

## Fachartikel Luftgütesensor für die bedarfsgerechte Lüftung von Innenräumen

### Einführung

In Deutschland verbringen die meisten Menschen mehr als 20 Stunden am Tag in Innenräumen, dabei trinken sie ca. 3l Flüssigkeit und nehmen 1-2kg feste Nahrung zu sich. Während bei den Nahrungsmitteln auf Hygiene und Qualität geachtet wird, kommt der Luftqualität wenig Aufmerksamkeit zu, obwohl der Mensch täglich etwa 15kg Luft einatmet. Die absolute Luftqualität von Innenräumen ist schwer zu bestimmen und es bedarf aufwändiger analytischer Methoden und Messgeräte. Dabei weicht die subjektiv empfundene Luftqualität von der objektiven, durch die Messung bestimmte, zum Teil erheblich ab. Die Gründe hierfür liegen zum einen in dem Gewöhnungseffekt, wer sich länger in einem schlecht gelüfteten Raum aufhält, schätzt die Luftqualität gewöhnlich besser ein, als beim Betreten des Raums. Neben den geruchsaktiven Stoffen gibt es aber auch geruchlose Begleitkomponenten, welche unbemerkt zu einem ungesunden Raumklima beitragen.

Im Folgenden wird ein Luftgütemodul auf Basis eines Metalloxidsensors vorgestellt, welches neben der Detektion von Geruchsereignissen auch die CO<sub>2</sub> Konzentration bestimmt.

### Raumluftbelastung mit Mischgasen

Die Herkunft flüchtiger organischer Substanzen, kurz VOCs (engl. für Volatile Organic Compounds), auch Mischgase genannt, lässt sich in permanente und temporäre Quellen einteilen. Permanente Emissionsquellen sind z.B. Möbel, Teppichböden und Baumaterialien, temporäre Quellen sind zumeist auf menschliche Aktivität zurückzuführen, z.B. Reinigungsmittel oder die Zubereitung von Speisen. Der Mensch ist aber auch selbst eine Quelle von VOCs, da er mit dem Atem Metabolismusprodukte freisetzt, welche die Qualität der Raumluft senkt.

Die in Innenräumen vorhandenen Mischgase sind ein komplexes Gemisch verschiedenster Stoffe aus den unterschiedlichsten Stoffgruppen, ihre Konzentration und Zusammensetzung variiert.

Stoffgruppe	Stoffbeispiel	mögliche Quellen
Alkohole	Spiritus	Reinigungsmittel
Aldehyde	Formaldehyd	Baustoffe
Ketone	Butanon	Lacke
Ester	Essigsäureethylester	Klebstoffe
Terpene	Pinen	Klebstoffe
Aromate	Xylol	Lacke und Klebstoffe

Tabelle 1: Beispiele für VOCs und ihre Quellen

### Anforderungen an ein Luftgütesensor

Ein Luftgütesensor soll zuverlässig aus einem Summensignal aller im Mischgas enthaltenen Komponenten einen Luftgütewert ermitteln, die Bestimmung der Einzelgase und ihre Konzentration ist daher nicht nötig. Trotzdem sind die technischen Anforderungen hoch. Neben einer geringen Leistungsaufnahme bei möglichst breitbandiger Spannungsversorgung, einem robusten Aufbau mit entsprechend langer Standzeit sollen Luftgütemodule zudem wartungsfrei sein und auch nach Jahren des Betriebs eine gleich bleibend hohe Empfindlichkeit besitzen. Während für die technischen Herausforderungen praktikable Lösungen gefunden werden, darf natürlich auch die Wirtschaftlichkeit nicht außer Acht gelassen werden.

