LED-betriebene Infrarotsensoren: Eine neue Sicht auf Gasmessung in geschlossenen Räumen in der Öl- und Gas Industrie

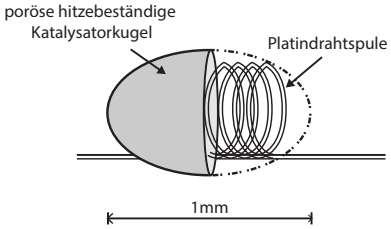
Die Produktion von Öl und Gas und die Arbeit in engen, geschlossenen Räumen stellt Mitarbeiter in dieser Branche vor viele Risiken. Ob beim Bohren, bei der Weiterverarbeitung, dem Transport oder Tätigkeiten von Kommunalbetrieben: Täglich setzen sich die Arbeiter giftigen und explosiven Stoffen aus. Die Anhäufung von vielen verschiedenen explosiven Gasen gefährdet nicht nur die Angestellten in unmittelbarer Nähe, sondern auch das ganze Umfeld. Aus diesem Grund ist eine schnelle und präzise Messung brennbarer Gase unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) entscheidend für die Gewährleistung der Sicherheit. Heutzutage gibt es zwei verschiedene Sensorarten zur Messung von explosiven Gasen, die sich auf dem Markt durchgesetzt haben: Wärmetönungs- und Infrarotsensoren.

> *“Die Sicherheit der Arbeiter im Industriesektor ist ein kritischer Punkt, da mehr denn je in engen, geschlossenen Räumen gearbeitet wird.”*

Details zum Autor:
Bryan Bates
Gas Clip Technologies
610 Uptown Blvd. #4100
Cedar Hill, TX 75104
www.gascliptech.com
(+1) 972-775-7577
info@gascliptech.com

Wärmetönungssensoren

Wärmetönungssensoren, oder „Pellistoren“, wurden in den 1960er Jahren entwickelt und lösten damit den Kanarienvogel als Frühwarnsystem für austretende giftige oder explosive Gase in Kohlemienen ab. Der Sensor ist ausgestattet mit einer Platindrahtspule, die in einer katalytisch beschichteten Kugel eingeschlossen ist (Grafik 1). Bei Kontakt einer Gas Probe mit dem Katalysator oxidiert oder verbrennt das Gas und verursacht einen Temperaturanstieg der Katalysatorkugel. Das wiederum führt zu einer Spannungsveränderung der eingebetteten Platinspule. Durch die Messung dieser Veränderung, kann nun die vorhandene Menge des brennbaren Gases bestimmt werden.



Grafik 1: Abbildung von City Pellistor Technology: http://www.citytech.com/technology/pellistors.asp

Der Sensor reagiert unterschiedlich auf verschiedene Arten von brennbaren Gasen. Im Folgenden werden vier Gründe hierfür aufgeführt:

1. Verbrennungswärme: Unterschiedliche Gase oxidieren oder verbrennen auch bei unterschiedlichen Temperaturen. Daher erreichen die Sensorkugeln unterschiedliche Wärmemengen, was dementsprechend ungleiche Spannungsänderungen der Spule auslöst.
2. Untere Explosionsgrenzen (UEG) Konzentration: Jedes brennbare Gas wird in Verbindung mit einer bestimmten Sauerstoffmenge explosiv. Wenn ein Sensor einen UEG Prozentsatz anzeigt, basiert dieser nur auf der vorher bestimmten UEG eines ausgewählten Gases. Gase die höhere Sauerstoffanteile v/v für die UEG benötigen, lösen folglich auch höhere Signale am Wärmetönungssensor aus.
3. Diffusion durch Brownsche Bewegung: Gasmoleküle diffundieren mit unterschiedlicher Geschwindigkeit durch die Luft oder Filter. Dies geschieht abhängig von ihrer jeweiligen Molekulargröße. Große Gasmoleküle, wie beispielsweise die langen Kohlenwasserstoffketten, diffundieren also langsamer als kleinere Moleküle wie Methangas.
4. Katalysator – Gas Reaktivität: Brennbare Gase reagieren stets unterschiedlich auf verschiedene Katalysatorbeschichtungen. So mag z.B. eine Beschichtung besonders stark auf ein bestimmtes Gas anspringen, auf ein anderes aber hingegen schwächer.

Obwohl Wärmetönungssensoren bereits seit über 60 Jahren verwendet werden, haben sie sich in dieser Zeit nur wenig entwickelt. Die meisten Veränderungen betrafen die Materialbeschichtung der Aluminiumkugel, die Verringerung der Kugelgröße und Reduzierung der benötigten Energie. Jedoch hat sich im Großen und Ganzen nicht viel an den Wärmetönungssensoren getan.

