

Der Einfluss von Infrarotsensor-Technologie auf die CO₂-Messgenauigkeit im HLK-Bereich

In modernen Lüftungssystemen wird die Raumluft umgewälzt, um den Energiebedarf zu minimieren, der für die Behandlung der Außenluft notwendig ist. Die Bestimmung der Raumluftqualität mittels Kohlendioxidfühler (CO₂-Fühler) gewährleistet eine angemessene Frischluftzufuhr für die in den Gebäuden befindlichen Personen und gleichzeitig eine Optimierung des Energieverbrauchs.

Durch immer striktere Energieeffizienzrichtlinien verschärfen sich auch die Vorgaben für CO₂-Messgeräte. Der US-Bundesstaat Kalifornien ist einer der Pioniere auf dem Gebiet der Verbesserung der Raumluftqualität. Der kalifornische Building Standards Code legt die Kriterien für CO₂-Fühler wie folgt fest: „Hersteller müssen gewährleisten, dass CO₂-Messgeräte bei Konzentrationen zwischen 600 und 1000 ppm eine Genauigkeit von ±75 ppm einhalten, gemessen auf Meeresspiegel und bei 25 °C. Darüber hinaus müssen die Sensoren ab Werk oder bei der Inbetriebnahme kalibriert werden, und der Hersteller muss gewährleisten, dass sie nicht häufiger als einmal innerhalb von fünf Jahren einer Kalibrierung bedürfen.“ Hierbei wird deutlich, dass die technischen Daten bei der Auswahl des richtigen Geräts eine wichtige Rolle spielen – nicht alle Fühler werden alle Erwartungen erfüllen.

Funktionsprinzip von Infrarot-CO₂-Fühlern

Infrarotsensoren – auch nichtdispersive Infrarotsensoren (NDIR) genannt – dominieren den Markt der CO₂-Sensoren, da sie hochempfindlich, selektiv und stabil sind. Sie verfügen über eine hohe Lebensdauer und sind unempfindlich gegenüber wechselnden Umwelteinflüssen. Darüber hinaus konnten die früheren Probleme dieser Technologie – relativ hohe Kosten und schwierige Miniaturisierung – behoben werden.

Kohlendioxid hat einen typischen Absorptionsbereich im Infrarotspektrum bei einer Wellenlänge von 4,26 µm. Wenn Infrarotstrahlung ein CO₂-haltiges Gas durchstrahlt, wird sie von den CO₂-Molekülen teilweise absorbiert. Der Anteil der Strahlung, der das Gas durchdringt, ist abhängig von der jeweiligen CO₂-Konzentration. Ein

Grundlegende Leistungskriterien für die Auswahl eines HLK-CO₂-Sensors:

- **Genauigkeit:** die Nähe der Messwerte zum wahren Wert
- **Messbereich:** die Grenzen dessen, was das Gerät messen kann
- **Empfindlichkeit:** kleinste messbare CO₂-Konzentration sowie die kleinste messbare Konzentrationsänderung
- **Selektivität:** die Fähigkeit des Fühlers, CO₂ in einer Gasmischung identifizieren zu können
- **Ansprechzeit:** benötigte Zeit des Fühlers, um auf eine Änderung der CO₂-Konzentration zu reagieren
- **Stabilität:** erwartete Zeitdauer stabiler und reproduzierbarer CO₂-Messungen
- **Leistungsaufnahme:** wichtig für Gesamtenergieverbrauch, aber auch für die Messgenauigkeit aufgrund der Selbsterwärmung des Geräts
- **Einfache Wartung:** die angegebenen Kalibrierintervalle und die verfügbaren Kalibrieroptionen sowie deren Benutzerfreundlichkeit sind von Bedeutung



Abb. 1.
Die Infrarotabsorption von CO₂-Molekülen kann mittels eines Infrarotsensors gemessen werden.

A: Infrarotquelle. B: Strahlengang. C: IR-Sensor

Infrarotfühler, bestehend aus einer Infrarotquelle, dem eigentlichen Sensor und einem Strahlengang, erfasst dieses Phänomen quantitativ (siehe Abb. 1).

