

Gassensoren

Unsere Umgebungsluft besteht aus einem Gasgemisch, dessen Zusammensetzung von vielen Faktoren abhängig sein kann. Eine wichtige Rolle spielen dabei Umweltbelastungen. Die Analyse der Luftzusammensetzung erfolgt mit Gassensoren, die auf bestimmte Gase oder Gasgruppen reagieren.

Allgemeines

Der Nachweis und die Messung der Konzentration von bestimmten Gasen der Luft ist eine wichtige Aufgabe im Bereich der Umweltmesstechnik, und in vielen industriellen und chemischen Prozessen kann darauf nicht verzichtet werden. Durch derartige Analysen kann z. B. der Ausstoß von Schadstoffen verringert, und Brände oder Explosionen können verhindert werden.

Durch unkontrolliert ausströmendes Gas, z. B. aus einer Leckage, können verheerende Unfälle und Explosionen entstehen. Wohnungen und Gebäude, in denen gasbetriebene Geräte (Heizung, Therme, Kochherd usw.) im Einsatz sind, sollten daher so

ausgerüstet sein, dass Leckagen rechtzeitig bemerkt werden, bevor es zu einer explosiven Gaskonzentration kommt.

Auch die tödliche Gefahr von Kohlenmonoxid (CO), die von einer unbemerkten Brandentwicklung in der Nacht oder dem Rückstau von Heizungs-Abgasen entsteht, sollte nicht unterschätzt werden. Die besondere Gefahr bei CO-Austritt liegt darin, dass dieses Gas unsichtbar und geruchlos ist. Beim Einatmen dieses tückischen Gases kommt es, ähnlich wie bei einer Narkose, zu schnell abnehmender Handlungsfähigkeit und schließlich zur Lähmung des zentralen Nervensystems. Die meisten CO-Unfälle treffen die Menschen im Schlaf. Bereits einfache, preiswerte CO-Warngeräte, wie in Abbildung 1, können lebensret-

tend sein. Das Gerät alarmiert bereits bei geringen Konzentrationen dieses gefährlichen Gases mit einem lauten Signalton.

Ein weiteres Gas-Warngerät ist in Abbildung 2 zu sehen. Dieses selektiv reagie-



Bild 1: Kohlenmonoxid-Detektor



Bild 2: Gasmelder GM 50

rende Gaswarngerät detektiert bereits geringste Konzentrationen von Methan, Propan, Butan, Erdgas oder Flüssiggas. Die Alarmschwelle beträgt weniger als 500 ppm (0,05 Volumenprozent), lange vor einer explosionsfähigen Gaskonzentration.

In vielen Ländern Europas sind entsprechende Warngeräte in Haushalten längst Pflicht.

Andere Anwendungsgebiete für Gassensoren sind in der Nahrungsmittelproduktion, in Kraftwerken oder in Kraftfahrzeugen zu finden. Aber auch die Beurteilung der Luftqualität in Gebäuden ist ein interessantes Anwendungsfeld für Gassensoren. So können z. B. Klima- und Lüftungsanlagen in Abhängigkeit von der Luftqualität in geschlossenen Räumen gesteuert werden. Neben der Erhöhung des Komforts kann auch das ein Beitrag zum Umweltschutz sein, da dadurch oft erhebliche Energie eingespart wird.

Interessant ist auch die Überwachung der Luftqualität in Kraftfahrzeugen. So kann z. B. im Stau oder im Tunnel die Außenluftzufuhr gesperrt werden, wenn die Qualität außen zu schlecht wird.

Anwendungen für Gassensoren sind also



Bild 3: FIS-Modul zur Erfassung von VOC-Gasen

vielfältig. Der Einsatz von Gassensoren im Konsumgüterbereich setzt jedoch eine kostengünstige Massenherstellung der Sensoren voraus. Hier wird sich in naher Zukunft sicherlich noch einiges tun.

Aber auch die technischen Anforderungen an Sensoren zur Messung der Gaskonzentration sind hoch, um wirklich reproduzierbare Ergebnisse zu liefern. Wichtige Sensoranforderungen sind z. B. eine hohe Sensitivität und Stabilität. Besonders schwierig ist die Selektivität, da die meisten Gassensoren auch eine hohe Quersensitivität auf andere Gase besitzen.