### Die Angabe der Luftgüte in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

Im Laufe des Projekts musste geklärt werden, wie die Beschreibung der empfundenen Luftqualität bzw. Geruchsbelastung allgemeinverständlich formuliert und auf chemisches Detailwissen verzichtet werden kann. Da die von Menschen genutzten Innenräume das

Haupteinsatzgebiet des Luftgütesensors sind und hier der CO<sub>2</sub>-Gehalt als Maß der Luftgüte gilt, wurde die Einheit „CO<sub>2</sub>-Äquivalente“ gewählt. Der funktionale Zusammenhang des Anstiegs von CO<sub>2</sub> - und VOC-Konzentration (Bild 1) wurde experimentell bestimmt und in die Firmware integriert.

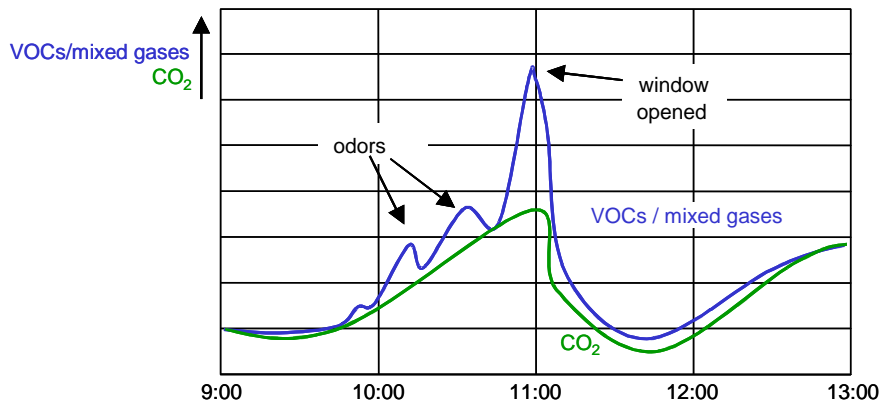


Bild 1: Korrelation von CO<sub>2</sub>- und Mischgaskonzentration in einem Besprechungsraum

Beim Luftgütesensor fällt auf, dass er neben den vom Menschen generierten VOCs zusätzliche Geruchsereignisse detektiert, während der CO<sub>2</sub> -Sensor lediglich das durch den Menschen verursachte CO<sub>2</sub> bestimmt.

#### Wirkprinzip des Luftgütesensors

Zeitgesteuerte oder mit Präsenzmeldern ausgestattete Lüftungssysteme neigen zur Über- oder Unterlüftung, da der tatsächliche Lüftungsbedarf nicht erfasst wird. Erst der Einsatz des hier beschriebenen Luftgütesensors erlaubt es, individuell auf die Personenzahl, die Art der Raumnutzung und den daraus resultierenden Zuluftbedarf, einzugehen.

#### Wirkprinzip eines Metalloxid Gassensors

Beim Metalloxidsensor wird die elektrische Leitfähigkeit eines halbleitenden, nanokristallinen Metalloxids gemessen, welches auf einem beheizbaren Substrat aufgebracht ist. Die Betriebstemperatur ist typischerweise im Bereich von 300-400°C. Die Dotierung des Metalloxids mit Edelmetallen wirkt sich positiv auf die Empfindlichkeit gegenüber brennbaren Gasen (VOCs, Kohlenmonoxid, Erdgas) aus und gestattet es, das Sensormaterial den Bedürfnissen der Applikation anzupassen.

Sind VOCs in der Luft enthalten, so werden diese an der Sensoroberfläche teilweise oder vollständig durch den Sauerstoff des Metalloxids verbrannt. Die bei diesem Prozess im Halbleiter freigesetzten Elektronen führen zu einer Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit. Schließlich kehrt das Metalloxid durch den Einbau von Luftsauerstoff wieder in seinen Ausgangszustand zurück, wobei die Leitfähigkeit wieder den Ausgangswert annimmt.