Unterschiede zwischen Infrarot-CO₂-Fühler und deren Leistungsfähigkeit

Nach der Installation bedürfen HLK-CO₂-Fühler normalerweise über mehrere Jahre oder gar über die gesamte Lebensdauer hinweg nur geringer oder keiner Wartung. Es ist daher wichtig, ein Messgerät zu wählen, das langfristig zuverlässige und genaue Messwerte liefert. Obwohl alle Infrarot-CO₂-Fühler einem gemeinsamen Messprinzip folgen, können sich technische Ausführung und Leistungsdaten stark unterscheiden. Qualifizierte HLK-Techniker kennen die Unterschiede zwischen den verschiedenen Gerätetypen und deren Leistungsfähigkeit.



Abb. 2. Einstrahl-Einfrequenz-Sensor.

Einstrahl-Einfrequenz-Sensoren

Einstrahl-Einfrequenz-Sensoren zeichnen sich durch einen einfachen Aufbau aus (Abb. 2) und bestehen aus Infrarotquelle, einer Messkammer und einem IR-Sensor.

Die Herausforderung bei diesem Sensortyp liegt auf lange Sicht in einer beträchtlichen Messwertdrift. Die Intensität der Miniaturglühlampe – einer typischen Infrarotquelle bei

CO₂-Fühlern – verändert sich im Laufe der Zeit. Außerdem können sich Staub und Schmutz auf den Sensoroberflächen ablagern. Der Sensor nimmt diese Veränderungen fälschlicherweise als Änderungen der CO₂-Konzentration wahr. Dies führt langfristig zu ungenauen Messungen..

Einige Hersteller setzen eine automatische Hintergrundkalibrierung ein, um diese inhärente Instabilität zu kompensieren. Der Fühler misst den niedrigsten CO₂-Wert innerhalb einer bestimmten Zeit (meist einiger Tage). Folgende Messwerte werden unter der Annahme, dass dieser niedrigste Wert frischer Außenluft entspricht (400 ppm CO₂), neu skaliert. Dies trifft jedoch nicht immer zu, da das Belegungsschema in Gebäuden den CO₂-Anteil der Raumluft beeinflusst. Einrichtungen wie Krankenhäuser, Seniorenheime, Wohn- und Bürogebäude sind möglicherweise rund um die Uhr belegt. Die niedrigste CO₂-Konzentration liegt hier bei etwa 600 bis 800 ppm. Die wiederholte falsche Skalierung führt zu fehlerhaften CO₂-Messwerten. Die Folge ist eine inadäquate Belüftung und eine niedrigere Qualität der Raumluft. Darüber hinaus kann die Beton-Carbonatisierung in neuen Gebäuden die CO₂-Konzentration auf weit unter 400 ppm senken. Die automatische Hintergrundkorrektur kann also auch in diesem Fall nicht korrekt ausgeführt werden.



Abb. 3. Aufbau Zweistrahl-Einfrequenz-Sensor.

Zweistrahl-Einfrequenz-Sensoren

Zweistrahl-Einfrequenz-Sensoren (Abb. 3) verfügen über eine zweite Infrarotquelle, um eine Abweichung der ersten Infrarotquelle auszugleichen. Interessanterweise behaupten die Hersteller, dass diese zweite Lichtquelle auch langfristig keine Alterungserscheinungen aufweist, da sie nur selten aktiviert wird. Der Sensoraufbau wird dadurch unnötig komplex und die zweite Infrarotquelle stellt eine weitere potenzielle Fehlerquelle dar. Außerdem lagern sich Staub und Schmutz nur selten gleichmäßig am Sensor ab. Dieser Sensoraufbau kann daher als relativ unzuverlässig bezeichnet werden.

Einstrahl-Bifrequenz-Sensoren

Bei Einstrahl-Bifrequenzsensoren treten die leistungsbeeinträchtigenden Abweichungsprobleme von Einstrahl-



Abb. 4. Einstrahl-Bifrequenzsensor mit FPI-Filter vor dem IR-Sensor.

Einfrequenz- und Zweistrahl-Einfrequenz-Sensoren nicht auf. Bei dieser Technologie, die gewöhnlich in teuren Analysegeräten mit Filterrädern zum Einsatz kommt, wird nicht nur die Absorptionswellenlänge gemessen, sondern auch eine Referenzwellenlänge, bei der keine Absorption stattfindet.

