

Qualifizierung eines Gas-Sensors für den Einsatz von VOC-Messungen bei Abluftreinigungen

Annika Braun^{1,2}, Hartmut Sauter², Ralf Moos¹, Gunter Hagen¹

¹Universität Bayreuth, Zentrum für Energietechnik (ZET), Lehrstuhl für Funktionsmaterialien, Universitätsstraße 30, 95447 Bayreuth, Deutschland

²PlasmaAir AG, Am Lindenberg 8, 71263 Weil der Stadt – Hausen

Zusammenfassung

Die verlässliche Messung flüchtiger organischer Verbindungen ist in der industriellen Abgasreinigung unerlässlich. Für Inbetriebnahme und Überwachung von Düsenbodenwäschern ist der Einsatz von Flammenionisationsdetektoren Stand der Technik. Allerdings ist damit ein sehr hoher Aufwand verbunden. Im vorliegenden Beitrag wird gezeigt, dass ein kostengünstiger Hochtemperatur-Gassensor mit einfacher Elektronik vergleichbare Ergebnisse liefert. Weiterentwicklungen könnten auf ein Messgerät zur direkten Umsatzmessung abzielen.

Keywords: Gassensor, industrielle Abgasreinigung, VOC-Messung, Ethanol, Isopropanol.

Motivation und Zielsetzung

Nach der TA Luft liegt der Grenzwert für flüchtige organische Verbindungen (VOC) bei 50 mgC/m^3 [1], dessen Einhaltung regelmäßige Emissionsmessungen erfordert. In Anlagen werden häufig Analytik-Geräte wie Flammenionisationsdetektoren (FID) oder Photoionisationsdetektoren (PID) verwendet. Hohe Anschaffungskosten sowie vor Ort notwendige Peripheriegeräte und Wartungsaufwand sind Gründe für die Erforschung und Entwicklung handlicher und kostengünstiger Alternativen. Im vorliegenden Beitrag wird der Einsatz eines kostengünstigen in keramischer Dickschicht-technik hergestellten Sensors an einer Düsenbodenwäscher-Technikumsanlage untersucht. Es wird die Frage geklärt, ob sich der Sensor zur Detektion der Schadstoffe Ethanol und Isopropanol im Bereich des Roh- und des Reingases eignet, was die kontinuierliche Überwachung von VOCs in industriellen Abluftströmen oder sogar die sensorbasierte Regelung einer Abgasreinigungsanlage ermöglichen könnte.

Methodik und Experimentelles

Der Sensor arbeitet nach dem Exothermieprinzip. Die Temperaturerhöhung an einer katalytisch aktiven Schicht durch Oxidation der Testgase wird mittels einer speziellen Thermoelementstruktur im Vergleich zu einem inerten Bereich auf der Sensoroberfläche gemessen. Details zum Sensoraufbau finden sich in [2]. Vorteil dieses Sensorprinzips ist die Robustheit und zu erwartende Langzeitstabilität mit einer

linearen Kennlinie. Für die Untersuchungen wurde der Sensor unter realitätsnahen Betriebsbedingungen eingesetzt. Ein FID saugt kontinuierlich Gas aus dem Prozess an, welches zuerst am Sensor vorbeigeleitet wird. Durch den direkten Signalvergleich können die Linearität, die Sensitivität und das dynamische Ansprechverhalten des Sensors analysiert, sowie sein Potenzial als kostengünstige und robuste Alternative bewertet werden. Es wurden Positionierungen und Applikationsparameter variiert und deren Einfluss auf das Sensorsignal hinsichtlich Signalgüte und -stabilität untersucht. Als Testgase kamen Lösemittel mit Konzentrationen im Bereich von $2 - 4 \text{ gC/m}^3$ Ethanol und Isopropanol, sowie deren Mischungen (1:1) zum Einsatz, die in den Abluftstrom vor dem Wäscher zudosiert wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Der Sensor zeigt im untersuchten Bereich ein dynamisches Ansprechverhalten mit schneller Reaktionszeit bzgl. Konzentrationsänderungen. Abbildung 1 zeigt exemplarischen einen zeitlichen Verlauf einer Rohgasmessung, in der die FID-Daten (in ppm, rot) und das Rohsignal des Sensors (in mV, korrigiert um die Offset-Spannung zu Beginn der Messung, schwarz) gemeinsam dargestellt sind. Die direkte Korrelation der Messdaten (Abbildung 2) zeigt die sehr gute Übereinstimmung von Sensormessung und Analytik und die lineare Abhängigkeit des Sensorsignals von der VOC-Konzentration mit einer Empfindlichkeit von

164 μV je 1000 ppm Ethanol. Ähnliche Ergebnisse konnten bei weiteren Messungen mit Isopropanol als Testgas erzielt werden, wobei die Empfindlichkeit hier auf Grund des 1,5 fachen C-Anteils erwartungsgemäß um ca. den Faktor 1,5 erhöht ist (240 μV je 1000 ppm Isopropanol). Die Messung von Mischungen beider Lösemittel (Verhältnis 1:1) zeigte eine Empfindlichkeit von 197 μV je 1000 ppm. Messungen auf der Reingasseite des Wäschers im Konzentrationsbereich bis 50 ppm Lösemittel konnten ebenfalls erfolgreich durchgeführt werden. Damit wurde nachgewiesen, dass das Sensorkonzept für diesen Anwendungsfall sehr gut geeignet ist.

Literaturnachweis

- [1] Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), 2025, https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwbund_18082021_IGI25025005.htm (Zugriff am: 10.09.2025).
- [2] Hagen, G.; Leupold, N.; Wiegärtner, S.; Moos, R.: Sensor Tool for Fast Catalyst Material Characterization, Topics in Catalysis 60 (2017), 3, p. 312-317. <https://doi.org/10.1007/s11244-016-0617-8>.

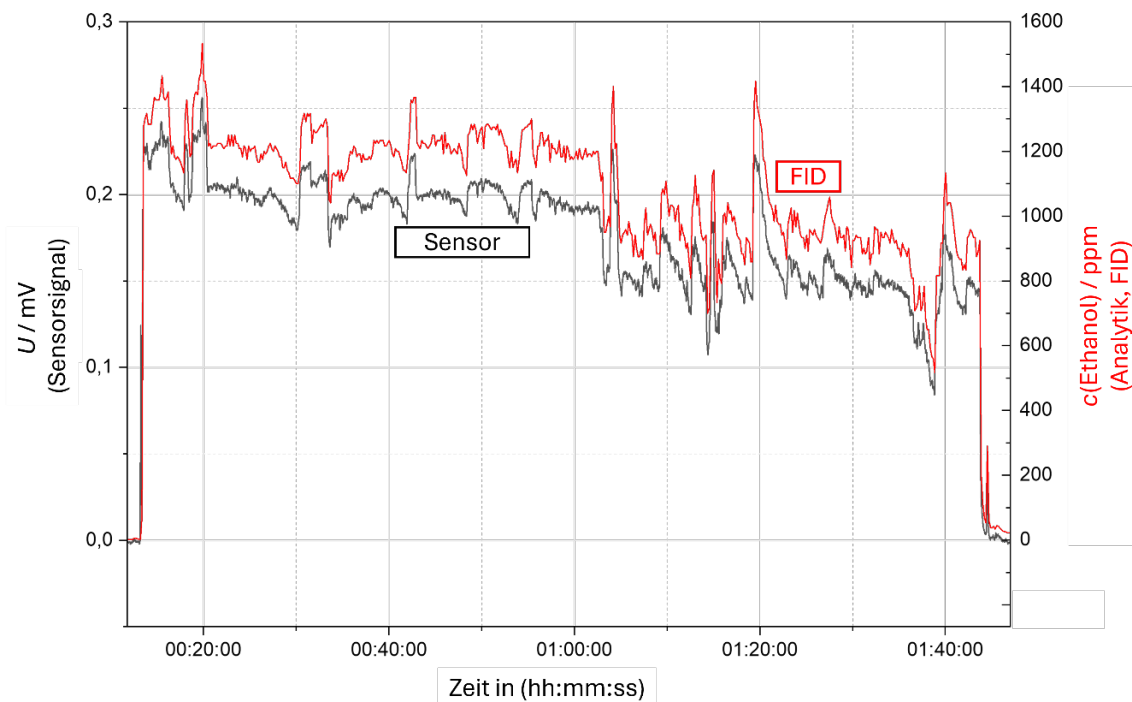


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf einer Messung auf der Rohgasseite eines Düsenbodenwäschers mit Ethanol als Testgas-Komponente: Vergleich von Analytik (FID, rote Kurve, Achse rechts) und Sensorsignal (Rohdaten, korrigiert einmal um die Offset-Spannung zu Beginn der Messung, schwarz, Achse links)

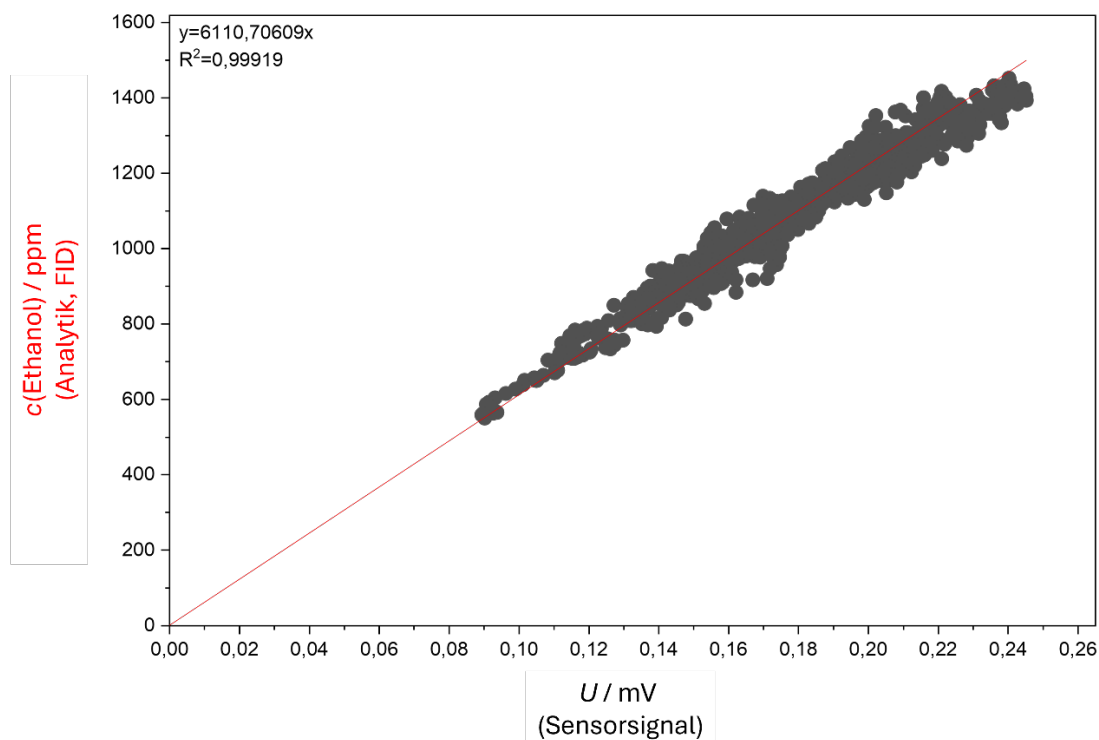


Abb. 2: Direkte Korrelation der Messdaten von Analytik und Sensor aus Abbildung 1. Ermittelte Steigung aus der linearen Sensorkennlinie als Empfindlichkeit des Sensors auf Ethanol: $164 \mu\text{V} / 1000 \text{ ppm}$.