

Multigassensoren - Standardisierte Prüfanweisung und Prüfgase für VOC-Detektoren zur Innenraumlufthgütemessung

Schwerpunkt: C9

Carlo Tiebe¹, Richard Fix², Andreas Schütze³

1 Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), 12200 Berlin

2 Bosch Sensortec GmbH, Gerhard-Kindler-Straße 9, 72770 Reutlingen

3 Universität des Saarlandes, Postfach 15 11 50, 66041 Saarbrücken

Zusammenfassung

Flüchtige organische Verbindungen (VOC, "Volatile Organic Compounds") sind ein wichtiger Parameter zur Bewertung der Luftqualität speziell in Innenräumen. Deren Bestimmung ist vergleichsweise komplex, da VOC ein Oberbegriff für viele verschiedene Verbindungen ist. Die Richtlinie VDI/VDE 3518 Blatt 4^[1] (Entwurf) beschreibt eine vom Messprinzip unabhängige Prüfung sowie sinnvolle Prüfgasmischungen für VOC-Detektoren. Die Richtlinie schafft die Basis für vergleichbare Messungen mit Sensoren und Messsystemen für die Bestimmung von VOC Konzentrationen in Innenräumen.

Einleitung

Die menschlichen Sinne umfassen das Hören, Sehen, Fühlen, Schmecken und Riechen. Unter diesen ist der Geruchssinn als einziger chemischer Natur, da er auf das Einatmen chemischer Substanzen reagiert. Der menschliche Geruchssinn ist kontinuierlich aktiv und äußerst empfindlich gegenüber geringen Mengen von Stoffen in der Luft, beispielsweise Odorierungsmitteln in Erdgas. Dies ermöglicht eine rasche Erkennung von Leckagen an Erdgasleitungen nach dem Austreten odorierten Gases durch jeden Einzelnen. Im Gegensatz dazu ist der menschliche Geruchssinn nicht in der Lage, Gase wie Wasserstoff (H₂) oder Kohlenstoffmonoxid (CO) wahrzunehmen. Hier sind spezielle Messinstrumente erforderlich, die schnell auf potenziell gefährliche Stoffe hinweisen.^[2, 3]

Die Zusammensetzung technischer Gase variiert stark, was den verstärkten Einsatz von Gassensoren zur Überwachung und Steuerung technischer Prozesse erforderlich macht. Dies gilt ebenso für die Produkt- und Qualitätskontrolle in Bereichen, die direkten Einfluss auf unser tägliches Leben und unsere Gesundheit haben. Hierbei sind Sensoren erforderlich, die Gase im relevanten Messbereich erfassen und bewerten können, einschließlich komplexer Gasgemische. Die Anforderungen an diese Sensoren sind hoch, da sie möglichst spezifisch sein müssen. Insbesondere für die Erfassung von Gasgemischen ist eine Kombination mehrerer Sensoren in Verbindung mit einer intelligenten Signalerfassung und -auswertung notwendig, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Dabei werden hohe Standards in Bezug auf Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Sensoren gesetzt.^[2, 3]

Was sind Multigassensoren?

Multigassensoren sind fortschrittliche Messinstrumente, die in der Lage sind, mehrere gasförmige Komponenten eines Gasgemischs zu unterscheiden, zu erkennen oder quantitativ zu erfassen. Sie ermöglichen somit die differenzierte Analyse von Gasgemischen. Diese Sensoren setzen sich aus einem oder mehreren Sensorelementen zusammen, die zu einem Sensorarray verbunden sind, oder sie bestehen aus einem Sensorarray sowie den erforderlichen Bauteilen für Steuerung, Signalauswertung und Datenspeicherung. Im Idealfall verwenden sie miniaturisierte Sensorelemente, die häufig auf einem der folgenden Prinzipien basieren:

- thermisch, wie Wärmeleitfähigkeitsdetektoren oder Wärmetönungssensoren (Pellistoren),
- elektrisch, durch Metalloxid-Sensoren oder amperometrische Sensoren,
- gravimetrisch, mittels mikromechanischer Cantilever,
- optisch, beispielsweise durch nicht-dispersive Infrarotsensoren,
- ionisierend, wie bei Photoionisationsdetektoren oder Ionenmobilitätsspektrometrischen Sensoren.

Unser Beitrag zur Qualitätsinfrastruktur

Um einen klaren Überblick zu gewährleisten, ist es entscheidend, dass Sensoranwendende im Voraus wissen, welcher Sensor für welchen Messbereich und an welchem Ort am besten geeignet ist. Diese Frage ist oft nicht leicht zu beantworten und erfordert eine eingehende Betrachtung der spezifischen Vor- und Nachteile verschiedener verfügbarer Technologien. Die Richtlinienreihe VDI/VDE 3518, erarbeitet vom Fachausschuss Multigassensorik der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik, beschreibt einen systematischen Ansatz für die präzise und sichere Anwendung von Multigassensoren.

