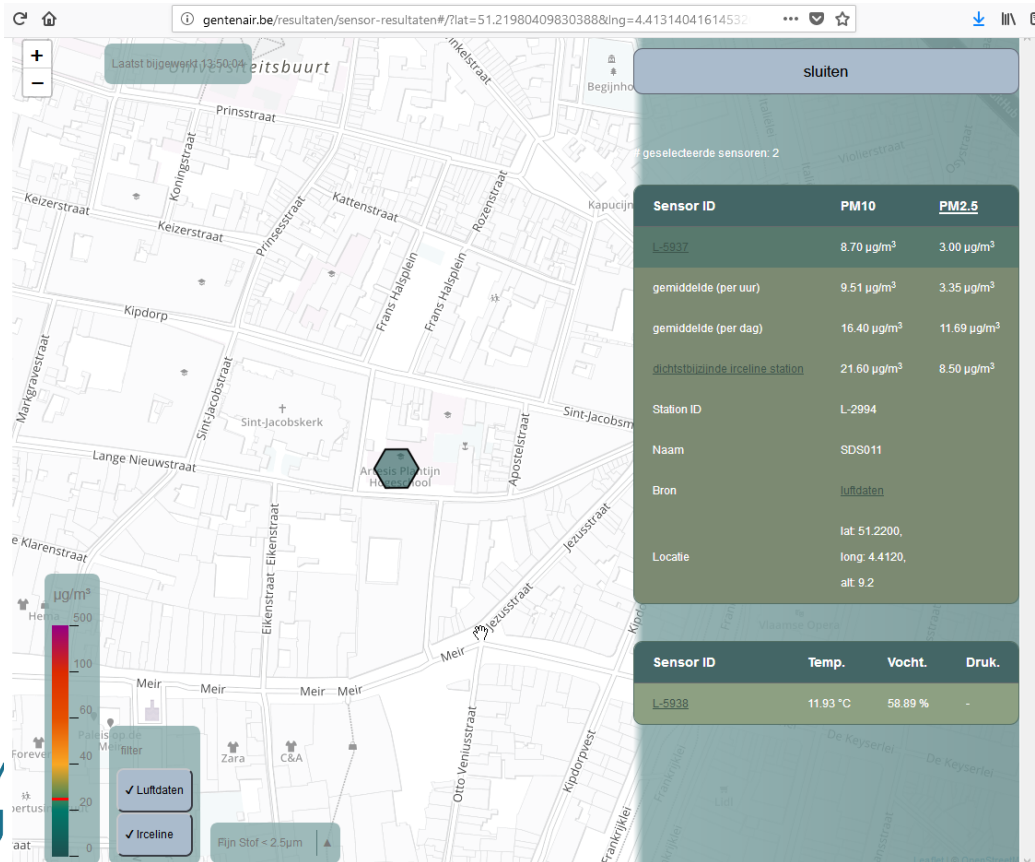


API Luftdaten.info



Op kaart: na verwerking SensorCommunity

Leuvenair, Influencair, Gentenair, ...



- Ook VMM/IRCEL metingen
- Hoge ruimtelijke resolutie (maar: afgeronde coord.)
- Ur- en daggemiddelde

Extra configuratieopties?



Fing app

**VLAAMSE
MILIEUMAATSCHAPPIJ**



Home » Configuratie

WiFi Settings

WLAN: Thuis

Paswoord:

Opslaan

Geavanceerde instellingen (enkel als je weet w

Authorisatie

☐ Authorisatie

Gebruiker: admin

Paswoord:

Opslaan

APIs

- ☒ API Lufdaten.info
- ☒ API Madavi.de

Sensors

- ☒ SDS011 (fijnstof)
- ☐ PMS1003, PMS5003, PMS6003, PMS7003
- ☐ PMS3003
- ☒ DHT22 (temperatuur, rel. vochtigheid)
- ☐ HTU21D (temperatuur, rel. vochtigheid)
- ☐ PPD42NS
- ☐ BMP180
- ☐ BMP280
- ☐ BME280
- ☐ DS18B20
- ☐ GPS (NEO 6M)

Meer instellingen

- ☒ Firmware automatisch bijwerken
- ☐ Scherm
- ☐ LCD 1602 (I2C: 0x27)
- ☐ LCD 1602 (I2C: 0x3F)



Particulate Matter App

M&R Games Tools

PEGI 3

Deze app is geschikt voor al je apparaten.

★★★★★ 79

Geïnstalleerd

