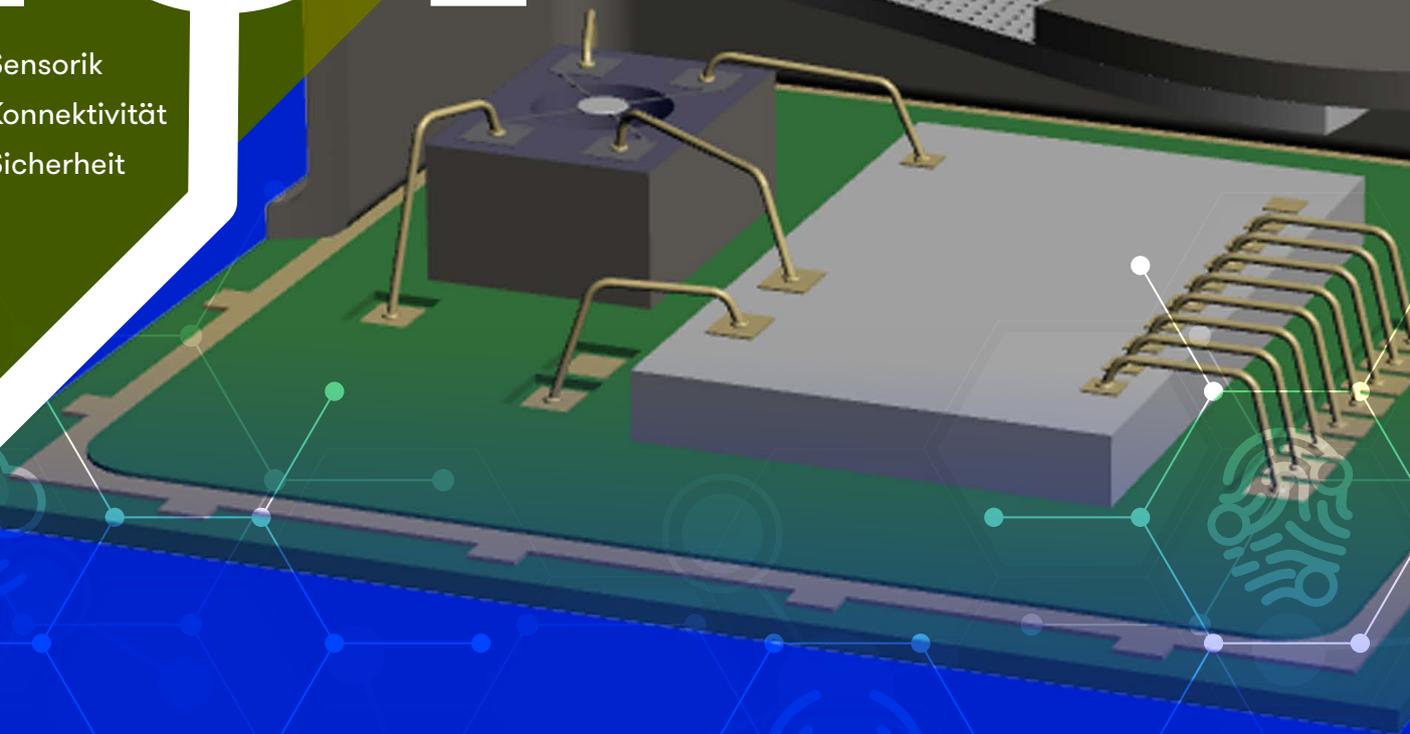


Destination IoT

- 📶 Sensorik
- 📶 Konnektivität
- 🔒 Sicherheit



FRISCHE LUFT

Sensorik in der
Gebäudeautomatisierung

de.rs-online.com



FrISCHE LUFT

Sensorik in der Gebäudeautomatisierung

Sensoren sind die Grundlage für die Automatisierung im Smart Building. Auf den von ihnen erfassten Messdaten basieren alle Maßnahmen, die in industriellen, landwirtschaftlichen, medizinischen und privaten Gebäuden getroffen werden. Ein Schwerpunkt stellen Sensoren für die Luftgüte, Licht und Innenraum-Umgebungsbedingungen dar. Der Distributor RS Components hält hierfür ein vielseitiges Sensor-Portfolio bereit.