Wünschenswert sind kurze Ansprechzeiten, geringer Energieverbrauch (für batteriebetriebene Anwendungen) und ein linearer Zusammenhang zwischen der Messgröße und dem Ausgangssignal. Es sollte möglichst keine Temperaturabhängigkeit bestehen oder diese muss einfach kompensierbar sein.

Sehr schwierig ist oft die Kalibration, besonders dann, wenn der Sensor eine schnelle Alterung oder große Drift hat. Es bestehen also viele Forderungen, die kaum alle „unter einen Hut zu bringen sind“.

Zur Zeit gibt es eine Vielzahl von Entwicklungen auf diesem Gebiet, die entweder elektrochemisch oder auf Halbleiterbasis funktionieren.

Elektrochemische Gassensoren

Elektrochemische Sensoren haben den Nachteil, dass aufgrund des Funktionsprinzips die Lebensdauer, wie z. B. bei einer Batterie, begrenzt ist. Die Lebensdauer nimmt in der Regel proportional zur Konzentration des zu messenden Gases ab. Für kritische Mess- und Überwachungsaufgaben haben diese Sensoren eine hohe Genauigkeit und liefern zuverlässige Messergebnisse. Verschiedene Hersteller fertigen diese Sensoren für viele unterschiedliche Gase.

Halbleiter-Gassensoren

Halbleiter-Gassensoren arbeiten mit unterschiedlichen Metalloxyden, deren Widerstandswert sich bei Einwirkung verschiedener Gase verändert. Üblicherweise arbeiten Metalloxyd-Sensoren mit hohen Arbeitstemperaturen, sodass zur Messung eine



Bild 4: Luftgüte Messgerät AR 112 H

entsprechende Energie zugeführt werden muss. In batteriebetriebenen Systemen kann meistens keine Dauermessung erfolgen.

Das größte Problem bei Halbleiter-Gassensoren ist die Selektivität, da diese nahezu immer mit geringerer Empfindlichkeit auch auf andere Gase reagieren.

Bei Halbleiter-Gassensoren entsteht an der Oberfläche eine Wechselwirkung zwischen dem zu detektierenden Gas und dem Metalloxyd. Dabei ändert sich der elektrische Widerstand des Halbleitermaterials. Ein wichtiger Vorteil von Halbleiter-Gas-

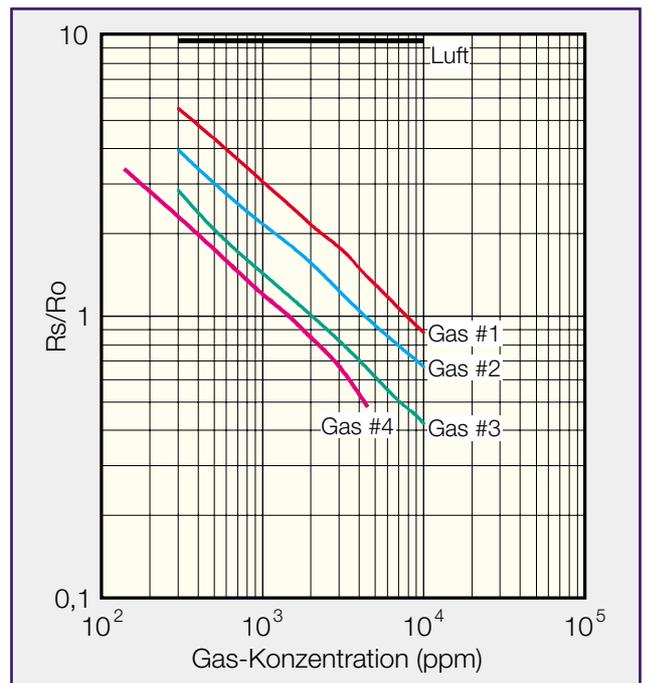


Bild 5: Abhängigkeit des Sensor-Widerstandes von der Gas-Konzentration bei verschiedenen Gasen