Vaisala hat ein kompaktes Gehäuse für den Einstrahl-Bifrequenzsensor

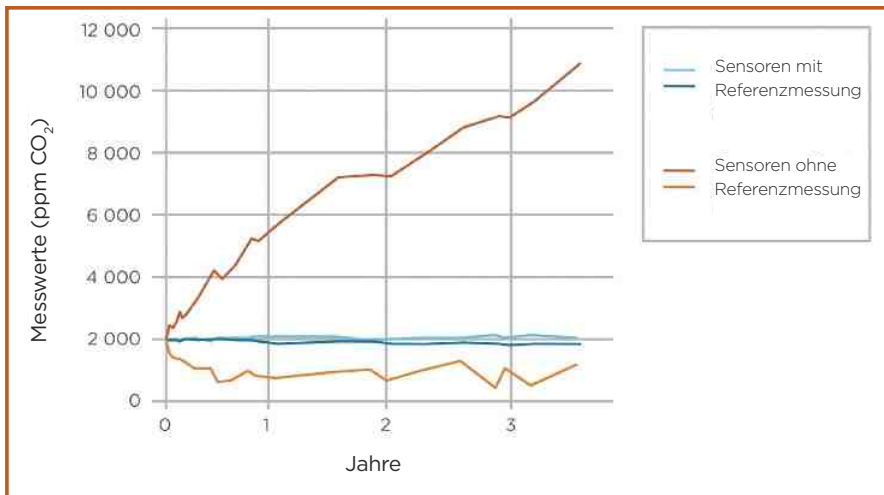


Abb. 6. Miniaturglühlampe

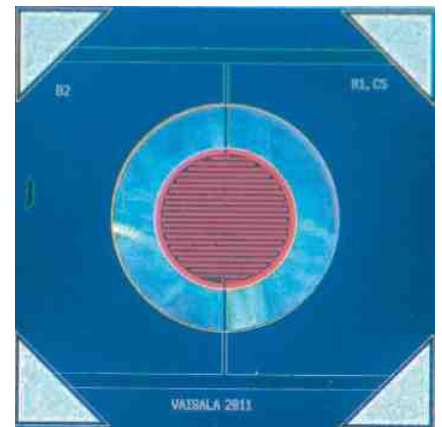


Abb. 7: Microglow, eine Vaisala-patentiertere Silizium-MEMS-Infrarotquelle.

Abb. 5: Langzeitstabilität von Vaisala Einstrahl-Bifrequenzsensoren (Sensoren mit Referenzmessung) im Vergleich zu Einstrahl-Einfrequenz-Sensoren (Sensoren ohne Referenzmessung)

entwickelt, das in industriellen Messwertgebern eingesetzt werden kann. Die Referenz wird mithilfe eines elektrisch abstimmbaren Fabry-Pérot-Interferometers (FPI) gemessen, das vor dem IR-Sensor angebracht wird (Abb. 4).

Der mikromechanische FPI-Filter wird elektrisch verstellt, um zwischen der Wellenlänge zur CO₂-Messung und der Referenzwellenlänge zu wechseln. Dank der Referenzmessung werden eventuelle Intensitätsänderungen der Infrarotquelle sowie Ansammlungen von Schmutz im Strahlengang kompensiert. Komplizierte Kompensationsalgorithmen werden daher nicht mehr benötigt.

Einfach und kostengünstig: Der Einstrahl-Bifrequenzsensor zeichnet sich durch hohe Langzeitstabilität und minimalen Wartungsbedarf aus.

Abb. 5 beschreibt den Unterschied bezüglich der Langzeitstabilität zwischen Sensoren mit Referenzmessung (Einstrahl-Bifrequenzsensoren) und Sensoren

ohne Referenzmessung (Einstrahl-Einfrequenzsensoren). Die Drift bei Einstrahl-Einfrequenzsensoren entsteht durch eine verminderte Intensität der Infrarotquelle und führt zu überhöhten CO₂-Messwerten. Auch Alterungserscheinungen des IR-Sensors können zu niedrige Messwerte verursachen.

Infrarotquellen - Leistung der neuesten Geräte-Generation

Miniaturglühlampe

Die meisten Infrarot-CO₂-Messgeräte nutzen Miniaturglühlampen als Infrarotquelle (Abb. 6) – diese eignen sich jedoch nur bedingt als Lichtquelle. Zunächst gibt es beträchtliche Unterschiede bei der Anfangslichtintensität der jeweiligen Bauteile – dadurch gestaltet sich die Inbetriebnahme schwierig. Außerdem kranken sie an inhärenter Instabilität: Wolfram verdampft vom dünnen Leuchtdraht, sammelt sich auf der Glasoberfläche und schwärzt die

Wände der Glühlampe. Je dünner der Leuchtdraht, desto geringer die Lichtintensität. Die Langzeitstabilität von Sensoren ohne Referenzmessung (Einstrahl-Einfrequenz- und Zweistrahl-Einfrequenz-Sensoren) wird dadurch enorm beeinträchtigt (Abb. 5). Weitere Nachteile sind eine relativ hohe Leistungsaufnahme und eine begrenzte Lebensdauer.

