

## **Industrial Safety and Gas Detection: Foundations for Reliable Measurement Solutions**

Across Europe's industrial landscape, operations increasingly take place in environments shaped by invisible threats. Combustible, toxic, and asphyxiating gases silently endanger personnel, infrastructure, and continuity of operations. From chemical processing and energy production to food manufacturing and waste treatment, a seemingly minor leak can escalate into a major incident without timely detection.

Gas detection systems have, in response, evolved from optional safeguards into essential, regulation-driven elements of industrial design. Unlike fire or smoke detection, which respond after an incident has begun, gas sensors provide a proactive safeguard, identifying hazardous atmospheres before ignition, exposure, or oxygen depletion occurs.

### **Why Gas Detection Matters: Lessons from Industrial Incidents**

The critical role of gas detection has been shaped by the consequences of historical industrial accidents, e.g.

Austrian Baumgarten natural gas hub explosion in 2017, caused by a suspected technical fault in a pipeline or filter system resulting in 1 fatality and 21 injuries

UK Avonmouth water treatment incident, 2020. An explosion atop a biosolids silo, likely due to sparks from angle-grinding maintenance work igniting natural gas in the tank's headspace leading to 4 deaths and 1 injury

South Korean Ganeung hydrogen explosion, 2019, triggered by oxygen contamination within a hydrogen storage tank at a pilot electrolyser hydrogen production plant culminating in 2 fatalities and 6 injuries.

Incidents such as the Baumgarten gas hub explosion, Gangneung hydrogen tank explosion, and Avonmouth water treatment event convey a clear message for OEMs: effective gas safety relies on early and reliable detection across diverse hazards and operating conditions. Whether minimising the risk of explosion from methane or rapidly diffusing hydrogen leaks, sensor systems must provide high sensitivity, rapid response, and placement aligned with gas behaviour.

These events also highlight the need for redundancy, fail safe operation, and integration with automated safety systems, ensuring detection triggers immediate mitigation actions such as shutdown, ventilation, or alarms, to protect lives and assets.

## Gas hazards in industrial environments

Industrial gas risks are broadly grouped into three categories, each requiring distinct sensing strategies. **Combustible and explosive gases**, such as methane, propane, butane, hydrogen, and volatile organic compounds (VOCs) introduce ignition hazards when present within defined concentration limits, often forming rapidly without visible warning. Continuous monitoring, ensuring that any gas concentration changes are detected immediately is essential, particularly in ATEX-classified environments. **Asphyxiating gases**, including carbon dioxide, refrigerants, nitrogen and argon can displace oxygen in confined spaces, creating life-threatening conditions; whilst CO<sub>2</sub> and refrigerants allow for direct detection, nitrogen and argon are typically monitored indirectly by measuring oxygen levels. **Toxic gases**, such as carbon monoxide, hydrogen sulphide, nitrogen dioxide, and ammonia, present serious health risks even at low concentrations, requiring detection aligned with occupational exposure limits and reliable long term sensor performance.

### European Regulatory Framework

Within Europe, gas detection systems are shaped by long established, rigorous standards that influence both system certification and sensor selection by OEMs.

The ATEX Directives (2014/34/EU for equipment and 1999/92/EC for workplace safety) define requirements for operation in explosive atmospheres, supported by standards such as the EN 60079 series. Functional safety standards (IEC 61508 and IEC 61511) introduce Safety Integrity Level requirements for automated safety functions, while the Seveso III Directive mandates monitoring and risk mitigation at high hazard sites. Although these frameworks apply primarily to complete systems, they strongly influence which sensor technologies can be used and how they are implemented.

For combustible gases, ATEX imposes strict constraints related to ignition risk. Sensors must align with protection concepts such as intrinsic safety or flameproof enclosures, favouring technologies with controlled thermal behaviour, low power consumption, and predictable failure modes. Performance standards also require detection relative to the Lower Explosive Limit, fast response, and long term stability, shaping both sensor selection and calibration.