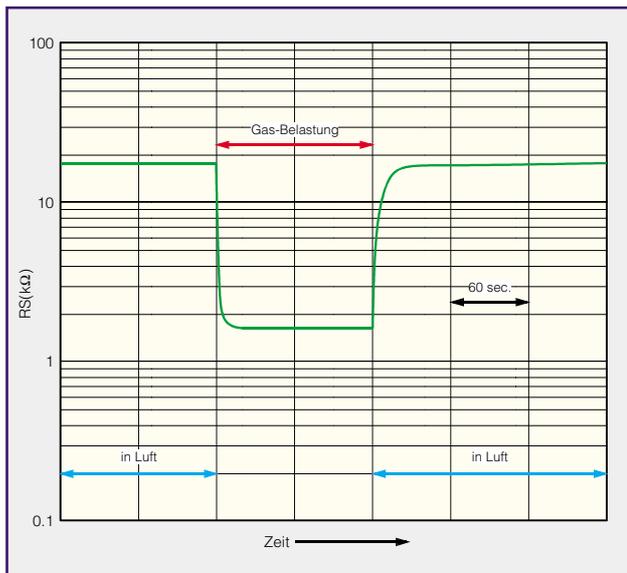


Bild 6: Das typische Ansprechverhalten eines Halbleiter-Gas-Sensors

sensoren ist, dass keine sich verbrauchenden Komponenten, wie bei den elektrochemischen Sensoren, die Lebensdauer von vornherein begrenzen. Diese Sensoren arbeiten üblicherweise weit oberhalb der Umgebungstemperatur, benötigen also eine Heizung.

Neben der chemischen Zusammensetzung der Umgebungsluft ist der elektrische Widerstand des Sensormaterials relativ stark von der Temperatur abhängig.

Wie bei den elektrochemischen Sensoren sind auch die Halbleiter-Gassensoren für eine Vielzahl von unterschiedlichen Gasen am Markt vertreten. So gibt es z. B. Sensoren zur Messung der Kohlendioxidkonzentration, für Kohlenmonoxid, Sauerstoff, brennbare Gase (Erdgas, Flüssiggas) und zur Messung von flüchtigen organischen Verbindungen.

Gerade flüchtige organische Verbindungen, die allgemein mit VOC (Volatile Organic Compounds)-Gase bezeichnet werden, belasten häufig das Wohnklima in Innenräumen und sorgen somit für schlechte Luft. VOC-Gase sind meistens gesundheitsschädlich, sodass die Konzentration in Wohnräumen so gering wie möglich gehalten werden sollte.



Bild 7: Luftqualitätssensor TGS 2602 von Figaro

Die wichtigsten VOC-Quellen im Haushalt sind Baustoffe, Möbel, Klebstoffe, Farben und Lacke, Reinigungsmittel, Pestizide aber auch Körperpflegemittel. Über die Atmung werden diese Gase vom Organismus aufgenommen und je nach Stoff und Konzentration können dadurch gesundheitliche Schäden entstehen. Ein Schutz kann nur durch eine ausreichende Frischluftzufuhr erreicht werden, da die meisten Luftfilter gegenüber gasförmigen Stoffen wirkungslos sind.

Sensoren zur Luftqualitätsüberwachung müssen somit nicht auf ein einziges Gas, wie z. B. CO-Sensoren, sondern auf eine ganze Gasgruppe reagieren. Gerade im Bereich der Luftqualitätsbeurteilung wird in Zukunft ein sehr großer Markt vorhanden sein. Eine kleine Demonstrationsplatine mit einem Luftqualitätssensor von der japanischen Firma FIS ist in Abbildung 3 zu sehen und Abbildung 4 zeigt ein Gerät zur Raumluftüberwachung.