Der VDI – Verein Deutscher Ingenieure - fasst unter Gebäudeautomation alle Maßnahmen, Anlagen, Prozesse, Tools und Dienstleistungen zusammen, die der automatischen Steuerung und Regelung, der Überwachung, Optimierung, Bedienung und dem Management von technischer Gebäudeausrüstung dienen. Sie werden in der VDI Richtlinie VDI 3814 beschrieben. Die Richtlinie VDI 3813 wiederum befasst sich speziell mit den Grundlagen der Raumautomation.

Praktisch werden die Gebäudeautomations-Systeme vom TÜV SÜD in die Feldebene, Automationsebene und die Managementebene gegliedert. Auf der Feldebene geht es um den Betrieb der technischen Anlagen eines Gebäudes. Die sogenannten Feldgeräte dafür sind Sensoren und Aktoren.



Bild 1. Die Sensoren agieren auf der Feldebene

Die Sensoren nehmen aktuelle Messdaten auf und speisen sie in den Regelkreis ein. Die Aktoren setzen dann Steuerungs- und Regelalgorithmen um. Typische Anwendungen sind Lüftung, Heizung, Beleuchtung und Verschattung. Entscheidend ist, dass alle Maßnahmen in ein intelligentes Gesamtsystem eingebunden werden. Das passiert drahtlos über diverse Funktechnologien oder über drahtgebundene Bussysteme.

Neben den Komfortfunktionen können damit spezielle Umgebungsbedingungen geschaffen werden. Beispielsweise müssen wertvolle Bücher und Schriftstücke bei einer konstanten relativen Luftfeuchte von 60 bis 65% rF aufbewahrt werden.

Wird in Gebäuden nicht ausreichend gelüftet, steigt die CO₂-Konzentration. Ein Luftgüte-Datum, das man z.B. bei den CO₂-Ampeln nutzt, die seit der Corona-Pandemie zum Einsatz kommen und Lüftungsintervalle vorgeben.

CO-Sensoren dienen direkt dem Schutz von Menschen, denn das geruchlose Gas ist gesundheitsschädlich und ggfs. tödlich. Besondere Bedingungen gelten auch in medizinisch genutzten Gebäuden, in Gewächshäusern und speziellen Lagern.

Ein Beispiel für die “Gesundheitsforschung” ist das Projekt [Home+Dem](#) der Hochschule Luzern unter dem Motto “Activities of Daily Living”: Mit Präsenzmeldern, Drucksensoren und CO₂-Sensoren werden Verhaltensmuster von allein lebenden Personen überwacht. Festgestellte Verhaltensänderungen könnten nämlich ein Hinweis auf sich entwickelnde Demenz oder Parkinson sein.

Auch für das Thema Schimmelbildung und die Einsparung von Treibhausgasen sowie für den Schutz von Personen ist diese Sensorik wesentlich.

Ausgewählte Sensortypen für Gebäudeautomatisierung

- Gassensoren (CO₂, CO)
- Lichtsensoren
- Feuchtigkeitssensoren
- UV-Sensoren
- Licht-/Helligkeitssensoren
- Vibrationssensoren
- Bewegungssensoren
- Rauchmelder (Fotodiode)
- Temperaturfühler
- Akustische Sensoren
- Luftdrucksensoren

Die Gasschnüffler

Für Gase existieren viele verschiedene Sensoren. Aus aktuellem Anlass - der immer noch anhaltenden Corona-Pandemie - ist das Thema Luftgüte momentan von besonderer Wichtigkeit. Beispielhaft betrachtet wird nachfolgend einer der in der Raumluft zu überwachenden Werte - das Kohlendioxid (CO₂). Das farb- und geruchlose Gas ist mit einer Konzentration von zirka 400 ppm in der Umgebungsluft enthalten. Da es als Abbauprodukt der Zellatmung beim Menschen entsteht, wächst die Konzentration, je mehr Personen sich in einem Innenraum befinden. Außerdem spielt eine Rolle, welche Aktivitäten vorgenommen werden, wie gut der Raum von der Außenluft abgeschottet ist und wie lang die Verweildauer der Menschen ist.

Der [Ausschuss für Innenraumrichtwerte \(AIR\)](#) hat gesundheitlich-hygienische Leitwerte für die CO₂-Innenraumluft-Konzentration festgelegt. Demnach gilt eine unterhalb von 1000 ppm liegende CO₂-Konzentration als unbedenklich. Werte zwischen 1000 bis 2000 ppm sind auffällig und erfordern Lüftungsmaßnahmen. Ab einer CO₂-Konzentration von 2000 ppm ist die Raumluftqualität schlecht und es müssen dringend Maßnahmen ergriffen werden. Hier können smarte Lüftungssysteme zum Einsatz kommen, die für die Verbesserung der Raumluft bei gleichzeitiger Überwachung des Energieverbrauchs sorgen.

Wer eine Rechnung für seine Räume durchführen möchte, findet hier einen [CO₂-Rechner](#).

Wie wird gemessen?

Kohlendioxid kann mit folgenden Verfahren gemessen werden:

- NDIR-Sensoren (nichtdispersive Infrarot-Sensoren)
- Metalloxid-basierte Sensoren
- Photoakustische Sensoren

NDIR-Sensoren

NDIR-Sensoren basieren darauf, dass CO₂ die Infrarotstrahlung auf eine charakteristische Weise absorbiert. Das wird dann von einem IR-Sensor nachgewiesen. Zu diesem Zweck kommen ein IR-CO₂-Sensor mit Lichtquelle, eine Messkammer und ein Interferenzfilter zum Einsatz. Das Licht wird dabei nicht zerlegt (nichtdispersiv). Die IR-Strahlung gelangt von der Lichtquelle zum Sensor, wobei es sich durch das Gas bewegt. Durch Filterung wird nur die Wellenlänge des Gases durchgelassen. Aus der Lichtintensität kann die Konzentration des CO₂ ermittelt werden. Moderne Geräte nehmen dabei auch eine Anpassung an Temperatur- und Luftdruckverhältnisse vor.

Der NDIR-Sensor [ExplorIR-W von Gas Sensing Solutions](#) (GSS) ist ein CO₂-Sensor mit einem optionalen analogen Spannungsausgang. Er ist für batteriebetriebene Systeme ausgelegt und erledigt Messungen bis zu einer Konzentration von 100%. Seine Reaktionszeit reicht von 10s bis zu 2 Minuten, Die Betriebstemperatur umfasst standardmäßig 0 bis 50°C oder bei den Modellen für erweiterte Betriebstemperaturen von -25 bis +55°C.



Bild 2. Der Sensor von GSS misst bis zu einer Konzentration von 100 %. (Bild: RS Components)

Metalloxidbasierte Sensoren

Metalloxidbasierte Sensoren (MOX) nutzen die elektrische Leitfähigkeit von speziellen Beschichtungen, um Gase zu detektieren. Der Widerstand einer solchen Beschichtung ändert sich, wenn sie Kontakt mit einem Gas hat. MOX-Gassensoren reagieren auf reduzierende und oxidierende Gase und können Spurengase (CO, NO_x, NH₃), schwefelhaltige Gase und Kohlenwasserstoffe detektieren. Außerdem lassen sich mit ihnen flüchtige organische Verbindungen (VOCs: Volatile Organic Compounds) aufspüren.

Ein VOC+NO_x-Sensor zur Überwachung der Raumluftqualität ist der [SGP41 von Sensirion](#). Er integriert zwei Sensorlösungen auf einem Chip und nutzt die herstellereigene MOXSensTechnologie. Die beiden Sensorsignale, die von einem Gas-Index-Algorithmus verarbeitet werden, ermöglichen zum Beispiel ein automatisiertes Anschalten von Luftbehandlungsgeräten. Dazu gibt es ein Evaluierungskit ([SEK-SVM4x](#)), welches das SVM41-Sensormodul mit SGP41 und SHT40-Feuchtesensor sowie einen Mikrocontroller mit VOC- und NO_x-Index enthält. Es meldet seine Daten über eine I2C- oder UART-Schnittstelle. Neben dem SVM41 liegt dem SEK-SVM4x ein UART-USB-Kabel bei, das die Auswertung der Sensoren z. B. durch Integration in bestehende Plattformen wie Arduino oder Raspberry Pi erlaubt.



Bild 3. Das Bild zeigt links das Entwicklungskit und rechts den Sensor SGP41. (Bild: RS Components)

Photoakustische Spektroskopie

Gase lassen sich auch durch photoakustische Spektroskopie (PAS) nachweisen. Dabei wird eine Gasprobe in einer Messzelle mit einer gepulsten Lichtquelle (Laser) mit einer speziellen Frequenz bestrahlt. Die Gasmoleküle absorbieren das Licht und erwärmen sich. Dadurch entstehen akustische Wellen, die mit Schallwandlern (MEMS-Mikrofonen) erfasst werden können. Je lauter sie sind, umso höher ist die Konzentration des Gases.