In asphyxiating gas applications, the focus shifts to oxygen monitoring, particularly in confined spaces. While ATEX may still apply in some cases, the priority is reliable detection of oxygen depletion or displacement by gases such as carbon dioxide. This drives the use of sensors with high reliability, low drift, and fail-safe operation, often linked to ventilation or alarm systems.

For toxic gases, requirements centre on human health protection at low concentrations, guided by exposure limits and standards such as EN 62990-1. Sensors must provide high sensitivity, selectivity, and stability at very low levels, with electrochemical technologies

preferred. Accuracy, response time, and calibration traceability are also critical, especially where systems trigger automated safety actions.

Overall, European regulations do not prescribe specific sensor types but define the performance, safety, and certification constraints that narrow the viable options. As a result, sensor selection becomes a key design decision for OEMs, directly affecting the compliance, reliability, and effectiveness of gas detection systems across industrial applications.

### **Introducing Figaro Engineering**

Against this regulatory and application driven backdrop, sensor manufacturers play an important role in helping OEMs deliver reliable and compliant gas detection systems. Figaro Engineering has over 50 years of experience in gas sensing and offers a broad range of technologies including MOS, catalytic, electrochemical, and infrared sensors. Known for their reliability, stability, and ease of integration into OEM designs, Figaro sensors are widely used in industrial safety applications. As regulations tighten and energy systems change, Figaro continues to support OEMs with practical and adaptable solutions. The following articles look at how these technologies meet the needs of combustible and explosive, asphyxiant, and toxic gas detection, helping guide sensor selection for each application.

1. Figaro sensors for Combustible and Explosive gases in Industrial Safety applications
2. Figaro sensors for asphyxiating gases in Industrial Safety applications
3. Figaro sensors for toxic gases in Industrial Safety applications

## **Arbeitsicherheit und Gasdetektion: Grundlagen für zuverlässige Messlösungen**

In der gesamten europäischen Industrielandschaft finden Betriebsabläufe zunehmend in Umgebungen statt, die von unsichtbaren Gefahren geprägt sind. Brennbar, giftig und erstickende Gase gefährden unbemerkt das Personal, die Infrastruktur und die Betriebskontinuität. Von der chemischen Verarbeitung und Energieerzeugung bis hin zur Lebensmittelherstellung und Abfallbehandlung kann ein scheinbar geringfügiges Leck ohne rechtzeitige Erkennung zu einem schweren Zwischenfall eskalieren. Gaswarnsysteme haben sich daher von optionalen Sicherheitsvorkehrungen zu unverzichtbaren, gesetzlich vorgeschriebenen Bestandteilen der industriellen Anlagenplanung entwickelt. Im Gegensatz zur Brand- oder Rauchmeldeanlage, die erst nach Ausbruch eines Vorfalls anspricht, bieten Gassensoren einen proaktiven Schutz, indem sie gefährliche Atmosphären erkennen, bevor es zu einer Entzündung, Exposition oder Sauerstoffverarmung kommt.

## **Warum Gasdetektion wichtig ist: Lehren aus Unfällen in der Industrie**

Die entscheidende Rolle der Gasdetektion wurde durch die Folgen historischer Industrieunfälle geprägt, z. B. die Explosion im österreichischen Erdgas-Hub Baumgarten im Jahr 2017, die vermutlich durch einen technischen Defekt in einer Pipeline oder einem Filtersystem verursacht wurde und 1 Todesopfer sowie 21 Verletzte forderte, sowie der Vorfall in der Wasseraufbereitungsanlage in Avonmouth (Großbritannien) im Jahr 2020. Eine Explosion auf einem Klärschlammstilo, wahrscheinlich verursacht durch Funken von Wartungsarbeiten mit einem Winkelschleifer, die Erdgas im Kopfraum des Tanks entzündeten und zu 4 Todesfällen und 1 Verletzten führten, sowie die Wasserstoffexplosion in Gangneung, Südkorea, im Jahr 2019, ausgelöst durch Sauerstoffverunreinigungen in einem Wasserstoffspeichertank einer Pilotanlage zur Wasserstoffproduktion mittels Elektrolyse, die 2 Todesfälle und 6 Verletzte zur Folge hatte.

