

DIY Bau und Betrieb einer CO₂-Ampel



Quelle: gemäß Bildinhalt, das ist keine Werbung!

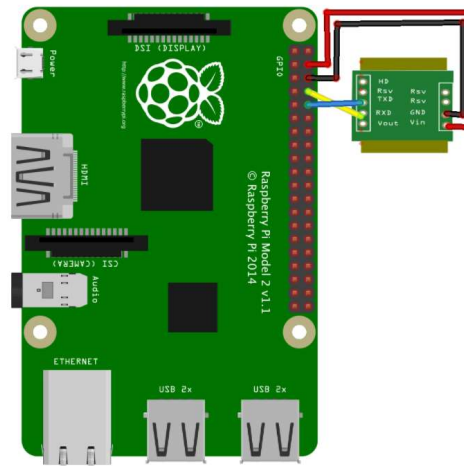
Das Internet ist voll von Anleitungen...

- <https://www.heise.de/select/make/2020/5/2022015381334973804>
- <https://www.umwelt-campus.de/forschung/projekte/iot-werkstatt/ideen-zur-corona-krise-1>
- <https://www.makerschule.de/projekt-ideen/co2-ampel.html>



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R



be.mim Berlin

... gefördert im Rahmen des Berliner eEducation-Masterplanes!

Der ausgewählte Sensor

- https://www.winsen-sensor.com/d/files/infrared-gas-sensor/mh-z19c-pins-type-co2-manual-ver1_0.pdf

Winsen

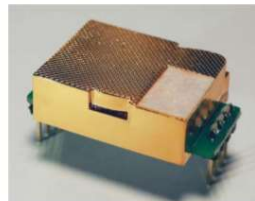
炜盛科技 Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd

www.winsen-sensor.com

MH-Z19C NDIR CO2 Module

Profile

MH-Z19C NDIR infrared gas module is a common type, small size sensor, using non-dispersive infrared (NDIR) principle to detect the existence of CO₂ in the air, with good selectivity, non-oxygen dependent and long life. Built-in temperature compensation; and it has UART output and PWM output. It is developed by the tight integration of mature infrared absorbing gas detection technology, precision optical circuit design and superior circuit design.



Applications

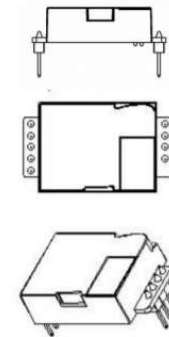
*HVAC refrigeration
*Smart home

*Air cleaner device
*Ventilation system

*Indoor air quality monitoring
*School

Main parameters

Model No.	MH-Z19C
Detection Gas	CO ₂
Working voltage	5.0 ± 0.1V DC
Average current	< 40mA (@5V power supply)
Peak current	125mA (@5V power supply)
Interface level	3.3 V (Compatible with 5V)
Detection Range	400~5000ppm(optional)
Output signal	Serial Port (UART) (TTL level 3.3V) PWM
Preheat time	1 min
Response Time	T ₉₀ < 120 s
Working temperature	-10 ~ 50 °C
Working humidity	0 ~ 95% RH (No condensation)
Weight	5 g
Lifespan	> 5 years



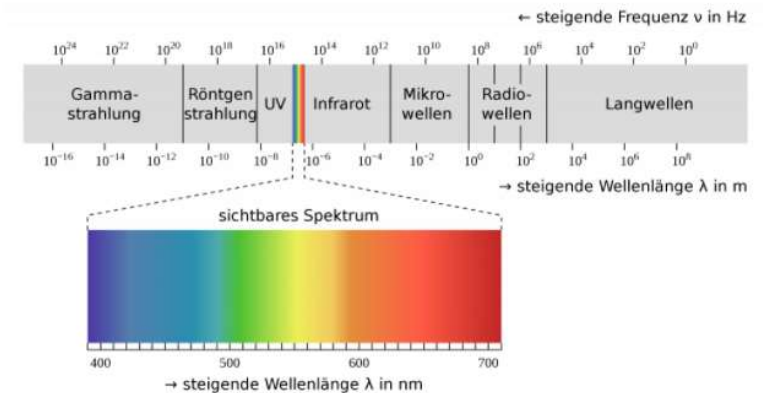
Detection range and accuracy

Detection Gas	Formula	Detection Range	Accuracy
Carbon Dioxide	CO ₂	400~2000ppm	± (50ppm+5% reading value)
		400~5000ppm	

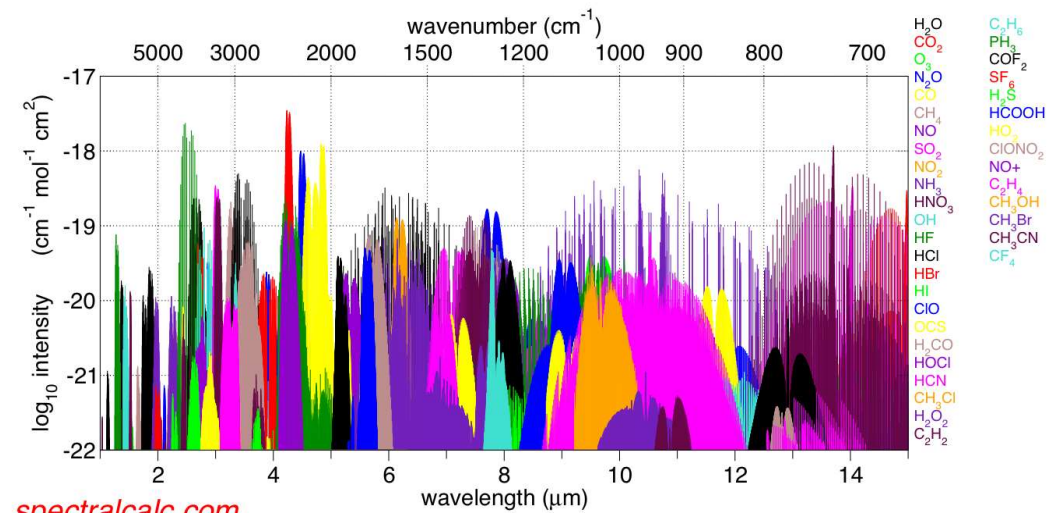
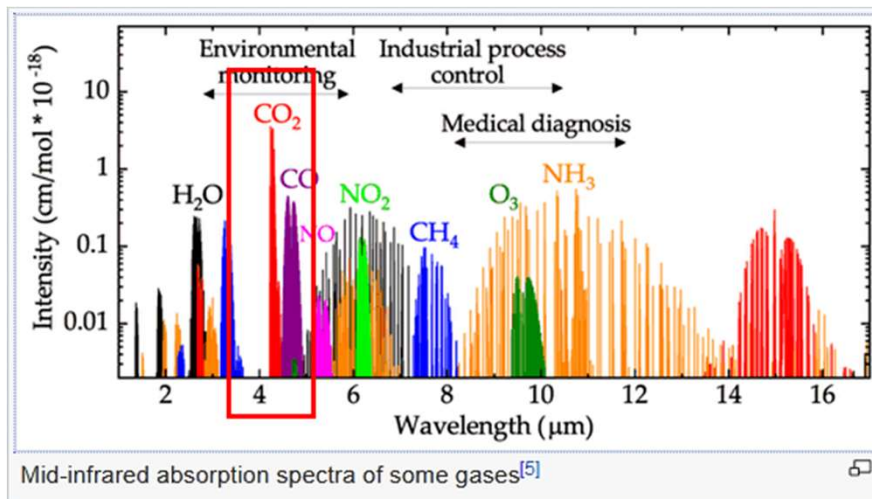
Messprinzip