Dieses Prinzip nutzt auch der Sensor XENSIV PAS CO₂ von Infineon. Dabei kommt ein empfindliches MEMS-Mikrofon als Detektor zum Einsatz. Der Sensor ist für Smart Home-Anwendungen und Gebäudeautomation geeignet. Dazu gehören die bedarfsgesteuerte Lüftung sowie IoT-Geräte wie Luftreiniger, Thermostate, Wetterstationen und persönliche Assistenten.

Auf einer Leiterplatte integriert der CO₂-Sensor einen photoakustischen Wandler mit Detektor, Infrarotquelle und optischem Filter. Der Sensor verfügt über einen Mikrocontroller für die Signalverarbeitung, Algorithmen sowie einen MOSFET zum Betreiben der Infrarotquelle. Der Mikrocontroller wandelt das MEMS-Mikrofon-Ausgangssignal in einen ppm-Wert um, der über drei Schnittstellen verfügbar ist: ein serielles I²C-, UART- oder PWM-Interface.

Das Spektrum für die CO₂-Messung umfasst den Bereich von 0 ppm bis 10.000 ppm - mit einer Ungenauigkeit von ± 30 ppm oder ± 3 % des Messwertes. Im gepulsten Modus ist der CO₂-Sensor auf eine Lebensdauer von zehn Jahren ausgelegt.

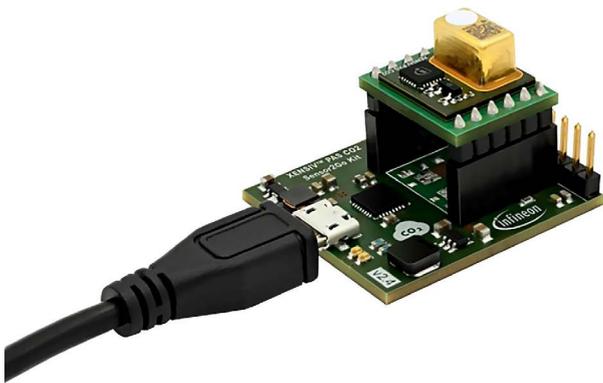


Bild 4. Hier das passende Evaluierungskit dazu. Es hat die Bezeichnung [XENSIV™ PAS CO₂ Sensor2Go](#) und kann in Kombination mit der PAS CO₂ Mini-Evaluierungsplatine von Infineon (Bild unten) verwendet werden. (Bild: RS Components)



Bild 5. Die [XENSIV PAS CO₂ Mini-Evaluierungsplatine](#) von Infineon ermöglicht den Versuchsaufbau und das Design einer CO₂-Applikation. Der Anschluss an eine Anwendungsplatine erfolgt mit einer 2,54-mm-Stiftleiste. (Bild: RS Components)

Auch der [Sensirion SCD40](#) ist ein Miniatur-CO₂-Sensor, der die photoakustische Sensortechnologie und CMOS-Technologie verwendet. Der SMD-Baustein hat Abmessungen von 10,1mm x 10,1mm x 6,5mm und einen Ausgabebereich von 0 ppm bis 40.000 ppm. Der Versorgungs-Spannungsbereich umfasst 2,4V bis 5,5V. Der Sensor besitzt eine digitale I²C-Schnittstelle und integriert auch einen Temperatur- und Feuchtigkeitssensor.



Bild 6. Der Sensor SCD40 von Sensirion ist klein wie ein Zuckerwürfel. (Bild: RS Components)

Kombinieren erwünscht

Viele Sensoren, Module oder Entwicklungskits kombinieren verschiedene Funktionen für die Erfassung von Umweltdaten. Damit lassen sich gleichzeitig mehrere Parameter überwachen.

Ein Beispiel dafür ist das Evaluierungboard 2JCIE-EV01 von Omron Electronic Components Europe. Es ist für die Messung von Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck, Lichtstärke, Geräuschen und Beschleunigungen ausgelegt. Ein Steckverbinder ermöglicht die Erweiterung um Omrons Wärmesensor D6T, den MEMS-Differenzialdruck-Sensor D6F-PH, den Optosensor B5W-LB oder um den Luftqualitäts-/Staubsensor B5W-LD. Das Entwicklungsboard kann mit Raspberry-Pi-, Arduino- oder Adafruit-Feather-Hosts benutzt werden.