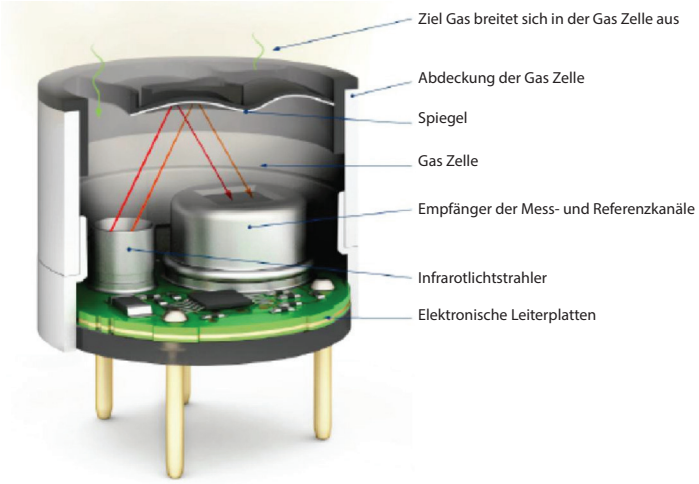
Beim regelmäßigen Einsatz des Sensors kann die Beschichtung der Katalysatorkugel, durch die Reaktion mit Gasen, in Mitleidenschaft gezogen werden. Dadurch wird die Sensibilität des Sensors herabgesetzt, was wiederum Signalschwankungen oder eine geringere Lebensdauer zur Folge haben kann. Aus diesem Grund haben Wärmetönungssensoren normalerweise eine Lebensdauer von drei bis fünf Jahren (meist zwei Jahre Garantie) und müssen eigentlich täglich oder nicht seltener als alle 90 Tage geeicht und geprüft werden.

Zudem sind Wärmetönungssensoren anfällig für Katalysatorgifte, die bei den meisten Vorgängen mit Öl und Gas entstehen. Darunter fallen z.B. Silikondämpfe und Schwefelverbindungen wie Schwefelwasserstoff (H2S) und halogenierte Kohlenwasserstoffe, die in Brandlöschmitteln vorkommen. Die Empfindlichkeit des Sensors wird durch diese Chemikalien so sehr herabgesetzt, dass der Wärmetönungssensor reaktionsunfähig wird, was möglicherweise zu Gefahrensituationen führen könnte.

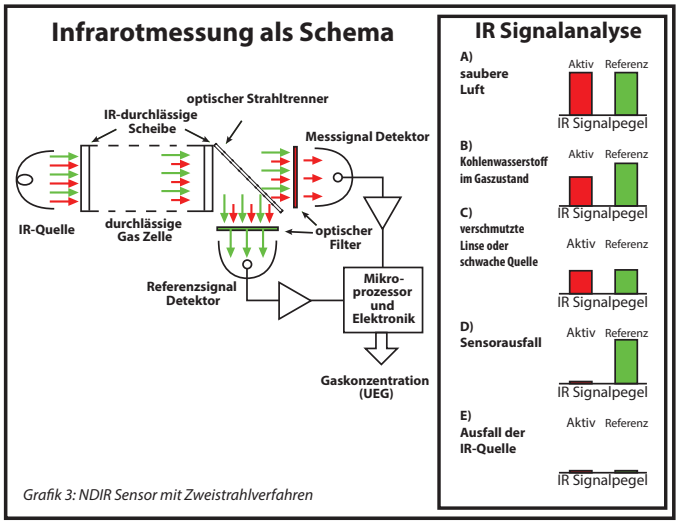
Da das vorhandene Ziel Gas im Inneren des Sensors, der Sensorzelle, verbrannt wird, sind diese nicht eigensicher. Aus diesem Grund muss zusätzlich eine Flammensperre eingebaut sein, die die Entzündung von Umgebungsgasen verhindern soll. Die Flammensperre verringert erheblich die Reaktion des Sensors auf große Kohlenwasserstoffe wie sie in Dieselkraftstoff, Benzin und Kerosin zu finden sind. So würde es also trotz hoher Konzentration dieser Gase zu einer lediglich geringen Sensormessung kommen. Für die Verbrennung des Zielgases muss Sauerstoff in der Umgebung sein; Pellistoren reagieren nicht in einer neutralen, sauerstoffarmen Umgebung, wie sie bei vielen Vorgängen mit Öl und Gas vorherrscht.