Für was steht NDIR-Sensor?

NDIR sensor steht für nondispersive infrared sensor, im Deutschen also **nicht dispersiver Infrarotsensor**. Dabei handelt es sich um ein Gerät aus der **Infrarot-Spektroskopie**, das vor allem bei der **Messung von Gasen** zum Einsatz kommt.

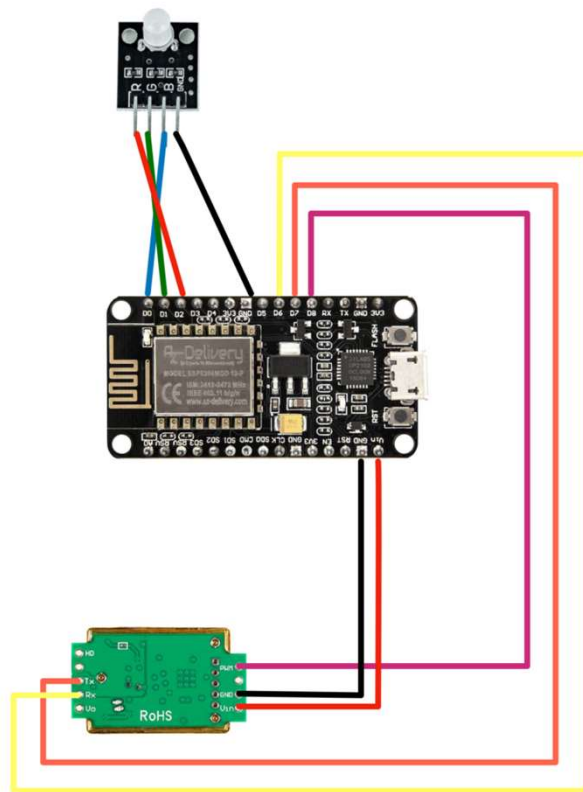


<https://www.netways.de/en/blog/category/hardware/science/>



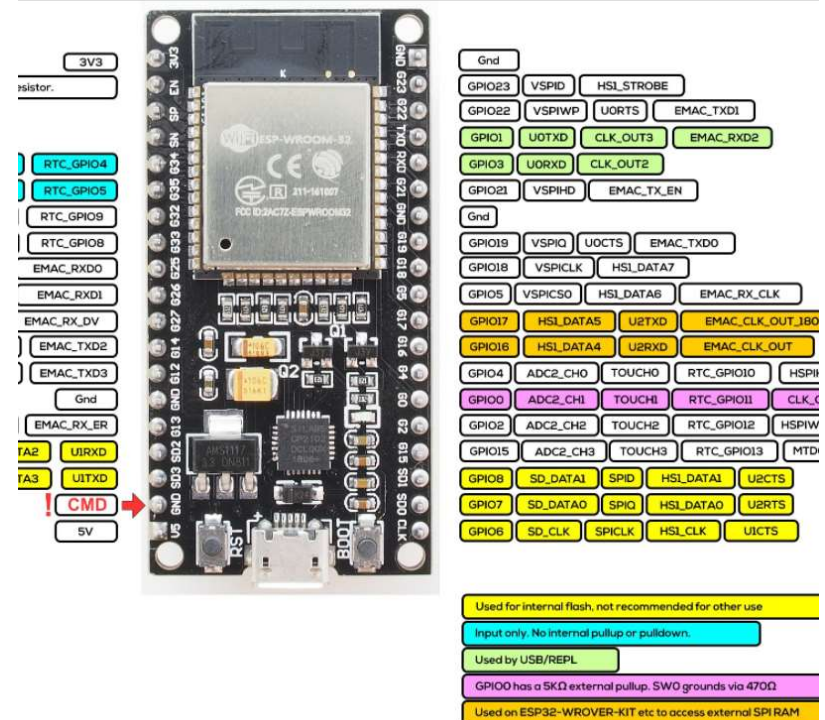
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Spectralcalc_infrared_bands.png