Vorfälle wie die Explosion am Gasverteilzentrum Baumgarten, die Wasserstofftank-Explosion in Gangneung und der Vorfall in der Wasseraufbereitungsanlage in Avonmouth vermitteln eine klare Botschaft an OEMs: Wirksame Gassicherheit beruht auf einer frühzeitigen und zuverlässigen Erkennung bei vielfältigen Gefahren und Betriebsbedingungen. Ob es darum geht, das Explosionsrisiko durch Methan zu minimieren oder schnell austretende Wasserstofflecks zu erkennen – Sensorsysteme müssen eine hohe Empfindlichkeit, schnelle Reaktionszeiten und eine auf das Gasverhalten abgestimmte Platzierung bieten. Diese Ereignisse unterstreichen zudem die Notwendigkeit von Redundanz, ausfallsicherem Betrieb und der Integration in automatisierte Sicherheitssysteme, um sicherzustellen, dass eine Erkennung sofortige Schutzmaßnahmen wie Abschaltung, Belüftung oder Alarmauslösung auslöst, um Leben und Sachwerte zu schützen.

## **Gasgefahren in industriellen Umgebungen**

Risiken durch Industriegase lassen sich grob in drei Kategorien einteilen, die jeweils unterschiedliche Messstrategien erfordern. Brennbar und explosive Gase wie Methan, Propan, Butan, Wasserstoff und flüchtige organische Verbindungen (VOC) bergen Zündgefahren, wenn sie innerhalb bestimmter Konzentrationsgrenzen auftreten; oft bilden sie sich schnell und ohne sichtbare Vorwarnung. Eine kontinuierliche Überwachung, die sicherstellt, dass jegliche Änderungen der Gaskonzentration sofort erkannt werden, ist unerlässlich, insbesondere in ATEX-klassifizierten Umgebungen. Erstickende Gase, darunter Kohlendioxid, Kältemittel, Stickstoff und Argon, können in geschlossenen Räumen den Sauerstoff verdrängen und lebensbedrohliche Bedingungen schaffen; während CO<sub>2</sub> und Kältemittel direkt detektiert werden können, werden Stickstoff und Argon in der Regel indirekt durch Messung des Sauerstoffgehalts überwacht. Giftige Gase wie Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff, Stickstoffdioxid und Ammoniak stellen selbst in geringen Konzentrationen ein ernstes Gesundheitsrisiko dar und erfordern eine Detektion, die den Grenzwerten für die berufliche Exposition entspricht, sowie eine zuverlässige Langzeitleistung der Sensoren.

## **Europäischer Rechtsrahmen**

In Europa unterliegen Gaswarnsysteme seit langem etablierten, strengen Normen, die sowohl die Systemzertifizierung als auch die Sensorauswahl durch Erstausrüster beeinflussen.

Die ATEX-Richtlinien (2014/34/EU für Geräte und 1999/92/EG für die Sicherheit am Arbeitsplatz) legen Anforderungen für den Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen fest, unterstützt durch Normen wie die EN 60079-Reihe. Normen zur funktionalen Sicherheit (IEC 61508 und IEC 61511) führen Anforderungen an den Sicherheitsintegritätsgrad (SIL) für automatisierte Sicherheitsfunktionen ein, während die Seveso-III-Richtlinie die Überwachung und Risikominderung an Standorten mit hohem Gefahrenpotenzial vorschreibt. Obwohl diese Rahmenwerke in erster Linie für komplette Systeme gelten, haben sie starken Einfluss darauf, welche Sensortechnologien eingesetzt werden können und wie sie implementiert werden.