Nichtdispersiver Infrarotsensor

In jüngeren Jahren konnten sich nichtdispersive Infrarotsensoren (NDIR) als Alternative zu den veralteten Wärmetönungssensoren etablieren. Der Infrarotsensor besteht aus einer Gas Zelle, die mit Infrarot durchstrahlt wird (Graphik 2). Die Gasmoleküle in der Zelle absorbieren eine spezifische Frequenz der Strahlung in den Bindungen zweier verschiedener Atome (z.B. Kohlenstoff und Wasserstoff). Die durch das Gas übertragene Strahlung wird mithilfe eines dualen Infrarotstrahlungsdetektors in der Gas Zelle gemessen (aktiver Detektor). Ein weiterer Detektor, der Referenzdetektor, misst die IR Wellenlänge, die nicht absorbiert wurde. Weder von den zu untersuchenden Kohlenwasserstoffmolekülen noch von möglichen Störfaktoren



Grafik 2: Abbildung von OptoSense, LLC



Grafik 3: NDIR Sensor mit Zweistrahlverfahren

wie Moleküle im Wasserdampf, Staub oder Feuchtigkeit. Der Strahlungsunterschied der durch die beiden Detektoren gemessen wird, bestimmt die vorhandene Gasmenge.

Die durch Fotodioden angetriebenen NDIR Sensoren sind eigensicher und benötigen daher keine Flammensperre. Dadurch können große Kohlenwasserstoffmoleküle besser gemessen werden. Zusätzlich reagiert also das Ziel Gas auch nicht mit anderen Chemikalien und eine Beschädigung des Sensors durch entstehende Gifte ist somit ausgeschlossen. Außerdem können NDIR Sensoren, anders als Wärmetönungssensoren, in einem sauerstoffarmen oder sogar neutralen, inerten Umfeld eingesetzt werden.
Dank jüngster Fortschritte wurde die herkömmliche Strahlungsquelle durch Fotodioden (ähnlich den LED's) ersetzt. Diese setzten den Energieverbrauch des Sensors von 100mW auf unter 5mW erheblich herab.

Die meisten NDIR Sensoren sind so eingestellt, dass die Bestimmung von Kohlenwasserstoffbindungen (C-H) bei 3,4 µm oder 3,33 µm (also fast alle Kohlenwasserstoffe im Gaszustand) möglich ist. Da Wasserstoff (H2) auf molekularer Ebene nur aus zwei gleichen Wasserstoffatomen besteht, absorbiert das H2 im Gaszustand keine Infrarotstrahlen und kann somit nicht mit einem NDIR Sensor gemessen werden. Darüber hinaus können einige Gase, wie z.B. Acetylen nicht gemessen werden, da der Sensor nur Gase mit einer ganz bestimmten Wellenlänge (in µm) bestimmen kann.

Wenn ein NDIR Sensor jedoch in einem Multigasmessgerät eingesetzt wird, ist es möglich sowohl Wasserstoff als auch Acetylen durch die Querempfindlichkeit des Kohlenmonoxid (CO) Sensors zu messen. Dies ist in Tabelle 1 zu sehen.

Tabelle 1: Querempfindlichkeit von CO als %UEG

Gas	*UEG*	*CO - Querempfindlichkeit*	*CO abgelesen bei 10%UEG*
Wasserstoff	*4Vol.%*	*30%*	*1200 ppm*
Acetylen	*2,5Vol.%*	*30%*	*750 ppm*

Wenn es zu Störungen des Senders oder des Empfängers kommt, ermöglicht das Zweistrahlverfahren (Graphik 3) dennoch eine ausfallsichere Messung. Anders als Wärmetönungssensoren kann der NDIR Sensor nicht durch giftige Substanzen beschädigt werden und wird lediglich dann funktionsuntüchtig wenn es zu einer Blockade des Sensors kommt. Durch diese Redundanz werden die Messschwankungen reduziert und somit müssen Überprüfungstest, Einstellungen und Wartungsarbeiten nur jedes halbe Jahr oder gar seltener durchgeführt werden.

Vergleich beider Sensoren

Wie bereits erwähnt, sprechen NDIR Sensoren eher auf große Kohlenwasserstoffe an als auf kleinere. Dies ist anders bei den Wärmetönungssensoren, was viele Hersteller in der Multigas-Branche veranlasst hat, die Kalibrierung auf Pentan und Hexan zu empfehlen. Dadurch soll die fehlende Sensibilität der Wärmetönungssensoren gegenüber schwereren Kohlenwasserstoffen ausgeglichen werden. Multigasmessgeräte, die mit NDIR ausgestattet sind und mit Methan kalibriert wurden, haben nun eine höhere Empfindlichkeit gegenüber großen Kohlenwasserstoffen im Gaszustand. Dies geschieht ganz ohne die typischen Probleme, die normalerweise bei einer Kalibrierung von seltenen- oder Nichtzielgasen auftreten. Die Unterschiede