Messaufbau mit Microcontroller und Ampel



<http://www.schwarzarbeiter.info/co2-ampel/>

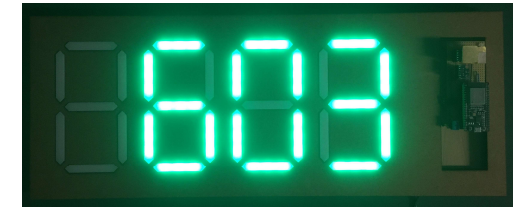
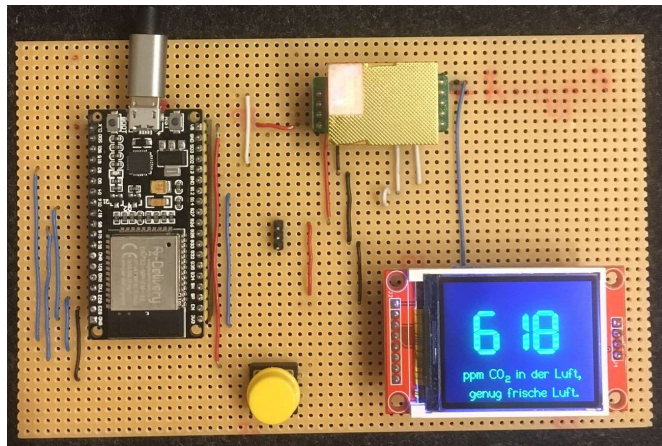
ESP32



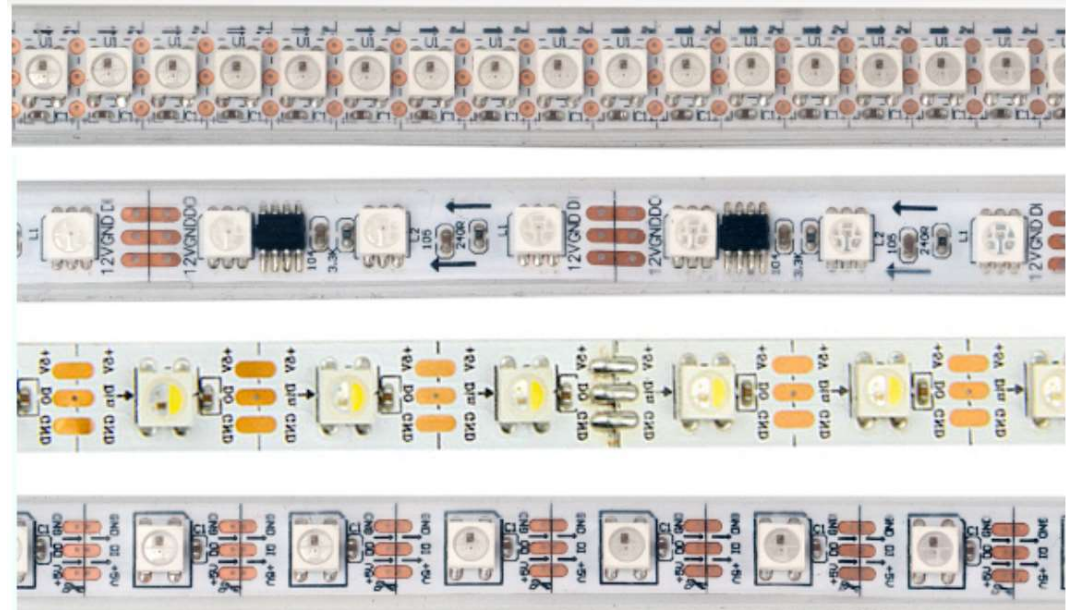
Anzeige mittels LED Streifen oder TFT



TFT eSPI 128 x 160

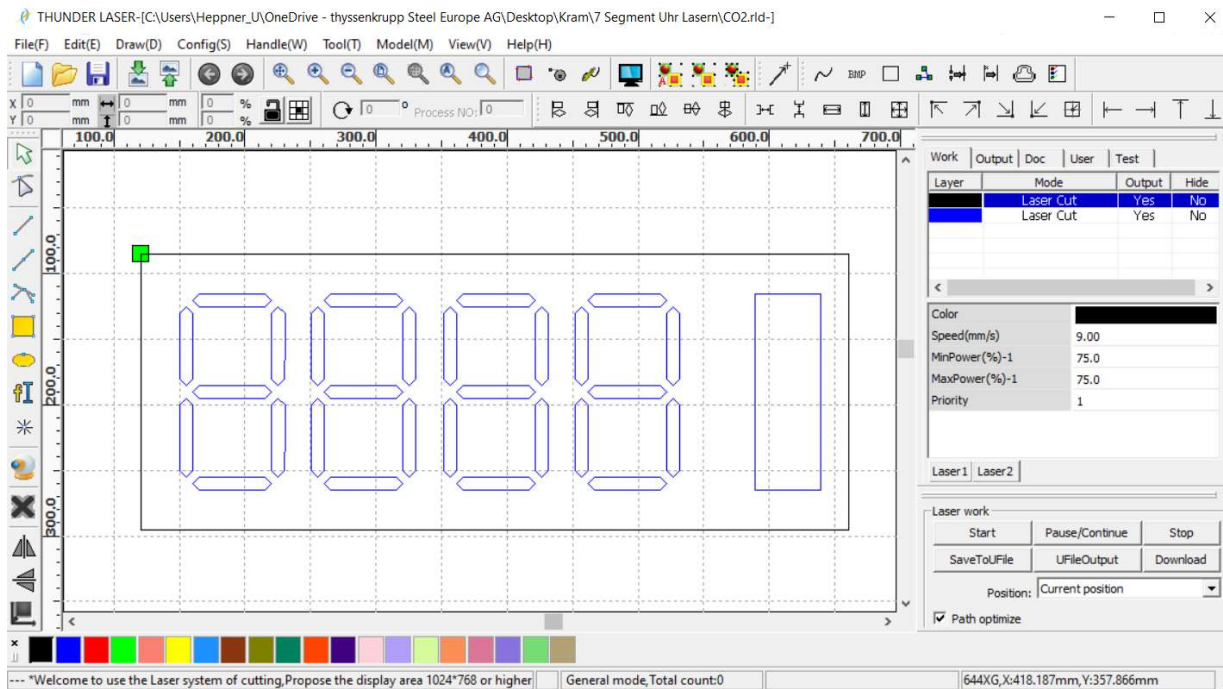


WS2812



Konstruktion und Lasern

<https://www.thunderlaser.com/laser-download>



Laser @ Das-Labor.org



RDWorksV8.01.47



Integrated Development Environment

<https://www.arduino.cc/>



```
CO2-MQTT-TFT | Arduino 1.8.15
Datei Bearbeiten Sketch Werkzeuge Hilfe

CO2-MQTT-TFT CO2-Sensor Hinweis_TFT_eSPI MQTT_Simple TFT_eSPI

/*
CO2-Labor.fritz.box

Achte auf eine genügend große Anzahl an NUM_LEDS sonst gibt es einen Coredump!!!!
Neopixel bei Makuna funktioniert nicht mit "EspMQTTClient.h", daher FastLED

Vorsicht, falls die Library <TFT_eSPI.h> aktualisiert wird!
Dann lade von https://www.az-delivery.de/en/blogs/azdelivery-blog-fur-arduino-und-ras
die User_Setup.h

*/

#define PLOTTER //Im Logging nur die Messwerte

// Es darf nur einmalige MAC-Adressen in einem Netzwerk gegen.
// Es ist auch wichtig, dass es pro MQTT Broker nur eindeutige Clients gibt.
#define UniqueClientId "CO2-Labor2"
#define TOPIC "/das-labor2/CO2/outTopic"
#define MQTT_TX "/das-labor2/CO2/inTopic"

ESP32 Dev Module, Disabled, Default 4MB with spiiffs (1.2MB APP/1.5MB SPIFFS), 240MHz (WiFi/BT), QIO, 80MHz, 4MB (32Mb), 921600, None auf COM10
```

Bibliotheksverwalter

Typ: Alle Thema: Alle espmqtt

EspMQTTClient
by Patrick Lapointe Version 1.11.1 **INSTALLED**
A library that provides a wifi and MQTT connection to an ESP8266/ESP32. This library allows to connect and manage the connection to a wifi network and a MQTT broker. Intended to be used with an ESP8266 or an ESP32. Dependency: PubSubClient library
[More info](#)
Version auswählen Installieren

FastLED
by Daniel Garcia Version 3.4.0 **INSTALLED**
Multi-platform library for controlling dozens of different types of LEDs
[More info](#)

TFT_eSPI
by Bodmer Version 2.3.70 **INSTALLED**
TFT graphics library for Arduino processors with performance drivers (ILI9341 etc) that operate with hardware SPI or 8 bit parallel
[More info](#)

Why GitHub? Team Enterprise Explore Marketplace Pricing

WifWaf / MH-Z19 Public

Code Issues Pull requests Actions Projects Wiki Security Insights

master 3 branches 3 tags Go to file Code

File	Commit	Time
examples	Update Calibration.ino (#29)	10 months ago
extras	1.5.3	11 months ago
src	Don't use uppercase variable name "CRC" (#28)	10 months ago
LICENSE	Preparation for next release license change	3 years ago
README.md	Update README.md	11 months ago
library.properties	1.5.3	11 months ago

README.md

Version v1.5.3

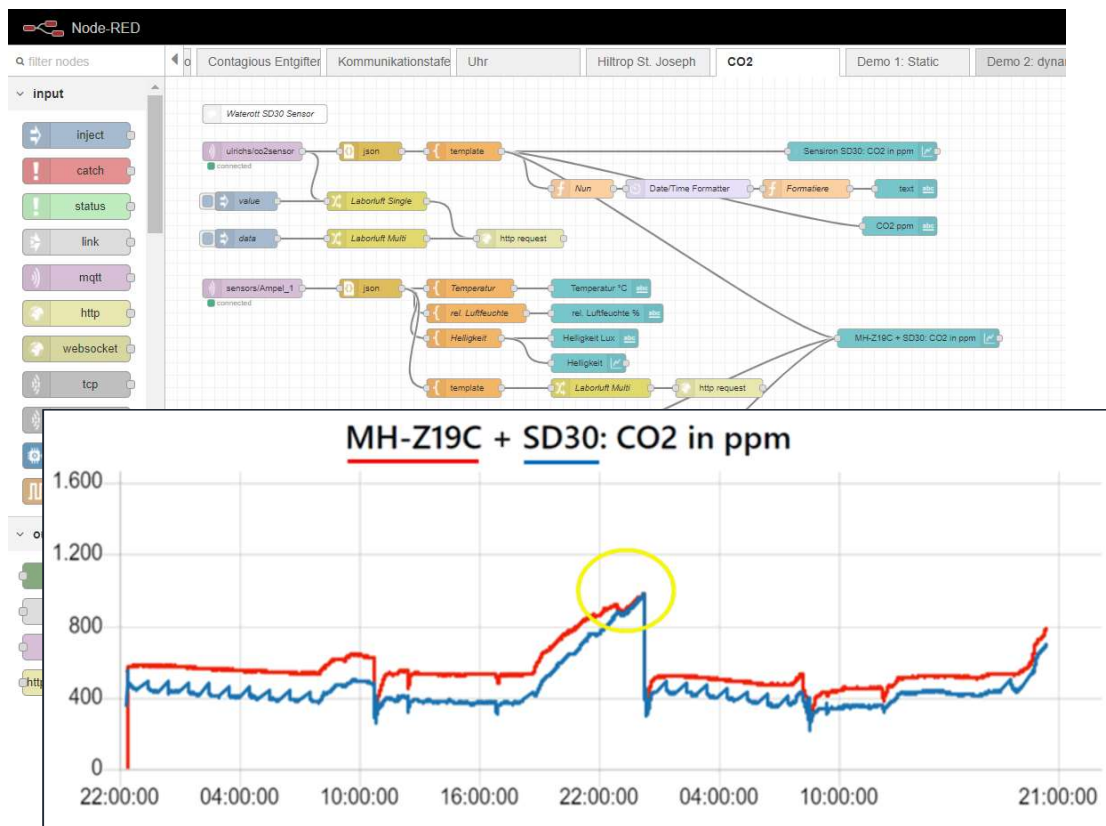
A Quick Note on Fake MH-Z19's

A fake version is said to be in circulation which differs in hardware, and at a minimum, ppm stability. If you suspect your sensor is fake or want to be sure, then check with the [video here](#) by Hix Field and [Revspace's article](#) for more information.

https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json,

http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json

Kommunikation und Messwertaufzeichnung



Node-RED

Node-RED ist ein von IBM entwickeltes grafisches Entwicklungswerkzeug. Die Software ermöglicht es, Anwendungsfälle im Bereich des Internets der Dinge mit einem einfachen Baukastenprinzip umzusetzen. Die einzelnen Funktionsbausteine werden durch Ziehen von Verbindungen verbunden. Eine große Auswahl an mitgelieferten Bausteinen deckt die meisten der gängigsten Dienste und Technologien ab.^[2]

Node-RED stellt einen Flow-Editor im Webbrowser bereit, mit dem JavaScript-Funktionen erstellt werden können. Anwendungselemente können zur Wiederverwendung gespeichert oder geteilt werden. Die Laufzeitumgebung wurde auf Node.js gebaut und die in Node-RED erstellten Flows werden in JSON gespeichert.

