

DIY-Messgerät zur CO₂-Messung

(von Robert und Martin Queitsch)

Motivation

Immer wenn hohe Radonkonzentrationen vorliegen, sind in der Regel auch die CO₂-Konzentrationen hoch. Da CO₂-Sensoren leicht anzusteuern und günstig erhältlich sind, ist ein entsprechendes Eigenbaugerät für den Bastler nahe liegend.

Beschreibung des Messverfahrens

Das in der Luft enthaltene CO₂-Gas darf nur sehr geringe Konzentrationen aufweisen, bevor es zur Gefahr wird. Werte über 1,5% sollten beim Höhlen- oder Bergwerksbesuch nicht auftreten! Derart niedrige Konzentrationen bedeuten auf der Messgeräteseite einen einsprechend hohen Aufwand. Als Messverfahren wird in der Regel die Lichtabsorption im Infrarotbereich verwendet (NDIR = **N**icht**d**ispersive **I**nfrarot**m**essung).

Als Infrarotlichtquelle dient in der Regel eine mit niedriger Spannung betriebene Glühbirne. Alternativ werden sehr spezielle Laserdioden verwendet. Die Lichtquelle wird in regelmäßigen Abständen kurz eingeschaltet. Zur Detektion wird oft ein pyroelektrischer Sensor verwendet. Er reagiert nur auf Intensitätsänderungen (daher muss die Lichtquelle gepulst werden).

Pyroelektrische Sensoren werden auch in Bewegungsmeldern verbaut. Sie bestehen aus Piezomaterialien, die durch Wärmeeinwirkung mechanisch verformt werden und dadurch einen Spannungsimpuls abgeben. Alternativ werden Thermosäulen als Detektor genutzt. Photodioden sind für den Wellenlängenbereich praktisch nicht verfügbar (abgesehen von Laborexemplaren). Befindet sich zwischen Lampe und Sensor ein CO₂-haltiges Gas, wird das Licht im Wellenlängenbereich um 4,3 µm stark abgeschwächt. Damit der Sensor nur auf diese Wellenlänge reagiert, ist ein schmalbandiges optisches Filter vor dem Sensor platziert. In besseren Sensoren wird die Strahlung auf einem zweiten Lichtweg durch das gleiche Gas zu einem weiteren Sensor gelenkt. Der zweite Sensor misst entweder integral alle Wellenlängen oder ist auf eine von 4,3 µm abweichende Wellenlänge angepasst. Dadurch können Veränderungen z.B. durch Alterung der Lampe oder durch Luftfeuchte in gewissen Grenzen kompensiert werden. Ein alternatives Messverfahren nutzt die akustische Reaktion der CO₂-Gasmoleküle auf Laserimpulse bei 4,26 µm Wellenlänge (photoakustische Messung).

Der Eigenbau entsprechender Messaufbauten scheitert schon an den hohen Kosten für die Einzelteile. Ein einzelnes optisches Schmalbandfilter für 4,26 µm Wellenlänge kostet rund 500€. Günstiger kämen pyroelektrische Sensoren mit eingebautem Filter. Der elektrische Schaltungsaufwand und der Programmieraufwand bleiben aber weiter sehr groß.

Fertige Sensormodule sind mittlerweile aufgrund von Massenproduktion günstig zwischen 30 und 200 € bei Einzelbestellung erhältlich.

Realisierung

SCD30 von Sensirion kaufen, an Arduino anschließen, Bibliothek laden, a bisserl programmieren - fertig. Es gibt genügend Anleitungen dazu....

Wozu also das vorliegende Dokument?

Was oft nicht erzählt wird...

- Nicht jedes Sensormodul ist für unseren Zweck geeignet. Die meisten Module sind für die Raumluftüberwachung gedacht. Deren Messbereich bis maximal 0,5 % (5000 ppm)

CO₂-Gehalt ist nicht für den Zweck der Höhlenforschung geeignet. Hier benötigen wir Sensoren, die mindestens Gaskonzentrationen zwischen 0 und 3 - 5 % abdecken.