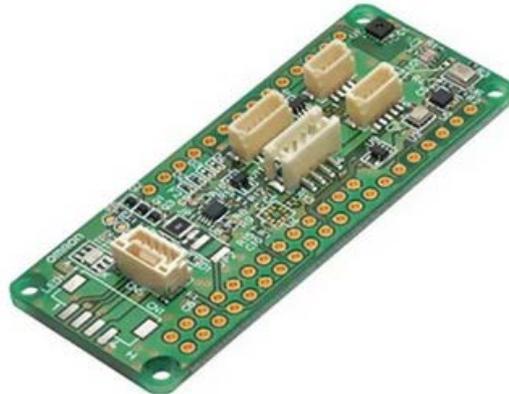


Bild 7. Omron bietet drei verschiedene Varianten des 2JCIE-EV01 Sensor Evaluationboards an, je nachdem, ob der Prototypen auf Raspberry Pi, Arduino oder Adafruit Feather gehostet werden soll. Das Bild zeigt das [Omron Adafruit *3 Entwicklungskit](#). Es unterstützt sechs Arten von Sensorfunktionen. (Bild: RS Components)

Auch als kompaktes Modul ist das [iAQ-Core von ams Osram](#) ausgelegt. Es dient der Bestimmung der Raumluftqualität. Der integrierte MEMS-Sensor erfasst auch VOCs (flüchtige organische Verbindungen). Das Modul kommuniziert über den seriellen I2C-Bus mit 100kHz und benötigt eine Stromversorgung von 3,3V. Das Sensormodul implementiert die Luftqualitätssensoren in einem Format von 15,2mm x 17,8mm x 4,3mm.



Bild 8. Das Modul ist in zwei Varianten verfügbar - für Dauerbetrieb oder für Impulsbetrieb. (Bild: RS Components)

Ein komplettes System zur Luftqualitäts-Überwachung im Raum ist das [EA DemoPack-CLIMA von Electronic Assembly/Display Vision](#). Es besteht aus einem 2,8-Zoll-IPS-Display einschließlich PCAP (Projective Capacitive Touch) und Anwendungsplatine mit Umgebungssensoren wie Temperatur-, Feuchtigkeits- und CO₂-Gassensor. Das Miniatur-Touch-Panel kann als Ersatz für physische Schalter und Controller in der Heimautomatisierung benutzt werden. Dazu gibt es ein TFT-Panel, Kabel, Stecker und Zubehör sowie das WYSIWYG-Grafiktool uniTFTDesigner zum Erstellen von Bildschirm-Layouts, Bedienoberflächen und Funktionen. Per Drag-and-Drop lassen sich Touchfelder, Texte und Bilder in Bildschirmseiten integrieren und Objekteigenschaften anpassen. Außerdem sind Simulator, Makroeditor und Debugger enthalten, um Projekte auch ohne Hardware entwickeln zu können.



Bild 9. Das Kit eignet sich als Entwicklungsplattform für Anwendungen im Smart-Home-Bereich und im industriellen Umfeld. (Bild: RS Components)

Das [CO₂-Sensor-Entwicklungsakit T6713](#) von Amphenol Advanced Sensors ist für Mikroprozessor-Geräte ausgelegt. Unter der Marke Telaire bietet der Hersteller CO₂-Sensortechnologie, Luftqualitätssensoren für die Messung von Staub gemäß des Feinstaubstandards Particulate Matter (PM) 2,5 und PM 10 sowie Lösungen für die relative Luftfeuchtigkeit (RH oder rF) an. Speziell für die CO₂-Erfassung wurde die T3022-Serie entwickelt. Die Sensoren sind gemäß IP65 geschützt, nutzen die Non-Dispersive Infrared (NDIR)-Messtechnologie und ermöglichen eine Installation mit einem 5-V-Eingang und einem I²C-Digitalausgang.

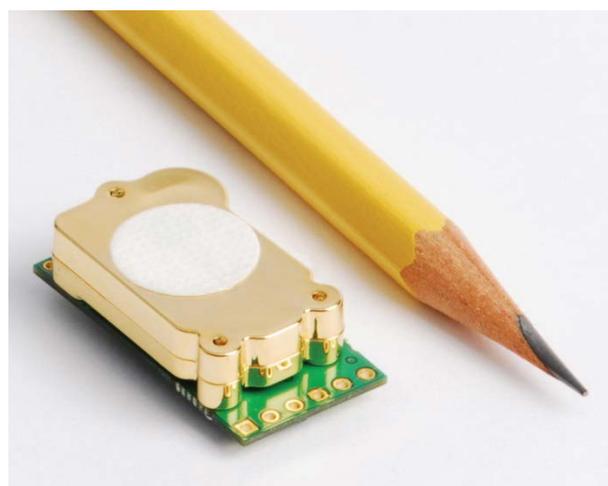


Bild 10. Das Sensormodul der Serie Telaire CO₂ ist für Anwendungen vorgesehen, bei denen CO₂-Werte für Innenraumluftqualität und energiesparende Anwendungen wie die bedarfsgesteuerte Belüftung gemessen und gesteuert werden müssen. Alle Einheiten sind werkseitig kalibriert, um CO₂-Konzentrationswerte bis zu 5000 ppm zu messen. (Bild: RS Components)