Im Jahr 2016 hat IBM Node-RED als Open-Source-Software der JS-Foundation übertragen.

Inhaltsverzeichnis [Verbergen]

- 1 Flow
- 2 Siehe auch
- 3 Literatur
- 4 Einzelnachweise

Flow [Bearbeiten | Quelltext bearbeiten]

Mit Node-RED können in einem Flow unterschiedliche Eingabe-, Ausgabe- und Verarbeitungs-Nodes miteinander verbunden werden. Dadurch lassen sich verschiedene Dinge kontrollieren und steuern. Jeder Knoten (node) hat eine festgelegte und eindeutige Aufgabe. Werden an einen Knoten Daten übermittelt, so kann der Knoten diese Daten verarbeiten und an den nächsten Knoten weitergeben.



MQTT mit dem Mosquitto Server

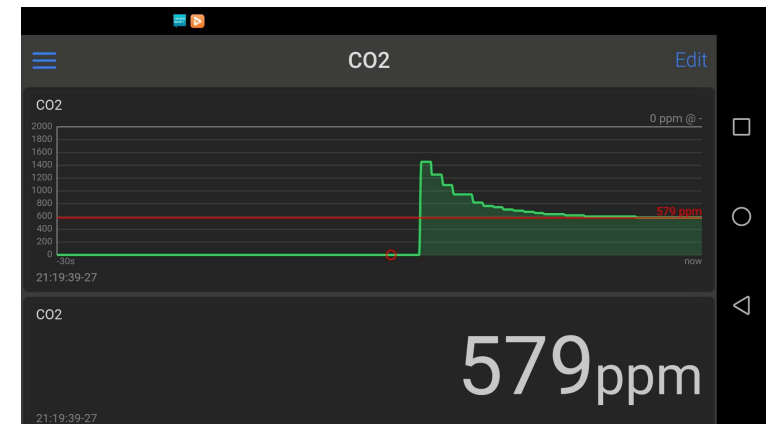
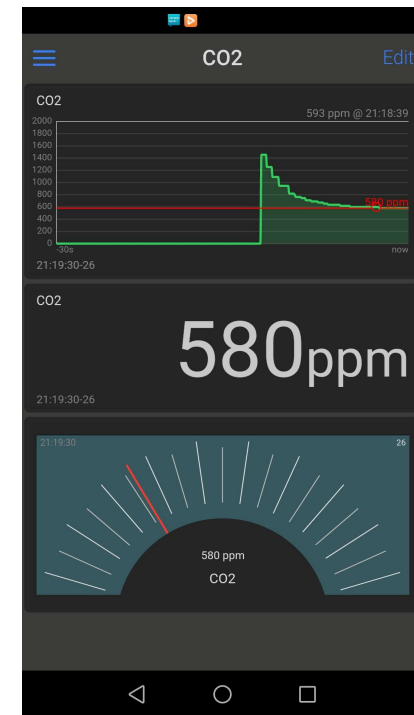


Eclipse Mosquitto is an open source (EPL/EDL licensed) message broker that implements the MQTT protocol versions 5.0, 3.1.1 and 3.1. Mosquitto is lightweight and is suitable for use on all devices from low power single board computers to full servers.

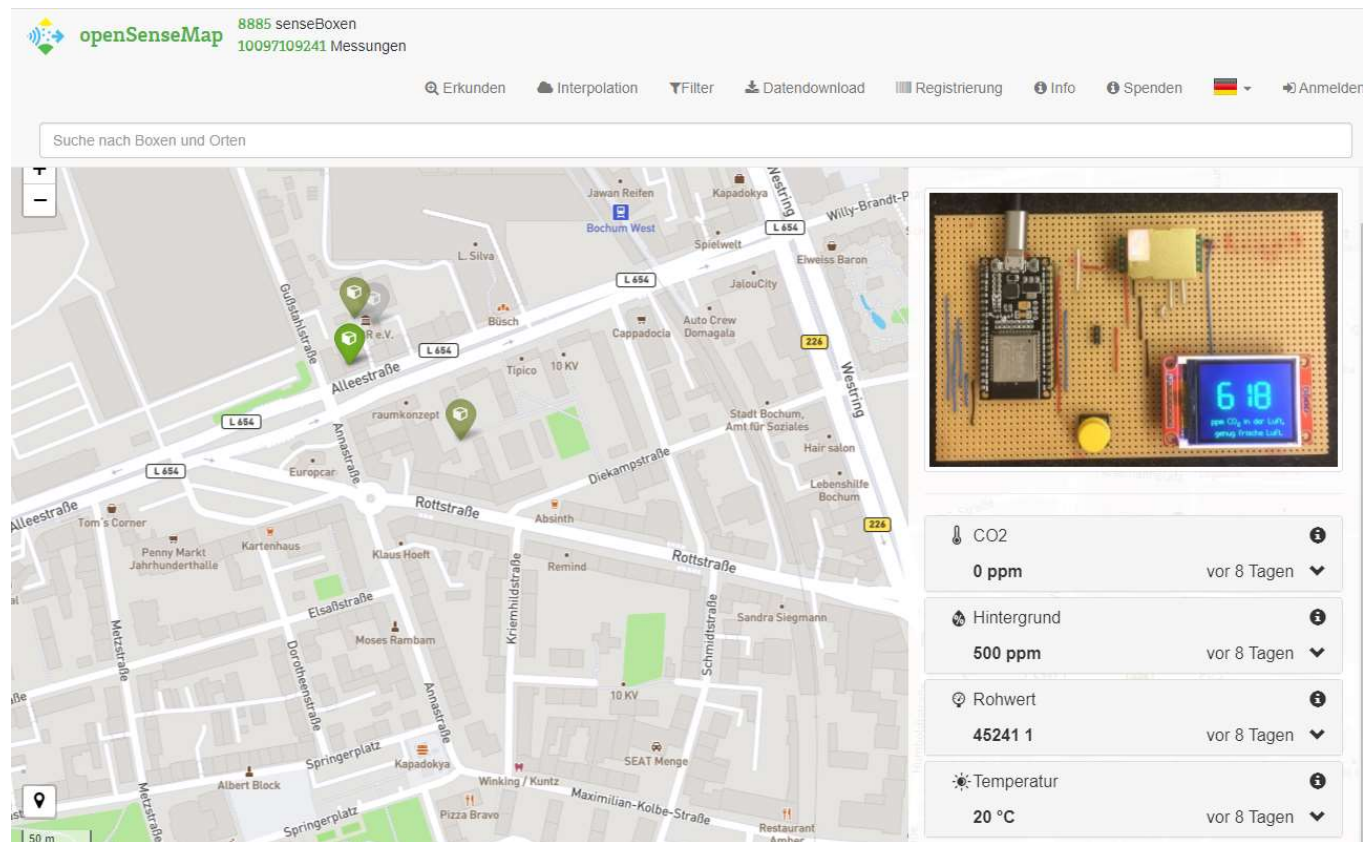
The MQTT protocol provides a lightweight method of carrying out messaging using a publish/subscribe model. This makes it suitable for Internet of Things messaging such as with low power sensors or mobile devices such as phones, embedded computers or microcontrollers.