Microglow

Die nächste Generation der Infrarot-Technologie – Microglow – löst viele Probleme herkömmlicher

Infrarotquellen. Die wichtigsten Vorteile von Microglow (Abb. 7) sind eine längere Lebensdauer der Infrarotquelle, eine geringere Leistungsaufnahme, eine einheitliche Qualität und herausragende Herstellbarkeit auf Großserienniveau.

Durch den Umstieg von Glühlampen auf die Microglow-Technik kann die Lebensdauer der Fühler um 50 % erhöht werden. Die Leistungsaufnahme entspricht dabei nur einem Viertel der von herkömmlichen Infrarotquellen.

Da Glühlampen viel Wärme erzeugen, können sie nur begrenzt in Messgeräten für mehrere Messgrößen eingesetzt werden, die nicht nur CO₂, sondern auch Feuchte und Temperatur messen. Als temperaturabhängige Größe kann rel. Feuchte nicht zuverlässig in der Nähe einer Wärmequelle gemessen werden. Dank der einzigartig geringen Leistungsaufnahme von Microglow kann eine hochwertige

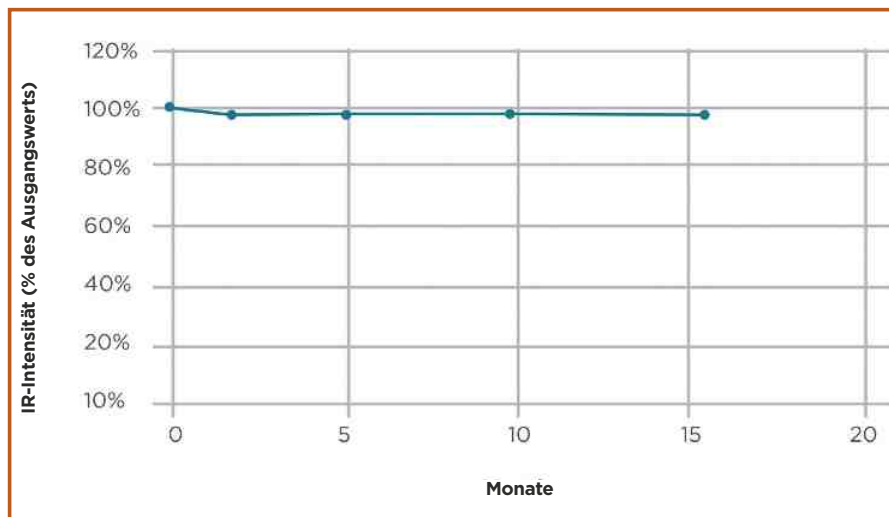


Abb. 8. Herausragende Langzeitstabilität von Microglow.

Feuchtemessung im selben Gerätegehäuse wie die CO₂-Messung stattfinden. Außerdem wird die Aufwärmzeit des Sensors gesenkt.

Die Intensität von Microglow bleibt über die gesamte Lebensdauer hinweg sehr stabil (Abb. 8). Hinzu

kommen eine kurze Ansprechzeit und eine herausragende Herstellbarkeit, da der Chip direkt auf der Leiterplatte montiert werden kann.

Weitere Informationen zur Microglow-Technologie finden Sie unter www.vaisala.com/microglow.

VAISALA

www.vaisala.com

Kontaktieren Sie uns:
www.vaisala.com/requestinfo



Code scannen für
mehr Informationen

Ref. B211311DE-A ©Vaisala 2014

Das vorliegende Material ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte hierfür liegen bei Vaisala und ihren jeweiligen Partnern. Alle Rechte vorbehalten. Alle Logos und/oder Produktnamen sind Markenzeichen von Vaisala oder ihrer jeweiligen Partner. Die Reproduktion, Übertragung, Weitergabe oder Speicherung von Informationen aus den vorliegenden Unterlagen in jeglicher Form ist ohne die schriftliche Zustimmung von Vaisala verboten. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Der vorliegende Text ist eine Übersetzung aus dem Englischen. Bei Widersprüchen zwischen Übersetzung und Original ist die englische Fassung des Textes maßgebend.