

## Sichere Sauerstoffmessungen nach dem paramagnetischen Prinzip

Ein solides und hochgenaues Verfahren für anspruchsvolle Anwendungen



Sauerstoffmessungen gehören zu den wichtigsten Regelparametern in zahlreichen kritischen Anwendungen, beispielsweise bei der Abgasanalyse in Verbrennungsprozessen und wenn sichergestellt sein muss, dass bei medizinischen Behandlungen die richtige Menge an Sauerstoff zugeführt wird. Für die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in einer Gasprobe kommen verschiedene Technologien infrage. Bei vielen von ihnen bestehen jedoch Einschränkungen, wie eine unzureichende Wiederholgenauigkeit oder eine große Drift des Ausgangssignals sowie Querempfindlichkeiten mit anderen Gasen. Die im Zeitverlauf niedrige Drift des Ausgangssignals ist beispielsweise sehr wichtig für aktive Brandschutzsysteme, bei denen der Sauerstoffgehalt im Raum typischerweise auf 12 - 16 % O<sub>2</sub> abgesenkt wird, wenn ein potenzielles Risiko besteht, dass die Kombination aus brennbaren Gasen, Zündquellen und ausreichend hohen Sauerstoffkonzentrationen (das Explosionsdreieck) zu einem Brand führen kann. Durch die Senkung des Sauerstoffgehalts ist die Gefahr eines Brandes (in Server-

räumen, Windkraftanlagen, Lagerstätten etc.) zwar niedrig, gleichzeitig arbeiten in diesem Umfeld aber oft Menschen. Deshalb gilt es, das Brandrisiko und die Gefahr einer Beeinträchtigung durch einen niedrigen Sauerstoffgehalt im Arbeitsumfeld gegeneinander abzuwägen.

Das empfindliche Gleichgewicht lässt sich am besten mit einem hochgenauen Sauerstoffsensor mit sehr niedriger Signaldrift überwachen. In diesem Artikel wird ein solcher Sensor beschrieben: der paramagnetische

OXYPA-Sauerstoffsensor. Dieser zeichnet sich durch eine äußerst niedrige Signaldrift, eine sehr gute Signalwiederholbarkeit sowie die Vermeidung von Quereinflüssen auf andere Gase aus. Zunächst wird das Prinzip der paramagnetischen Sauerstoffmessung detailliert erklärt. Danach wird das OXYPA-Produkt näher beschrieben.

### Messprinzip

Das grundlegende Messprinzip eines paramagnetischen Sauerstoffsensors basiert auf der Tatsache, dass Sauerstoff paramagnetisch ist und über eine im Vergleich mit anderen Gasen sehr hohe magnetische Suszeptibilität verfügt. Andere Gase (N<sub>2</sub>, CO<sub>x</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) sind eher diamagnetisch als paramagnetisch. Die hohe magnetische Suszeptibilität von Sauerstoff stellt sicher, dass das Ausgangssignal eines paramagnetischen Sauerstoffsensors nicht durch andere in der Nähe befindliche Gase beeinflusst wird. Beispielsweise ist die magnetische Massensuszeptibilität ( $\chi_{\text{mass}}$ ) von Sauerstoff (positiver  $\chi$ -Wert) mehr als 500-mal höher als jene von Stickstoff (negativer  $\chi$ -Wert = diamagnetisch).

### Die magnetische Suszeptibilität

gibt an, ob ein Material von einem Magnetfeld angezogen oder von ihm abgestoßen wird. Paramagnetische



**Bild 1:** Der paramagnetische OXYPA-Sensor. Vorn rechts befinden sich die Gasanschlüsse des Sensors, während hinten rechts der Anschluss zur Regelung und Rückstellung des Ausgangssignals angebracht ist.



gemisch noch andere Gase vorhanden sein, lässt sich die Korrektur mit einer ganz einfachen Berechnung bestimmen, für die nur die Gaskonzentration der anderen Bestandteile nötig ist. In einem typischen Abgas sind Korrekturen für Kohlendioxid und Stickoxide besonders wichtig, da

- a) bei Kohlendioxid die Abgase im %-Bereich liegen und
- b) Stickoxide eine positive magnetische Suszeptibilität aufweisen.

## Beispiel: Erd- oder Biogasanwendungen

Ein weiteres Anwendungsbeispiel, bei dem Signalstabilität und Funktionstüchtigkeit unter rauen Umgebungsbedingungen gefragt sind, ist der Einsatz in Erd- oder Biogasanwendungen, wo überschüssiger

Sauerstoff in der Gasleitung und im Verbrennungsmotor einen unerwünschten Bestandteil des Gasmixes darstellt. Hier ist die Nullpunktstabilität des OXYPA in Kombination mit Korrekturen für unterschiedliche Konzentrationen von Kohlendioxid, Methan, Ethan und Butan von Bedeutung, die sich jeweils auf den Nullwert sowie Werte im Umfeld von 0 % Sauerstoff auswirken.

## Klein und leistungsfähig

Der OXYPA ist klein und lässt sich einfach in Schränke, Gehäuse, Analysegeräte und Maschinen installieren, bei denen eine genaue Messung der Sauerstoffkonzentration nötig ist. Der OXYPA lässt sich individuell und in einer großen Bandbreite von Sauerstoffkonzentrationen kalibrieren. Es gibt verschiedene Optionen für das AusgangssignalfORMAT, die Gasanschlüsse

und Durchflussregler. Besonders zu beachten ist, dass jeder paramagnetische OXYPA-Sensor, der das Lager von Pematron verlässt, gemäß äußerst strengen Vorgaben geprüft und zugelassen wurde. Dies gewährleistet eine zuverlässige und sichere Messung in zahlreichen verschiedenen Anwendungen.

## Die optimale Verbrennung

Eine solch neue und spannende Anwendung ist die Sauerstoffanalyse zur optimalen Verbrennung in großen Dual-Fuel-Motoren, die mit Diesel und Erdgas oder Biogas betrieben werden (Bergbau, Schifffahrt, Kraftwerke, Zementherstellung etc.). Im Dual-Fuel-Modus gelangt Erd- oder Biogas in das Ansaugsystem des Motors. Das Luft-Erdgas-Gemisch wird dann genau wie bei einem Ottomotor, aber mit einem

geringeren Luft-Kraftstoff-Verhältnis in den Zylinder geführt. Gegen Ende des Verdichtungsakts (siehe Bild 3) wird Diesel eingespritzt und gezündet, wodurch das Erdgas zu brennen beginnt. Da Gas als Dieseleratz infrage kommt, liegen die Vorteile auf der Hand: Neben Kosteneinsparungen und Wirkungsgrad sind hier vor allem die niedrigeren Gesamtemissionen an Kohlendioxid, Stickoxiden und unverbrannten höheren Kohlenwasserstoffen von Vorteil, was der Umwelt zugutekommt, sofern das geringe Luft-Kraftstoff-Verhältnis engmaschig überwacht wird. Da im Motor sehr raue Umfeldbedingungen herrschen und es aufgrund der Gase im Gasgemisch zu Fehlern kommen kann, sind paramagnetische Sauerstoffsensoren die erste Wahl, um das optimale Luft-Kraftstoff-Verhältnis im Dual-Fuel-Motor sicherzustellen. ◀