Aufbau von Halbleiter-Gassensoren

Der Aufbau von verschiedenen Halbleiter-Gassensoren ist vergleichbar. In der Regel bestehen die Sensoren aus einem kleinen Halbleiter-Sensorelement, das von einer Heizspirale geheizt wird. Der elektrische Widerstand ist abhängig von der chemischen Zusammensetzung der Umgebungsluft und der Temperatur. Je nach Temperatur reagieren derartige Sensoren mit unterschiedlicher Empfindlichkeit auf verschiedene Gase. Halbleiter-Materialien für Gas-Sensoren sind für eine möglichst große Abhängigkeit des Widerstandswertes von der Konzentration des zu messenden Gases ausgelegt. Bei nahezu allen Sensoren nimmt die Empfindlichkeit mit der Konzentration des zu messenden Gases nach einer nahezu logarithmischen Funktion ab. Die Grafik in Abbil-

dung 5 verdeutlicht diesen Zusammenhang. Halbleiter-Gassensoren zeichnen sich durch sehr kurze Ansprechzeiten aus, wie aus der typischen Grafik in Abbildung 6 zu sehen ist. Sobald der Sensor dem zu messenden Gas ausgesetzt wird, verringert sich der Widerstand des Halbleiter-Materials nahezu schlagartig und kehrt ohne Gaseinwirkung sehr schnell wieder auf den Ursprungswert zurück. Dies bedeutet für batteriebetriebene Anwendungen, dass man mit relativ kurzen Heizphasen auskommt. Typische Heizleistungen von Halbleiter-

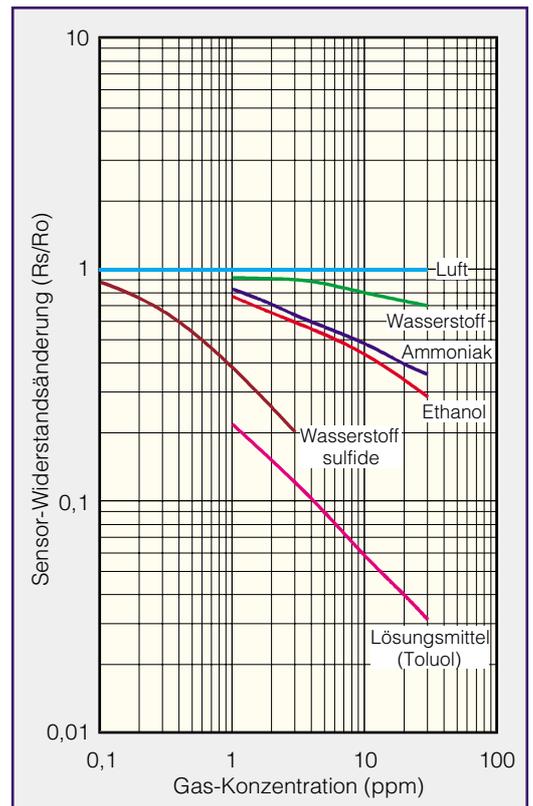


Bild 8: Empfindlichkeits-Charakteristik des TGS 2602 bei verschiedenen Gasen

Gassensoren liegen zwischen ca. 100 mW und 1 W. Der geringe Leistungsverbrauch ist vor allem auch auf eine immer weiter

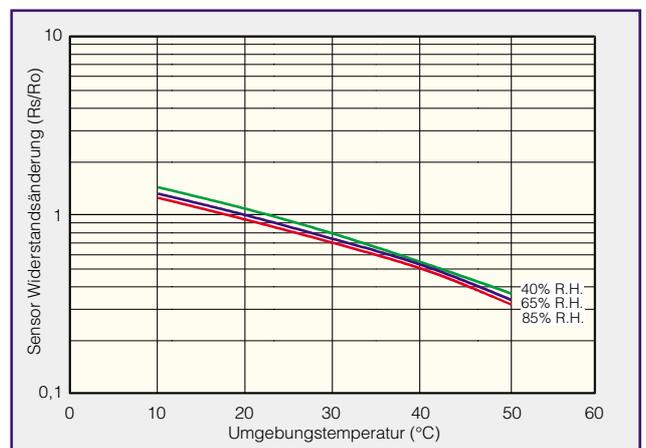


Bild 9: Abhängigkeit des Sensor-Widerstandes von der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchte

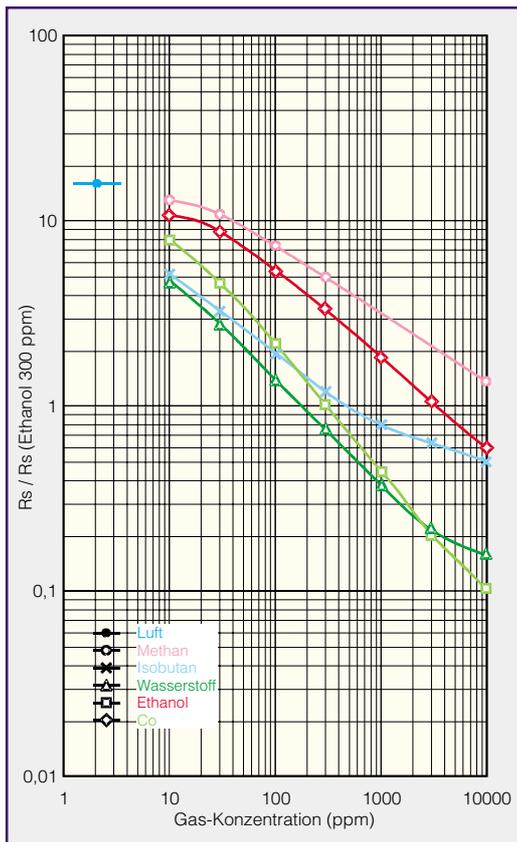


Bild 10: Empfindlichkeits-Charakteristik des Sensors SB-AQ1A von FIS

um sich greifende Miniaturisierung zurückzuführen.

Zu den führenden Herstellern von Halbleiter-Gassensoren gehören die japanischen Firmen Figaro und FIS. Beide Hersteller bieten Sensoren zur Detektion von unterschiedlichen Gasen an.

In Abbildung 7 ist der neue Luftqualitäts-sensor TGS 2602 von Figaro zu sehen. Dieser Sensor hat eine hohe Empfindlichkeit auf VOC-Gase sowie Ammoniak, Schwefelwasserstoff und andere geruchsbildende Gase. Der Sensor ist in einem Edelstahlgehäuse untergebracht und kann für geruchsabhängige Lüftungsregelungen und zur Luftqualitätsbeurteilung in Wohn- und Bürogebäuden dienen. Die Empfindlichkeit dieses Sensors auf verschiedene Gase ist in der Grafik in Abbildung 8 dargestellt.

Wie zu sehen ist, besteht eine sehr hohe

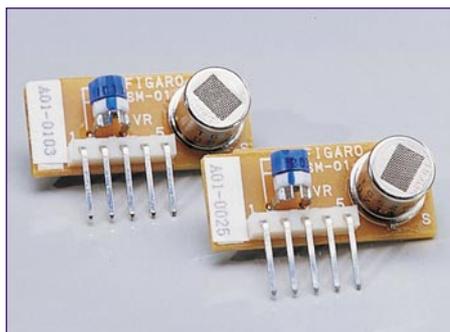


Bild 11: Vorkalibrierte Gassensor-Einsteckmodule von Figaro

Empfindlichkeit auf VOCs wie z. B. Toluol bzw. Wasserstoffsulfide. Diese Gase entweichen häufig aus Baustoffen, die mit Holzschutzmitteln behandelt wurden und belasten das Wohnklima.

Mit einer belastungsabhängigen Lüftungssteuerung kann für ein besseres und insbesondere auch gesünderes Wohnklima gesorgt werden. Die Abhängigkeit dieses Sensors von der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchte ist in Abbildung 9 dargestellt.

Der im Entwicklungsmodul in Abbildung 3 eingesetzte Luft-Qualitäts-sensor von FIS hat ebenfalls eine hohe Empfindlichkeit auf unterschiedliche Gase, die das Wohnklima belasten. Die Widerstandsänderung dieses Sensors in Abhängigkeit von der Gaskonzentration ist in Abbildung 10 zu sehen. Interessant ist auch der mit 110 mW sehr geringe Leistungsbedarf.

Unter der Bezeichnung NGM 2611 und LPM 2610 (Abbildung 11) sind von Figaro kleine vorkalibrierte Gassensor-Einsteckmodule für die Erkennung von Erdgas und Flüssiggas erhältlich. Diese Module haben eine eingebaute Temperaturkompensation und liefern eine genau abgeglichene Ausgangs- und Bezugsspannung. Damit können dann standardisierte Schaltschwellen unter verschiedenen Betriebsbedingungen sichergestellt werden, ohne dass aufwändige Kalibrierverfahren bei der Fertigung erforderlich sind. Gerade die Erzeugung von exakt definierten Gaskonzentrationen für die Kalibrierung der Sensoren ist mit erheblichem Aufwand verbunden.