Das [Kit enviro:bit von Pimoroni \(PIM355\)](#) ist mit Sensoren für Luft und Wetter, Farbe und Licht sowie Ton ausgestattet und kann direkt auf ein Micro:bit-Board gesteckt werden. Der Micro:bit ist ein im Jahr 2015 von der BBC entwickelter Einplatinencomputer, der unter anderem von Bildungsorganisationen weltweit für Lernprogramme in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) verwendet wird. Das Kit enthält ein MEMS-Mikrofon und bietet Microsoft MakeCode- und MicroPython-Unterstützung.

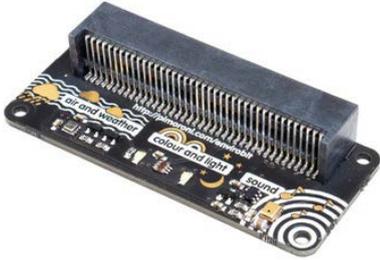


Bild 11. Das PIM355 wird einfach auf ein Micro:bit aufgesteckt - Löten ist nicht erforderlich. (Bild: RS Components)

Mit dem Evaluierungskit [ZMOD4410 \(EVK\)](#) kann das Gassensormodul ZMOD4410 von Renesas für die Raumluftqualität evaluiert werden. Es misst flüchtige organische Verbindungen (TVOC) als Indikator für die Raumluftqualität. Darüber hinaus sind Messmodi verfügbar, um ein externes Gerät (z. B. Lüfter, Belüftung) basierend auf der Luftqualitäts-Änderung auszulösen und Schwefelgerüche zu unterscheiden. Das Kit umfasst die HiCom Kommunikationsplatine, die Sensorplatine mit dem Gassensormodul ZMOD4410 und ein 0,5m langes USB-auf-Micro-USB-Kabel vom Typ B.



Bild 12. Das Kit arbeitet mit Software von Renesas - entweder mit ausführbarer ZMOD4410-GUI oder alternativ mit Firmware-Programmierung. Es ermöglicht den Anschluss von Sensorplatinen für verschiedene Gassensoren-Derivate und die Integration mit anderen Sensoren über die I2C-Schnittstelle. (Bild: RS Components)

Der MEMS-Sensor BME688 von Bosch Sensortec kann zur gleichzeitigen Messung von Gas, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Luftdruck eingesetzt werden. KI-Funktionen des Sensors und das Software-Tool BME AI-Studio helfen bei der Entwicklung. Dazu gibt es auch ein Adafruit-kompatibles Entwicklungs-Kit.

Der BME688 basiert auf der [BME680-Plattform](#) von Bosch Sensortec. Der Gassensor ist in der Lage, eine Vielzahl von Gasen zu erkennen, darunter flüchtige organische Verbindungen (VOCs), flüchtige Schwefelverbindungen (VSCs) und Kohlenmonoxid. Per Software kann er zudem für andere Gasgemische und Anwendungen optimiert werden.

Neben den Gasen misst der BME688 Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Temperatur und nutzt diese zusätzlichen Daten für die Erstellung eines KI-Modells.

Das Gehäuse des Sensors hat die Maße 3,0mm x 3,0mm x 0,9mm. Der Strombedarf kann je nach den erforderlichen Datenraten und Funktionen auf 2,1µA bis 11mA konfiguriert und mit dem BME AI-Studio optimiert werden.

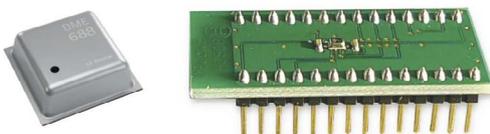


Bild 13. Links ist der Sensor BME688 zu sehen, rechts die Evaluierungsplatine dafür. (Bild: RS Components)

Neben den erwähnten Sensoren und Entwicklungskits hat [RS Components](#) weitere Produkte aus dem Bereich Sensorik für die Gebäudeautomatisierung im Programm.