- In der Regel sind alle Sensoren (egal welcher Typ oder Hersteller) mit einer Selbstkalibrierfunktion ausgestattet, die standardmäßig aktiv ist. Sie ist für fast jede Anwendung unbrauchbar! Unbedingt deaktivieren. In der Höhle ist sonst keine korrekte Messung möglich. Eine Kalibrierung sollte immer nur in großen Zeitabständen unter Laborbedingungen erfolgen.
- Die Messrate ist oft zu hoch eingestellt. Eine Glühlampe, die regelmäßig alle 2 Sekunden aufleuchten muss, verbraucht den Akku sehr schnell (hohe Einschaltströme). Die Messrate kann über entsprechende Einstellungen reduziert werden. Der Hersteller Sensirion liefert dazu sogar eine Anleitung [1].
- Alternativ für den Loggerbetrieb, wenn z.B. nur alle Stunden gemessen werden soll, den Sensor nur für 2 Minuten mit Strom versorgen, Messwert auslesen und wieder abschalten. Die Abschaltung mit einem Transistor realisieren, weil oft keine eingebaute Standby-Funktion vorhanden ist. Der Sensor wird dann nicht unbedingt seinen normalen Arbeitspunkt erreichen und mit dem Messergebnis systematisch daneben liegen. Daher die Kalibrierung nach Tests entsprechend anpassen.
- Wenn ein Luftdrucksensor zur Verfügung steht, kann die Messgenauigkeit gesteigert werden, wenn der aktuelle Luftdruck dem Sensor mitgeteilt wird (SCD30). Die Option ist vor allem bei Nutzung in alpinen Höhlen wichtig.
- Beim Arduino alle Leuchtdioden oder deren Vorwiderstände auslöten, um den Stromverbrauch zu senken. Noch besser: Board selbst entwickeln und gleich auf den Stromverbrauch achten.

Literaturhinweis

- [1] "Low Power Mode for SCD30", Applikationshinweis der Sensirion AG, 2018.
Zugegriffen: 7. Mai 2024. [online]. Verfügbar unter:
https://sensirion.com/media/documents/0FEA2450/61652EF9/Sensirion_CO2_Sensor_s_SCD30_Low_Power_Mode.pdf

Getestete Sensormodule

COZIR bzw. GSS Explorer-WX-5 oder WX-20

Sensor mit extrem niedrigem Stromverbrauch. Bereits nach 2 Sekunden ist eine erste Messung möglich, nach 10 Sekunden garantierte Spezifikation. Ab dann können bis zu 20 Messungen pro Sekunde ausgelesen werden. Der Sensor verwendet eine Laserdiode als Sender. Allerdings wird kein zweiter Lichtweg realisiert. Das Auslesen erfolgt über eine serielle Schnittstelle (UART 9600 Baud, TTL-Pegel, nicht invertiert). Messbereich bis 5% bzw. bis 20%. Betriebsspannung 3,3 Volt. Mit oder ohne eingebauten Feuchtesensor erhältlich.

Preis: 190...250€

Sensirion SCD30

Mit Factory-Setting liegt der Stromverbrauch um 20mA. Verwendet gewöhnliche Glühlampe - stoßempfindlich! Stromverbrauch kann im Mittel auf weniger als 5 mA bei Dauerbetrieb gesenkt werden. Erste verlässliche Messung nach 2 Minuten. Maximale Messfrequenz 0,5 Hz. Schnittstellen I2C, UART (TTL 3 Volt, nicht invertiert) oder PWM. Zwei Lichtwege! Niedrige Kosten. Garantierte Genauigkeit zwischen 0 und 1% besser 50 ppm. Messbereich 0 - 4%. Betriebsspannung 3,3 - 5 Volt. Mit eingebautem Feuchtesensor.

Preise: 30...80€ (teilweise werden die Module gekapselt angeboten - deshalb teurer)