Blatt 1 definiert Begrifflichkeiten und beschreibt den generellen Aufbau von Gasmesssystemen für die Anwendungskategorien Komfort, Diagnose, Prozessüberwachung und Sicherheit.^[4]

Blatt 2 definiert Leistungsmerkmale und Wertebereiche für die jeweiligen Anwendungen sowie Funktionalitäten und spezifiziert die durchzuführenden Prüfverfahren und deren Bewertung.^[5]

Blatt 3 beschreibt das Anwendungsgebiet zu geruchsbezogenen Messungen mit Multigassensoren.^[6]

Blatt 4^[1] der Richtlinie ist für Sensoren und Messsysteme (gemeinsam als Detektoren bezeichnet), die VOC in der Gasphase detektieren und einen einzelnen oder mehrere Zahlenwerte ausgeben, welche die Innenraumluftgüte bezogen auf VOC beschreiben. Diese Zahlenwerte (Einzel- und/oder Summenparameter; ggf. ausgegeben als Farbskala) können die Konzentration bzw. den definierten VOC-basierten Luftqualitätsindex oder die Luftqualitätsklasse repräsentieren. Die Richtlinie gilt prinzipiell für alle Sensortechnologien, die VOC in der Gasphase messen (z. B. Metalloxidgassensoren, elektrochemische Zellen, Photoionisationsdetektoren etc.), und soll eine bessere Vergleichbarkeit der Messergebnisse unterschiedlicher Detektoren ermöglichen.

Diese Richtlinie führt den Begriff TVOC_{VDI} ein mit dem Ziel, eine vom Messprinzip unabhängige Prüfung für VOC-Detektoren zu ermöglichen. Sensoren zum Nachweis von individuellen, gesundheitsschädlichen Grenzwertüberschreitungen werden von dieser Richtlinie nicht behandelt.

Zur Funktionsprüfung der Sensoren werden Prüfgasgemische definiert, die das Anwendungsszenario der Innenraumluftgütemessung realistisch wiedergeben. Die Testsequenz, in der die Detektoren mit diesen Prüfgasen beaufschlagt werden, berücksichtigt die anwendungsspezifische Variation der relevanten Umweltparameter, beispielsweise der Gasfeuchte oder typischer atmosphärischer Hintergrundgase.

Neben Prüfverfahren zur Funktion der Detektoren (Messbereich, Genauigkeit, Querempfindlichkeit) werden auch Prüfverfahren für potenzielle Sensorvergiftungen unter Anwendungsbedingungen, Lebensdauertests und Tests zur Prüfung der Langzeitstabilität bzw. Drift beschrieben. Diese Tests müssen ggf. spezifisch für die einzelnen Sensorprinzipien und Anwendungsszenarien sein.

Die Richtlinienreihe richtet sich als Leitfaden an Herstellende, Lieferanten und Nutzende, um umfassende Informationen und Erklärungen für die präzise und sichere Anwendung von Multigassensoren bereitzustellen. Zudem sollen einheitliche Rahmenbedingungen für die Beurteilung der Leistungsmerkmale von Multigassensoren sowohl für Hersteller, Kalibrier- und Prüflabore als auch Anwender geschaffen werden. Die Erarbeitung der Richtlinie wurde wissenschaftlich und messtechnisch durch Labormessungen und Feldtests im Projekt VOC4IAQ im Zeitraum 2021 bis 2023 abgesichert.^[7]

Danksagung

Die Autoren dieses Beitrages danken dem VDI/VDE Fachausschuss 4.64 Multigassensorik und dem Projektteam VOC4IAQ für die wertvolle Zusammenarbeit.

Literaturnachweis (Formatvorlage)

- [1] VDI/VDE 3518 Blatt 4:2024-02, *Multigassensoren - Standardisierte Prüfanweisung und Prüfgase für VOC-Detektoren zur Innenraumlüftgütemessung*, <https://www.vdi.de/3518-4>.
- [2] C. Tiebe, M. Hofmann, Immer mehr Multigassensoren *UmweltMagazin* **2019**, 49, 06, 21-22, <https://doi.org/10.37544/0173-363X-2019-06>.
- [3] C. Tiebe, S. Johann, S. Dessel, Prüfanweisung für Gassensoren *UmweltMagazin* **2021**, 51, 03-04, 41-42, <https://opus4.kobv.de/opus4-bam/frontdoor/index/index/docId/52445>.
- [4] VDI/VDE 3518-1:2011-05, *Multigassensoren - Begriffe, Aufbau und Arbeitsweise, Klassifizierung*, <https://www.vdi.de/3518-1>.
- [5] VDI/VDE 3518-2:2014-12, *Multigassensoren - Klassifizierung, Prüfung und Bewertung*, <https://www.vdi.de/3518-2>.
- [6] VDI/VDE 3518-3:2018-12, *Multigassensoren - Geruchsbezogene Messungen mit elektronischen Nasen und deren Prüfung* <https://www.vdi.de/3518-3>.
- [7] J. Amann, A. Schütze, C. Bur, Wissenschaftliche Absicherung einer Richtlinie zur Prüfung von Sensorsystemen für die Erfassung der Innenraumluftqualität auf Basis von VOC als Vorstufe für internationale Normen - VOC4IAQ. *Zenodo* **2023**, *Schlussbericht*, <https://doi.org/10.5281/zenodo.8237902>.