



## Grundlegendes

Eine übermäßige  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Raumluft macht sich durch Benommenheit, Konzentrationsverlust, beeinträchtigte Entscheidungsfähigkeit und ein Gefühl der „Beengtheit“ bemerkbar [1]. Wenn man einen Raum mit „schlechter“ Luft betritt, bemerkt man das sofort: Die Luft fühlt sich „verbraucht“ an und riecht schlecht. Dieser Geruch kann nicht vom geruchlosen  $\text{CO}_2$  stammen, sondern rührt von den sogenannten VOC her: Volatile Organic Compounds (flüchtige organische Verbindungen). Sie kommen in die Raumluft durch den Menschen (Atemluft, Ausdünstungen, Kosmetik), aber auch durch Freisetzung zum Beispiel aus Möbeln und Bodenbelägen [1]. Da es für einen „Gesamteindruck“ der Luftqualität nicht notwendig ist, die Konzentrationen einzelner flüchtiger organischer Verbindungen zu kennen, fasst man sie alle unter dem Begriff „Total Organic Compounds“ = TVOC zusammen.

Der in diesem Gerät verwendete Sensor misst den TVOC-Wert und errechnet daraus einen  $\text{CO}_2$ -äquivalenten Wert ( $\text{eCO}_2$ ). Er benötigt eine Aufwärmzeit von ca. 5 - 10 Minuten und reagiert danach relativ schnell auf Änderungen der TVOC-Konzentration. Die Zahlenwerte haben die Einheit ppb = parts per billion.

## Materialien

- Arduino-Nano-Mikrocontroller mit LCD-Display und RGB-LED
- Sensor: CCS811
- Gehäuse: eigener Entwurf, Lasercut

## Richtwerte und Anzeige am Gasmessgerät

### Vorbemerkung zu $\text{CO}_2$ -Werten

Die normale Konzentration von  $\text{CO}_2$  in der Außenluft beträgt ca. 400 ppm (parts per million). In geschlossenen Räumen kann dieser Wert schnell extrem hohe Werte erreichen und bis 5000 ppm steigen [2]:

## Richtwerte für TVOC

Stufe	Konzentrationsbereich [mg/m <sup>3</sup> ]	Hygienische Bewertung
1	≤ 0,3 mg/m <sup>3</sup>	Hygienisch unbedenklich. In der Regel keine Beschwerden.
2	> 0,3-1 mg/m <sup>3</sup>	Hygienisch noch unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen.
3	> 1-3 mg/m <sup>3</sup>	Hygienisch auffällig. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (< 12 Monate). Innerhalb von ca. 6 Monaten sollte TVOC-Konzentration deutlich unter den anfangs gemessenen TVOC-Wert abgesenkt werden.
4	> 3-10 mg/m <sup>3</sup>	Hygienisch bedenklich. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (< 1 Monat). Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m <sup>3</sup> abgesenkt werden.

Hygienische Bewertung von TVOC-Werten und Empfehlungen für Maßnahmen nach [3], weitere Informationen in [4].

Das Messgerät gibt den gemessenen TVOC-Wert in ppb an. Die Farbe der LED zeigt sofort die Bedeutung des Wertes an. Da die Tabelle die TVOC-Richtwerte in der Einheit mg/m<sup>3</sup> angibt, während der Sensor einen ppb-Wert liefert (ppb = parts per billion), ist eine Umrechnung notwendig. Sie wurde folgendermaßen durchgeführt:

Die Abkürzungen bedeuten: ppm = parts per million (1 : 10<sup>6</sup>)  
ppb = parts per billion (1 : 10<sup>9</sup>)

Ein m<sup>3</sup> Luft wiegt ungefähr 1,3 kg. 1,3 mg sind damit der millionste Teil, entsprechen also einem ppm bzw. 1000 ppb.

Damit erhält man die eingestellte Farbzurordnung:

LED grün:	Stufe 1	0 mg – 0,3 mg	0 bis 230 ppb
LED blau:	Stufe 2	0,3 mg – 1 mg	230 bis 770 ppb
LED rot:	Stufe 3	ab 1 mg	ab 770 ppb

### Quellen:

- [1] <https://www.all-electronics.de/kleine-stromsparende-metalloxyd-voc-sensoren/>  
(Gute Erläuterungen der Grundlagen und der prinzipiellen Anwendungsmöglichkeiten)
- [2] [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/kohlendioxyd\\_2008.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/kohlendioxyd_2008.pdf)  
(Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft)
- [3] [https://www.lgl.bayern.de/gesundheits/Arbeitsplatz\\_Umwelt/chemische\\_Umweltfaktoren/Beurteilung\\_tvoc\\_konzept.htm](https://www.lgl.bayern.de/gesundheits/Arbeitsplatz_Umwelt/chemische_Umweltfaktoren/Beurteilung_tvoc_konzept.htm)
- [4] <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/TVOC.pdf>  
(Richtwerte für die Innenraumluft- Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen)