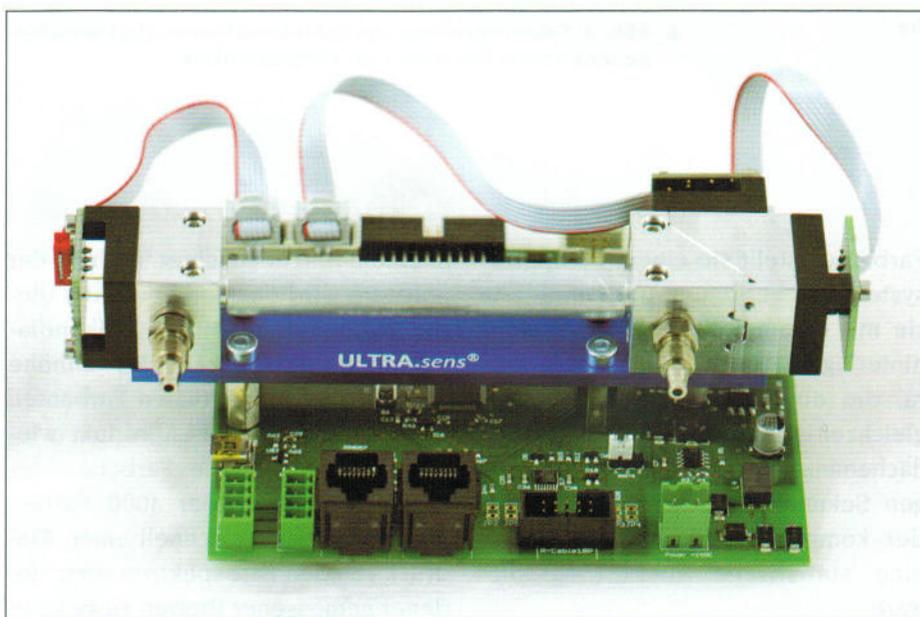


ULTRA.sens®: Innovative Gassensorik im ultravioletten Spektralbereich

Gassensoren, die auf der physikalischen Basis der Absorptionsfotometrie arbeiten, werden heute in zahlreichen Anwendungsbereichen der industriellen Technik mit großem Erfolg eingesetzt^[1]. Insbesondere die Möglichkeiten der Miniaturisierung führten in den letzten Jahrzehnten zu einer deutlichen Ausweitung dieser Messtechnik.



▲ Abb. 1: ULTRA.sens®: Gas-Fotometer mit Auswerteelektronik als OEM-Modul zur Integration in Analysegeräten.

Dieser Bereich der Gassensorik wurde aber bisher überwiegend im Infraroten Spektralbereich (IR) realisiert, da sich die dafür notwendigen optischen Komponenten (IR-Strahler und IR-Detektoren) einfach miniaturisieren lassen und durch Massenproduktion kostengünstig hergestellt werden können. Infrarotgassensoren werden vor allem zur Messung von Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂), Schwefelhexafluorid (SF₆) und diversen Kohlenwasserstoffen (C_nH_m) eingesetzt^[2]. Die Messung der Strahlungsabsorption im Ultravioletten Spektralbereich (UV) bietet gegenüber der IR-Messtechnik in einigen Anwendungsfällen einen enormen Vorteil, da Querempfindlichkeiten zu Wasserdampf (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂) praktisch nicht vorhanden sind.

Weiterhin sind die Absorptionskoeffizienten im UV-Bereich größer, sodass bei gleicher Küvettenlänge ein höherer Anteil der Strahlung absorbiert wird. Dies führt zu einem wesentlich besseren Signal/Rauschverhältnis der UV-Gassensoren und somit zu geringeren Nachweisgrenzen. Insbesondere die selektive Messung von Schwefeldioxid SO₂ bei $\lambda \approx 285$ nm bietet sich im unteren ppm-Konzentrationsbereich (ppm = parts per million = 10⁻⁶) an. Im Vergleich zur IR-Technik ist die Nachweisgrenze im UV-Bereich um den Faktor > 10 besser.

Älter: Von Gasentladungslampen zu LED und Laser und Plasmalicht

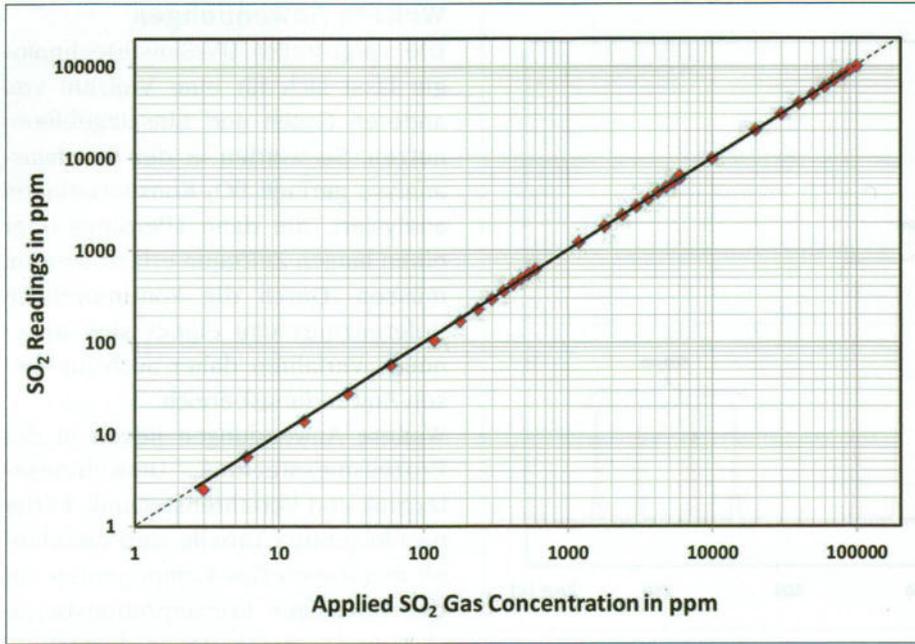
Bereits in der 1980er Jahren wurden UV-Absorptionsmessungen zur Mes-

sung von Schwefeldioxid SO₂ in Rauchgasen erfolgreich eingesetzt^[3].

Als Strahlungsquelle verwendete man bisher Gasentladungslampen, die allerdings einen hohen Energieverbrauch (≈ 1 -5 Watt) aufweisen und eine geringe Lebensdauer haben (1-2 Jahre). Der Einsatz von alternativen Strahlungsquellen (Laser und Leuchtdioden) scheiterte entweder an den hohen Kosten oder an den verfügbaren Wellenlängen. Erste Versuche UV-LED's für die Gasanalyse zu nutzen wurden bereits in den 1980er Jahren durchgeführt^[4], die sich allerdings auf die Messung von Stickstoffdioxid (NO₂) und Chlorgas (Cl₂) beschränkten. Der Wellenlängenbereich war technologisch zu dieser Zeit auf Wellenlängen über 400 nm beschränkt. Die Entwicklungen auf dem Gebiet der Plasmaphysik eröffneten zwar die Möglichkeit von neuen UV-Lichtquellen und daraus abgeleiteten spektroskopischen Möglichkeiten, doch ist der apparative Aufwand für solche UV-Photometrie Technologie vergleichsweise groß^[5].

Neu: UV-LED-Technik

Durch die Nutzung der jungen AlGaIn-LED Technologie können Spektralbereiche von 360 nm bis 240 nm lückenlos abgedeckt werden. Die Bandbreite der jeweiligen Emissionswellenlänge liegt bei $\Delta\lambda \approx 10$ nm. Um die Lebensdauer der empfindlichen UV-LED's zu vergrößern, wurde eine spezielle Ansteuerungselektronik (*smartPOWER*) entwickelt, mit der die zu erwartende Lebensdauer um den Faktor > 10 verlängert werden konnte. Unter diesen Betriebsbedingungen sind erstmalig Lebensdauern der empfindlichen UV-Strahlungsquellen von > 2 Jahren möglich. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz in kontinuierlich arbeitenden Gasmesssys-



▲ Abb. 2: Hoher Dynamikbereich (1 ppm bis 10 Vol.-%) einer SO₂-Messung durch den Einsatz komplexer Auswertalgorithmen [7].

temen. Weiterhin lässt sich die UV-LED mit nahezu beliebigen Frequenzen modulieren, sodass auch schnelle Änderungen der Gaskonzentration erfasst werden können. Ansprechzeiten von $t_{90\%} < 100$ Millisekunden sind daher problemlos realisierbar. Mit der IR-Technik sind, aufgrund der thermischen Trägheit der Strahlungsquellen, nur höhere Ansprechzeiten von $t_{90\%} > 250$ Millisekunden zu verzeichnen.

Sensoraufbau

Der physikalische Aufbau besteht aus einem Fotometer mit zwei Silizium-Empfangsdetektoren. Der Referenz-Detektor kontrolliert über einen optischen Strahlenteiler kontinuierlich die Strahlungsintensität der UV-LED und dient somit zur Kompensation von Alterungseffekten und Temperatureinflüssen.

Der Messdetektor erfasst die selektive Strahlungsabsorption in einer bis zu 250 mm langen Messküvette. Die aktuell kürzeste zur Verfügung stehende Wegstrecke beträgt 5 mm. Das Küvettenrohr ist innen mit einer speziellen Beschichtung versehen, um störende *Hang-up Effekte* zu unterdrücken. Die Ansteuerung der UV-LED und die Auswertung (z. B. Linea-

risierung) der Detektorsignale erfolgt in einer Mikroprozessorelektronik, die sich unterhalb des Fotometers befindet (Abb. 1).

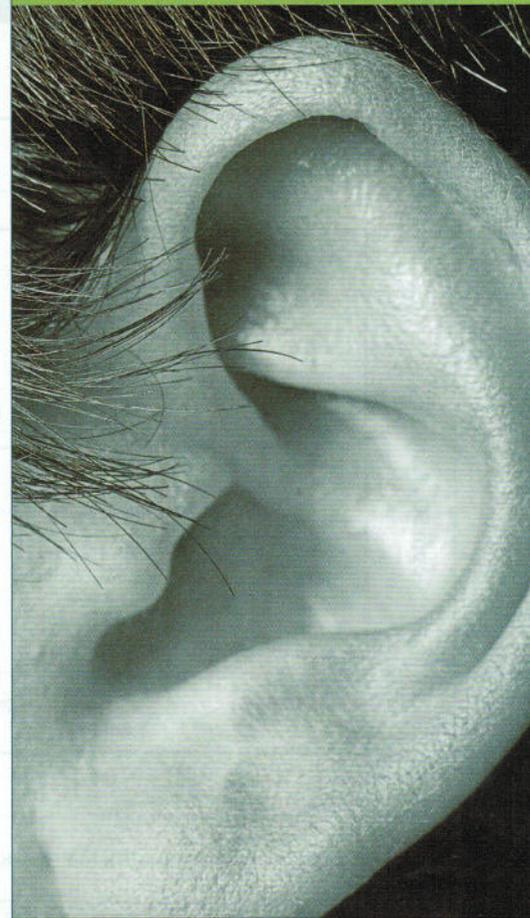
Die für die unterschiedlichen Gasmessungen erforderlichen LED's werden durch eine Spektralanalyse selektiert und dann der jeweiligen Messaufgabe (→ Gasart) zugeordnet. Durch diese Maßnahme entfällt der Einsatz von optischen Filtern zur spektralen Einschränkung auf die jeweilige Gasart.

Elementaranalyse

Erste Anwendungsbereiche dieser neuartigen Sensortechnologie wurden für den Einsatz in Elementaranalyseautomaten gefunden [6].

In dieser Anwendung geht es darum kurzzeitige Gaspeaks mit einem ebenso schnellen Gassensor zu erfassen. IR-Gassensoren sind aufgrund der thermischen Trägheit nur bedingt für diese Messaufgabe geeignet. UV-Gassensoren haben für diesen Einsatz wesentlich bessere Voraussetzungen, da die Ansprechzeit ($t_{90\%}$ -Zeit) wesentlich niedriger ist und auch keine störenden Querempfindlichkeiten zu CO₂ und H₂O vorhanden sind.

Weiterhin lässt sich durch eine spezi-



UNSER BESTER SENSOR

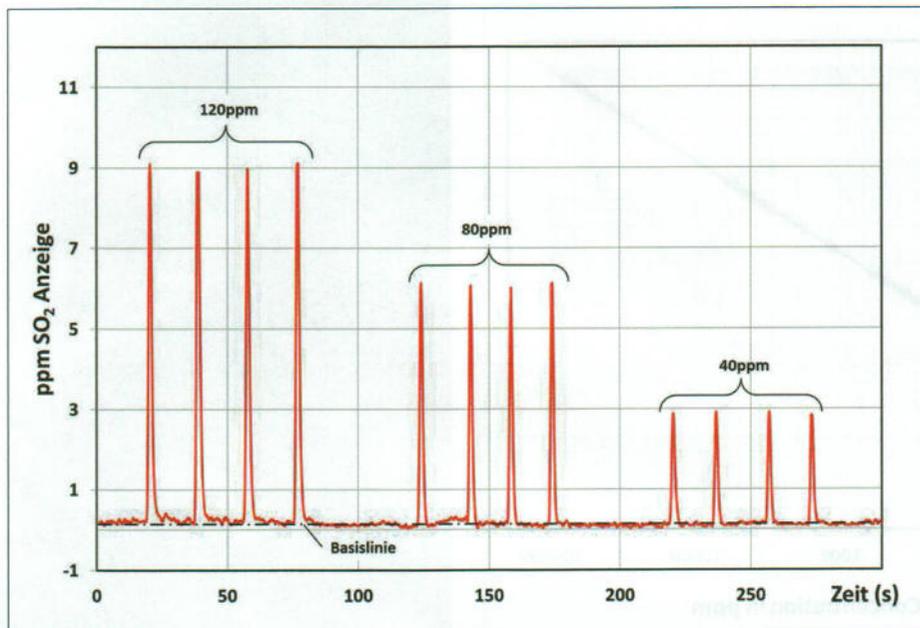
Ganz Ohr. Nur weil wir Ihnen genau zuhören, können wir Lösungen präsentieren, die Sie wirklich nach vorne bringen. Sensoren zum Messen von Weg und Winkel. Präzise, robust, wirtschaftlich und optimal auf Ihre individuellen Bedürfnisse abgestimmt.

UNSER NEUESTER SENSOR



Induktiver Wegaufnehmer
 Serie: SM34
 Betriebsspannung 24 VDC
 Ausgang 0 - 10 VDC, zunehmend: 7
 Messweg in mm: 5
 Genauigkeit ± 0,25 %: 1
 Steckerausgang: S
 Feintasteraufsatz: U





▲ Abb. 3: Injektion unterschiedlicher SO₂-Konzentrationen in einen Trägergasstrom (N₂).

Weitere Anwendungen

Die vorgestellte UV-Sensortechnologie lässt sich für eine Vielzahl von anderen Gasen und Einsatzgebieten nutzen. So werden in der Rauchgasanalyse geringe SO₂-Konzentrationen analysiert, die dann allerdings über einen langen Zeitraum erfasst werden müssen. Durch die kontinuierliche Referenzmessung eignet sich unser neues Verfahren daher auch für diesen Anwendungsbereich.

Weitere Anwendungen liegen in der Prozessmesstechnik, Umweltmesstechnik und Verfahrenstechnik. In der nachfolgenden Tabelle sind die aktuell messbaren Gas-Komponenten mit den jeweiligen Konzentrationsbereichen und Spezifikationen dargestellt.

Literatur

^[1] Wiegleb, G.: Gasmesstechnik in Theorie und Praxis, Springer-Vieweg Verlag (2016)
^[2] Wiegleb, G.: Miniaturisierung physikalischer Gassensoren, 6. Dresdner Sensor-Symposium (9. Dezember 2003)
^[3] Wiegleb, G. Randow, A. Röß, R.: SO₂-Messung mit dem neuen UV-BINOS Technisches Messen 50 (1983) 143-150
^[4] Wiegleb, G.: Einsatz von LED-Strahlungsquellen in Analysengeräten Laser und Optoelektronik Nr. 3 (1985) 308-310
^[5] Wiegleb, R.: Charakterisierung des Zündmechanismus eines Plasmajets zur weichen Ionisierung, Bachelor-Thesis (Physik) Technische Universität Dortmund (2014)
^[6] Sridhavan, S.: Entwicklung eines UV-Gassensors zur Messung von SO₂, Bachelor-Thesis (Elektrotechnik) Fachhochschule Dortmund (2012)
^[7] Wiegleb, G.: A novel fast response, low level gas sensor system for detection of SO₂ and CO₂, based on combined NDIR- and NDUV-technology. PEFTEC Conference 2015 (19. November) in Antwerpen.

Messbereiche

- SO₂ : 100 ppm bis 100 Vol.-%
- NO₂ : 500 ppm bis 10 Vol.-%
- C₆H₆ : 1000 ppm bis 10 Vol.-%
- Cl₂ : 1000 ppm bis 1 Vol.-%
- O₃ : 50 ppm bis 1 Vol.-%

Spezifikationen

- Genauigkeit : ±2 % vom MBEW ± 0.015 % pro mbar
- Nullpunktstabilität: ±2 % vom MBEW
- Nachweisgrenze (4-STABW): < 1 % vom MBEW
- Betriebstemperatur: 5 °C – 45 °C
- Betriebsdruck: 800 – 1150 mbar (Standard) höhere Druckbereiche auf Anfrage
- Lebensdauer der UV-Strahlungsquelle > 20.000 h
- Aufwärmzeit: < 1 Minute, spezifizierte Werte nach 10 min.
- Spannungsversorgung 24 VDC (< 1 Watt)
- Signalausgänge CAN-open, RS 232

elle Ansteuerung der UV-LED, in Verbindung mit komplexen Auswertelgorithmen, ein hoher Dynamikbereich über 5 Größenordnungen erzielen (Abb. 2). Die Auswertung der Sensorsignale in einem Analyseautomaten wird durch eine Integration der Messwerte (Peaks) oberhalb der Basislinie durchgeführt. In Abb. 3 ist eine Peakfolge mit unterschiedlichen SO₂-Gehalten dargestellt.

Die Peaks wurden durch eine definierte Injektion (V₀=0,807 mL) unter-

schiedlicher SO₂-Konzentrationen in einen Stickstoff-Trägergasstrom (0,2 L/min) erzeugt. Die Peaks lassen sich reproduzierbar erkennen und somit auch für die Integralberechnung sehr effektiv nutzen. Bei einer Dosierung von 40 ppm SO₂ erhält man nach Durchmischung eine Peakhöhe von ≈3 ppm SO₂, die mit einer Nachweisgrenze von < 0,2 ppm erfassbar ist. Die am Markt bekannten IR-Gassensoren/Analysegeräte können das nicht leisten.

► INFO

Autoren:
 Dipl.-Ing (FH) Sebastian Wiegleb
 Robert Wiegleb B.Sc.
 Wi.Tec Sensorik GmbH
 Am Kaisershecken 6
 46451 Schermbeck
 Tel.: 02853 69300 00
 www.witec-sensorik.de

Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Wiegleb
 Fachhochschule Dortmund
 Sonnenstr. 96 · 44139 Dortmund
 Tel.: 0231 9112 275
 www.gasmesstechnik-wiegleb.de