Handy App

<https://www.iot-onoff.com/>



Veröffentlichung im WWW



<https://opensensemap.org/explore/6021844b64d362001b1117e6>

Das Problem auf der Hühnerfarm

- <https://www.mikrocontroller.net/topic/470382>

Ende 2015 erhielten wir einen grösseren Auftrag, der unter anderem auch das Erfassen von CO₂-Werten enthielt.

Ausgestattet mit einem Testo und einem Extech als Handmessgeräete verliefen die Tests mit ein paar bei Aliexpress bestellten MH-Z19 von Winsensor vielversprechend. Die Abweichungen bewegten sich unter 10%, was bei diesem Preis akzeptabel war.

Also wurden 50 St. davon bei einem chinesischen Zwischenhändler bestellt und im Frühling 2016 in industriellen Geflügelfarmen getestet. Auch dort waren die Ergebnisse nicht zu beanstanden. Wir kontaktierten Winsensor und kauften direkt bei denen 500 St. ein (Stückpreis 16 USD).

Wir waren am Überlegen eine zweite Bestellung zu tätigen, als im Spät-Herbst 2016 das Wetter kälter wurde und in den Geflügelfarmen deshalb die Belüftungsklappen die Aussenluftzufuhr drosselten. Infolgedessen wurden wir mit einer stetig anwachsenden Zahl von Reklamationen konfrontiert: die CO₂-Werte stimmten hinten und vorne nicht mehr.

Während der Pegel über 2.000ppm lag, meldeten unsere Sensoren Konzentrationen um 700ppm.



Bildquelle:

<https://www.vaisala.com/en/measurement/carbon-dioxide-co2-measurements>

Einflussgrößen auf den Messfehler

- Alterung der NIR LED
- Alterung des NIR Sensors
- Spannungsschwankungen am Sensor
- Luftdruck
- Temperatur
- Globale CO₂ Anstieg (wegen Autokalibrierung)
- Bestimmungsgemäße Betrieb (Kalibrierung)
- Gase mit Absorption im beobachteten Spektrum

Unerwartete CO₂ Quellen und Senken

- - Zement
- - Kohlensäure
- - Pflanzen
- - Gärprozesse

Messungen müssen Sie unter:
www.vaisala.com/CO2

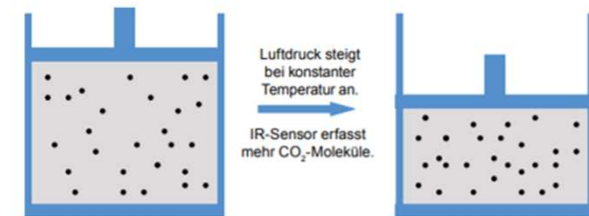
Die ideale Gasgleichung

Die ideale Gasgleichung ist nützlich, wenn es darum geht, die Auswirkung von Temperatur- und Luftdruckänderungen auf CO₂-Messungen abzuschätzen. Mit ihr können die CO₂-Messwerte kompensiert werden.

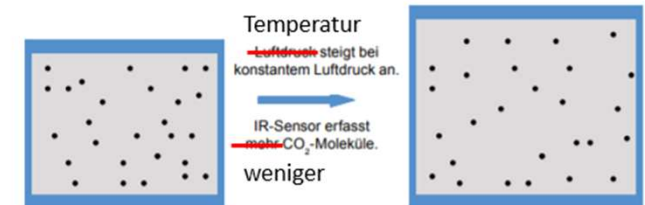
Das ideale Gas ist ein hypothetisches Gas, das aus sich wahllos bewegenden identischen Punktpartikeln besteht, die vernachlässigbare Größen und intermolekulare Kräfte aufweisen. Es gilt dabei die Annahme, dass die idealen Gasmoleküle sich untereinander und an der Wand des Behälters elastisch abstoßen.