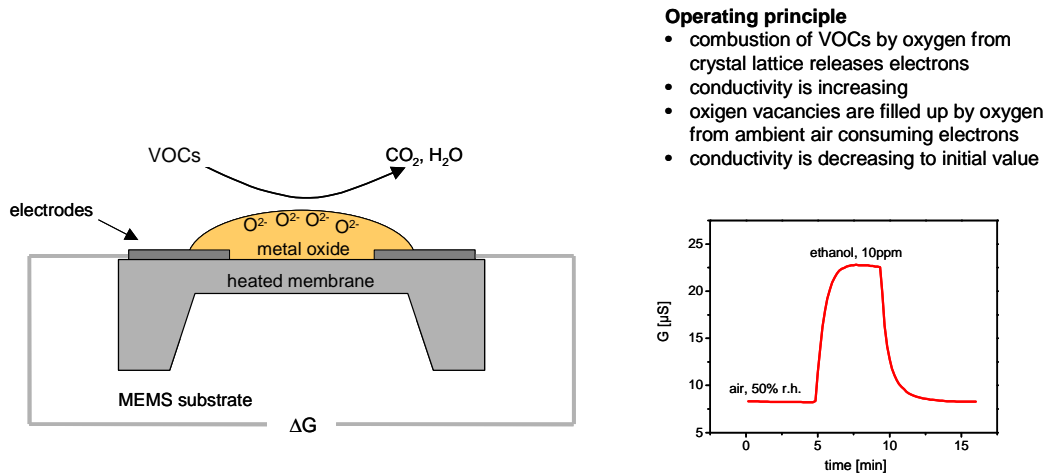


Bild 2: Wirkprinzip eines Metalloxidsensors

Der im Luftgütemodul eingesetzte Gassensor ist als MEMS (engl. für Micro-Electro-Mechanical-System) Bauteil ausgeführt. Die Unterätzung des Sensorchips stellt eine thermische Isolation zur Leiterplatte dar, aufgrund der geringen Leistungsaufnahme von nur 40mW kann der Sensorchip direkt „Chip on Board“ platziert werden (Bild 3).

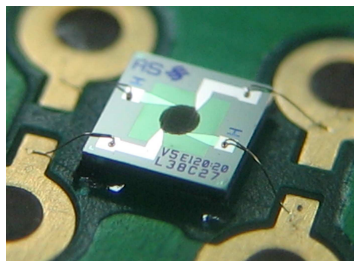


Bild 3: MEMS Gassensor auf Leiterplatte, Abmessungen der Sensorchips 2 x 2 mm<sup>2</sup>

Durch die Einsparung eines eigenen Sensorgehäuses wird eine hohe Dichte der elektronischen Bauteile erreicht.

### Projekt

Die hohe Empfindlichkeit der AppliedSensor MEMS Sensoren auf Mischgase erlaubt die Verwendung zur Luftgütebestimmung. Der Wunsch nach lüftungsindustriekompatiblen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten Signalen, setzte aber die Entwicklung einer spezifischen Firmware mit geeigneten Algorithmen zur Signalbehandlung voraus.

Bei den zu Beginn des Projekts durchgeführten Tests mit Gasmischanalgen zeigte sich rasch, dass diese nur begrenzt für Simulation von Raumluft eingesetzt werden können und umfassende Real Life Tests nötig waren. Über einen Zeitraum von mehr als 2 Jahren wurden umfangreiche Messungen in unterschiedlicher Umgebung, wie z.B. Bürogebäuden, Kantinen, Schulen und Privathaushalten durchgeführt, um ein breites Einsatzgebiet abzudecken. In enger Zusammenarbeit mit Kunden wurde daraus das Luftgütemodul IAQ-100 (Bild 4) entwickelt, welches universell zur Steuerung von Lüftungsanlagen einsetzbar ist und diese damit zu bedarfsgerechten Lüftungsanlagen aufwertet.