Für brennbare Gase schreibt ATEX strenge Auflagen hinsichtlich der Zündgefahr vor. Sensoren müssen Schutzkonzepten wie Eigensicherheit oder druckfeste Gehäuse entsprechen, wobei Technologien mit kontrolliertem thermischem Verhalten, geringem Stromverbrauch und vorhersehbaren Ausfallmodi bevorzugt werden. Leistungsstandards erfordern zudem eine Erkennung im Verhältnis zur unteren Explosionsgrenze, eine schnelle Ansprechzeit und Langzeitstabilität, was sowohl die Sensorauswahl als auch die Kalibrierung beeinflusst.

Bei Anwendungen mit erstickenden Gasen verlagert sich der Schwerpunkt auf die Sauerstoffüberwachung, insbesondere in engen Räumen. Auch wenn in einigen Fällen weiterhin die ATEX-Richtlinie gilt, steht die zuverlässige Erkennung von Sauerstoffmangel oder -verdrängung durch Gase wie Kohlendioxid im Vordergrund. Dies fördert den Einsatz von Sensoren mit hoher Zuverlässigkeit, geringer Drift und ausfallsicherem Betrieb, die häufig mit Belüftungs- oder Alarmsystemen verbunden sind.

Bei toxischen Gasen stehen Anforderungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit bei niedrigen Konzentrationen im Mittelpunkt, geleitet von Expositionsgrenzwerten und Normen wie EN 62990-1. Sensoren müssen eine hohe Empfindlichkeit, Selektivität und Stabilität bei sehr niedrigen Konzentrationen bieten, wobei elektrochemische Technologien bevorzugt werden. Genauigkeit, Ansprechzeit und Rückverfolgbarkeit der Kalibrierung sind ebenfalls entscheidend, insbesondere wenn Systeme automatisierte Sicherheitsmaßnahmen auslösen. Insgesamt schreiben europäische Vorschriften keine bestimmten Sensortypen vor, sondern definieren Leistungs-, Sicherheits- und Zertifizierungsanforderungen, die die Auswahlmöglichkeiten einschränken. Daher wird die Sensorauswahl zu einer zentralen Designentscheidung für OEMs, die sich direkt auf die Konformität, Zuverlässigkeit und Wirksamkeit von Gasdetektionssystemen in industriellen Anwendungen auswirkt.

### **Wir stellen Ihnen Figaro Engineering vor**

Vor diesem Hintergrund, der von gesetzlichen Vorschriften und Anwendungsanforderungen geprägt ist, spielen Sensorhersteller eine wichtige Rolle dabei, OEMs bei der Bereitstellung zuverlässiger und normkonformer Gasdetektionssysteme zu unterstützen. Figaro Engineering verfügt über mehr als 50 Jahre Erfahrung in der Gasmesstechnik und bietet eine breite Palette an Technologien an, darunter MOS-, katalytische, elektrochemische und Infrarotsensoren. Figaro-Sensoren sind für ihre Zuverlässigkeit, Stabilität und einfache Integration in OEM-Konstruktionen bekannt und finden breite Anwendung in der industriellen Sicherheit. Angesichts verschärfter Vorschriften und sich wandelnder Energiesysteme unterstützt Figaro OEMs weiterhin mit praktischen und anpassungsfähigen Lösungen. Die folgenden Artikel befassen sich damit, wie diese Technologien die Anforderungen der Detektion von brennbaren und explosiven, erstickenden und toxischen Gasen erfüllen, und dienen als Orientierungshilfe bei der Sensorauswahl für die jeweilige Anwendung.

1. Figaro-Sensoren für brennbare und explosive Gase in Anwendungen der Arbeitssicherheit
2. Figaro-Sensoren für erstickende Gase in Anwendungen der Arbeitssicherheit
3. Figaro-Sensoren für toxische Gase in Anwendungen der Arbeitssicherheit