In der Praxis verhalten sich Gase nicht exakt wie bei dieser Modellan-

Luftdruckanstieg bei konstanter Temperatur



Temperaturanstieg bei konstantem Luftdruck



Optimale Platzierung für CO₂-Messwertgeber

- Vermeiden Sie Stellen, wo Personen direkt auf den Sensor atmen könnten. Platzieren Sie den Sensor auch nicht zu nah an Einlass- bzw. Auslassrohren oder in der Nähe von Türen bzw. Fenstern.
- Raumsensoren liefern einer bedarfsgeregelten Lüftung genauere Daten zur Belüftungseffektivität als in Kanälen installierte Sensoren. Kanalsensoren eignen sich für Einzelbereichssysteme und sollten so nah wie möglich an Räumen mit Personen und zu Wartungszwecken leicht zugänglich montiert werden.
- Bei der CO₂-Messung für die Personensicherheit sollten Messwertgeber in der Nähe potenzieller Leckstellen installiert werden, um eine Früherkennung zu gewährleisten. Geometrie, Belüftung und Luftströmung des überwachten Raums sollten dabei berücksichtigt werden. Anzahl und Platzierung der CO₂-Messwertgeber sollten auf eine Lüftungsplanung basieren.

Autokalibrierung

Auto-Kalibrierung (Auto Baseline Correction)

Das ist lt. Hersteller der Standardmodus bei Auslieferung des Sensors:

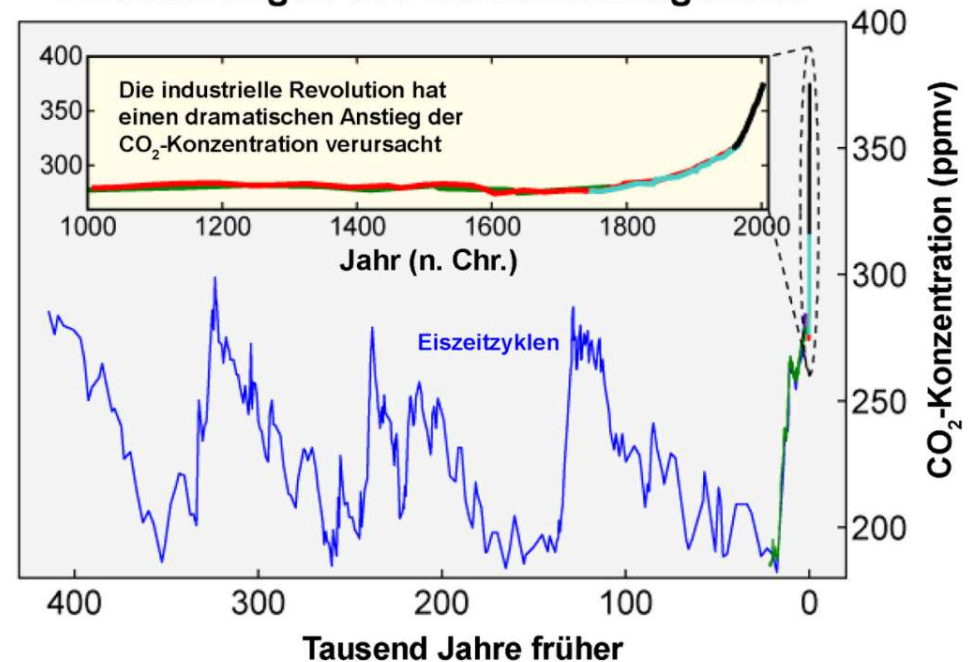
“ Self-calibration:
After the module works for some time, it can judge the zero point intelligently and do the zero calibration automatically. The calibration cycle is every 24 hours since the module is power on. The zero point is 400ppm. This method is suitable for office and home environment, not suitable for agriculture greenhouse, farm, refrigerator, etc.. If the module is used in latter environment, please turn off this function.^[14] ”

und

“ 0x79- On/Off Self-calibration for Zero Point
[...] ”
Default status is “this function is on”.^[15]