Bild 4: Luftgütemodul IAQ-100

### Ergebnisse

Der Luftgütesensor wurde in Lüftungsgeräten unterschiedlicher Bauweise getestet und Geräteparameter wie z.B. Schwellwerte, Ansprechgeschwindigkeit und Ventilatorleistung variiert. Im folgenden Beispiel wurde die Lüftungsanlage eines Fitness-Studios mit einem Luftgütesensor IAQ-100 ausgestattet und parallel dazu der CO<sub>2</sub> Wert bestimmt (Bild 5a). Obwohl beide Messmethoden unterschiedliche Substanzen detektieren, zeigt sich eine sehr gute Korrelation. In Applikation, bei denen vornehmlich Geruchsereignisse auftreten, ändert sich der CO<sub>2</sub> Wert kaum (Bild 5b). Dieses Beispiel stellt den Mehrwert des Luftgütesensors heraus, da über die Mischgaskonzentration das CO<sub>2</sub> und die Geruchsereignisse erfasst werden.

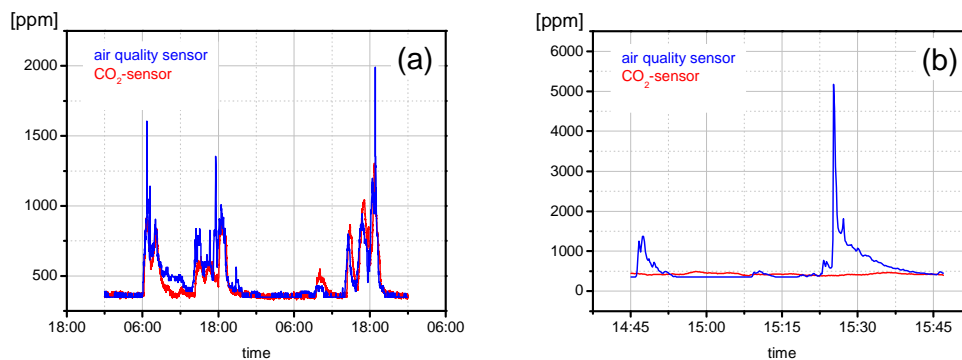


Bild 5: Bedarfsgerechte Belüftung eines Fitness-Studios (a) und einer Toilette (b) mittels Luftgütemodul IAQ-100

Erwartungsgemäß arbeiten die Systeme umso effektiver, je weniger das Regelsignal des Luftgütemoduls durch eine nachgeschaltete Steuerelektronik beeinflusst wird.

Zusammenfassend bedeutet die Verwendung des Luftgütesensors IAQ-100 eine hervorragende Luftqualität bei minimaler Energiebilanz; somit Win-Win sowohl für den Gebäudebetreiber als auch den individuellen Nutzer.

### Ausblick

Das Einsatzgebiet des Luftgütesensors IAQ-100 beschränkt sich nicht nur auf die Steuerung von zentralen Lüftungsanlagen größerer Gebäude, sondern gewinnt durch den Einsatz in dezentralen Lüftungsgeräten oder zur Steuerung von z.B. Fenstermotoren zunehmend an Bedeutung. Neben der Steigerung der Luftqualität wird sich in naher Zukunft auch die Energieeinsparung durch bedarfsgerechte Lüftung positiv auf die Entwicklung des gesamten Lüftungsmarktes auswirken.

## Über AppliedSensor

AppliedSensor bietet Gassensornlösungen für die Bereiche Air Quality, Safety, Comfort und Control für Hersteller der Gebäude-, Consumer- und Automobilindustrie sowie der Wasserstoffwirtschaft. AppliedSensors Lösungen umfassen Sensorkomponenten, Sensormodule und kundenspezifische Engineeringdienstleistungen. Sämtliche Lösungen basieren auf Eigenentwicklungen verschiedener Gassensortechnologien wie Feldeffekt-, Metalloxidsensorik und Quarzmikrowaagen.

Kontakt: Dr. Martin Herold, Senior Scientist, +49-(0)7121-51486-0  
martin.herold@appliedsensor.com, [www.appliedsensor.com](http://www.appliedsensor.com).