Die Sensoren TGS 2610 und TGS 2611 von Figaro wurden speziell zur Detektierung von brennbaren Gasen konzipiert. Die Empfindlichkeitscharakteristik (Abbildung 12) zeigt den Zusammenhang zwischen der Widerstandsänderung und der Gaskonzentration des Sensors.

Wie beim Luftqualitätssensor, sind auch diese Sensoren in einem Edelstahlgehäuse untergebracht, wobei der Gasaustausch zum Gehäuseinneren durch ein sehr feinmaschiges Edstahlgitter (Explosionsschutz) erfolgt.

Während die Messung der Konzentration von vielen unterschiedlichen Gasen mit Hilfe von Halbleiter-Sensoren recht genau möglich ist, sieht es beim Luftschadstoff Ozon schon erheblich schwieriger aus. In den letzten Jahren sind zwar verschiedene Sensoren erschienen, jedoch teilweise auch

schnell wieder „in der Versenkung verschwunden“. Eine schwierige Aufgabe ist dabei schon, die ozonbelastete Luft an das eigentliche Sensorelement heranzuführen, da Ozon eine Verbindung mit nahezu allen möglichen Stoffen der Umgebung eingeht und somit sich schnell wieder abbaut. Ohne eine definierte Zirkulation der belasteten Luft über den Sensor bzw. eine Anströmung des Sensors sind kaum brauchbare Messergebnisse zu erzielen.

Neue Sensoren, die bei verschiedenen Herstellern in der Entwicklung sind, und entsprechende mechanische Konzepte lassen in Zukunft auch hier gute Messergebnisse erwarten.

Infrarot-Gassensoren

Ein völlig anderes Messverfahren basiert auf die Absorption von Infrarotlicht bei unterschiedlicher Gaskonzentration. Je nach Wellenlänge des Infrarotlichtes er-

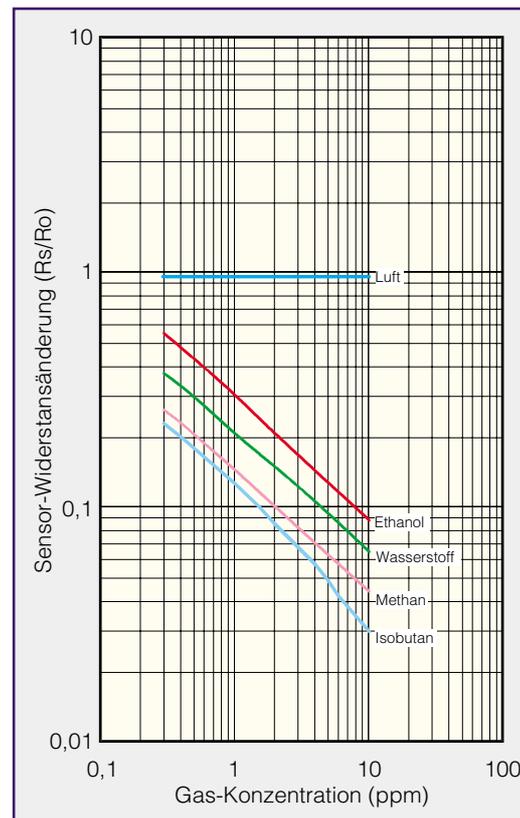


Bild 12: Empfindlichkeit des TGS 2610 auf verschiedene Gase

folgt bei verschiedenen Gasen eine zur Konzentration proportionale Absorption. Dies setzt jedoch genaue Infrarot-Bandpassfilter voraus. Eine hohe Selektivität kann mit Laserdioden erreicht werden, deren Wellenlänge genau auf das messende Gas eingestellt ist. Der wesentliche Nachteil dieses Verfahrens ist der hohe Preis für schmalbandig emittierende Laserdioden. Durch Massenfertigung wird in Zukunft auch bei diesen Sensoren eine deutliche Preisreduzierung erwartet. **ELV**