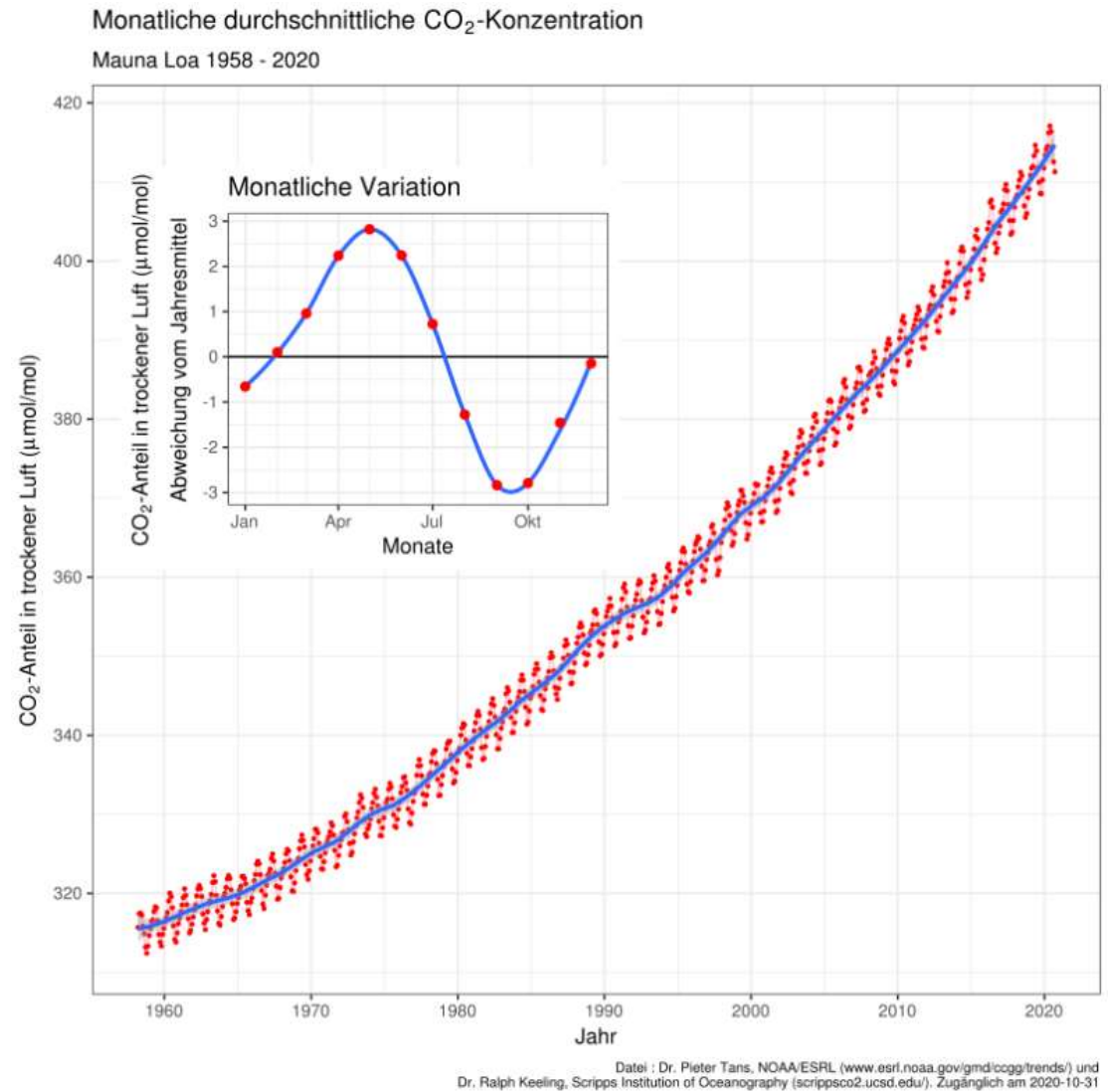
Das bedeutet, nach einiger Zeit in Betrieb wird der niedrigste gemessene Wert als Basiswert angenommen – man soll den Sensor auch hier anfangs wie angegeben mind. 20 Minuten in frischer Luft betreiben. Alle 24 Stunden kalibriert sich der Sensor neu, und zwar wird dann der niedrigste in dieser Zeit gemessene Wert als neuer Basiswert verwendet. Hat der Sensor nicht in frischer Luft arbeiten können, sondern z.B. im Innenraum in dieser Zeit als niedrigsten Wert 600 ppm gemessen (weil nicht oder nur kurz gelüftet werden konnte), kalibriert er sich auf diesen falschen Wert als Basiswert, d.h. die folgenden Messungen bis zur nächsten Kalibrierung ergeben zu niedrige Werte. Außerdem wertet der Mikrocontroller im Sensor aber wohl auch Messungen innerhalb von drei Wochen aus, um die Auto-Kalibrierung „intelligent“ durchführen zu können – vermutlich soll das dazu führen, dass auch ein längerer Betrieb in verbrauchter Luft nicht zu falschen Messwerten führt.

Veränderungen des Kohlendioxidgehalts



https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid#/media/Datei:Verlauf_Kohlendioxidgehalt.png

Veränderung der „Kalibrierluft“



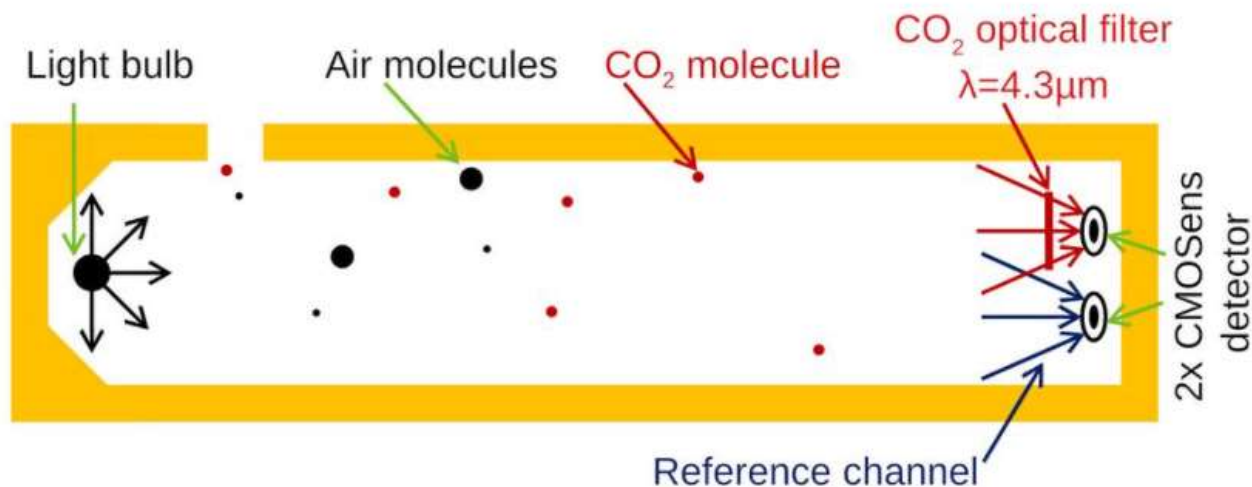
https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid#/media/Datei:Mauna_Loa_CO2_monthly_mean_concentration_DE.svg

Eine Alternative zur Autokalibrierung

<https://www.soselectronic.de/articles/sensirion/der-scd30-ist-mehr-als-nur-ein-ndir-co2-sensor-2152>

Eine Infrarotstrahlungsquelle (Glühlampe) wird auf einer Seite der Röhre angebracht. Auf der gegenüberliegenden Seite werden zwei Sensoren mit optischen Filtern angebracht. Der erste Sensor (CO_2) hat einen Durchlassfilterbereich für Wellenlänge $4,3 \mu\text{m}$; dieser misst die Strahlungsintensität I_d .

Der zweite Sensor (Referenz) hat einen Durchlassfilterbereich für die Wellenlänge, die minimal von Gasen in der Luft absorbiert wird (üblicherweise $4 \mu\text{m}$); er misst die Strahlungsintensität I_0 .



SCD30

- Kalibriertes, linearisiertes und temperaturkompensiertes Modul
- Dualsensordetektion garantiert hervorragende langfristige Stabilität
- Integrierter RH- und Temperatursensor
- CO₂-Messbereich 400...10 000 ppm
- Genauigkeit $\pm (30 \text{ ppm} + 3\%)$