Grafik 4: Reaktion auf unterschiedliche Kohlenwasserstoffe: Pellistoren im Vergleich mit der Querempfindlichkeit des IR-Sensors

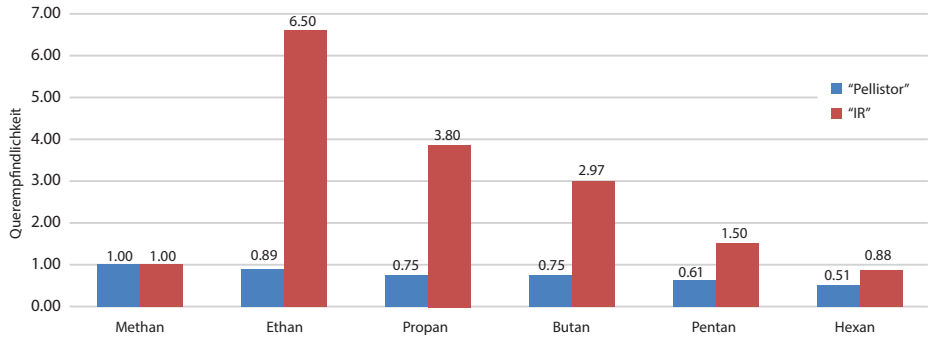


Tabelle 2: Zusammenfassung der Unterschiede

Wärmetönungssensor	**LED (Fotodioden)- betriebener Infrarotsensor**
hoher Stromverbrauch	geringer Stromverbrauch – 2-monatige Laufzeit
nicht ausfallsicher	ausfallsicher
anfällig für Vergiftungen und Hemmstoffe	unempfänglich gegenüber Giften und Hemmstoffen
benötigt Sauerstoff	funktioniert in inerter Atmosphäre
normalerweise nicht eigensicher	eigensicher
geringe Reaktion auf große Kohlenwasserstoff-moleküle	erhöhte Reaktion auf große Kohlenwasserstoff-moleküle
Überprüfungs-/Kalibrierintervall von 1- 90 Tagen	Überprüfungs-/ Kalibrierintervall von mehr als 6 Monaten
anfällig für Signalabweichungen	minimale Signalabweichungen
erkennt alle brennbaren Gase	erkennt nur Kohlenwasserstoffe
Lebensdauer von 3-5 Jahren	Lebensdauer von 10 Jahren
stoßempfindlich	stoßunempfindlich
simple, analoge Verschaltung	digitale Datenübertragung
niedrigere Anschaffungskosten	langfristig niedrigere Kosten

zwischen der Reaktion eines Wärmetönungssensors und der eines NDIR Sensors auf die im Gaszustand vorliegenden Alkan Kohlenwasserstoffketten werden in Graphik 4 verdeutlicht. Obwohl die Anschaffungskosten für einen Infrarotsensor meist geringfügig höher sind als die für einen Wärmetönungssensor, ist der IR Sensor dennoch auf lange Sicht in seiner Nutzung kostengünstiger. Die Multigasmessgeräte, die mit dem LED betriebenen NDIR System ausgestattet sind, können mittlerweile für unter 700 € erworben werden. Sie sind kompakter und einfacher zu handhaben als die ursprünglichen Multigasmessgeräte, die mit Wärmetönungssensoren ausgestattet waren. Der mit Fotodioden betriebene Infrarotsensor verfällt bei auftretenden Problemen in einen sicheren Zustand. Der Wärmetönungssensor hingegen benötigt regelmäßige Wartung in Form von Funktionstests (Bump-Test) und Kalibrierung im Einbauzustand, da er anders als der IR Sensor in einen komplett unempfänglichen Zustand fällt. In bestimmten Anwendungsbereichen ist es aber geeigneter mit Wärmetönungssensoren zu arbeiten, da diese eine höhere Zahl an brennbaren Gasen messen und erkennen können. Für ihren Einsatz muss jedoch Sauerstoff vorhanden sein, wogegen NDIR Sensoren in einer neutralen, inerten Atmosphäre einsetzbar sind. Eine Zusammenfassung der Unterschiede beider Sensoren, ist in Tabelle 2 zu sehen.

Die Sicherheit der Arbeiter im Industriesektor ist ein kritischer Punkt, da mehr denn je in engen, geschlossenen Räumen gearbeitet wird. Durch die Verwendung modernster Technologie können jedoch Mitarbeiter, Anwohner in umliegenden Gebieten und die Umwelt besser geschützt werden. Der mit Fotodioden betriebene Infrarotsensor ist, bei der Messung brennbarer Gase, ein absoluter Vorreiter im Hinblick auf die allgemeine Sicherheit.

Grafik 5: Der Multi Gas Clip von Gas Clip Technologies