

	DIN EN 60079-29-2 (VDE 0400-2)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 29.260.20 Ersatz für DIN EN 50073 (VDE 0400-6):2000-04 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 29-2: Gasmessgeräte – Auswahl, Installation, Einsatz und Wartung von Geräten für die Messung von brennbaren Gasen und Sauerstoff (IEC 60079-29-2:2007); Deutsche Fassung EN 60079-29-2:2007 Explosive atmospheres – Part 29-2: Gas detectors – Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen (IEC 60079-29-2:2007); German version EN 60079-29-2:2007 Atmosphères explosives – Partie 29-2: Détecteurs de gaz – Sélection, installation, utilisation et maintenance des détecteurs de gaz inflammables et d'oxygène (CEI 60079-29-2:2007); Version allemande EN 60079-29-2:2007 Gesamtumfang 99 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2007-11-01 angenommene EN 60079-29-2 gilt als DIN-Norm ab 2008-07-01.

Daneben darf **DIN EN 50073 (VDE 0400-6):2000-04** noch bis 2010-11-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60079-29-2 (VDE 0400-2):2007-01.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 966.1 „Mess- und Warngeräte für gefährliche Gase“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 31 „Equipment for explosive atmospheres“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 50073 (VDE 0400-6):2000-04** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt neu strukturiert und nach unterschiedlichen Anwendungen gegliedert;
- b) alle notwendigen Schritte von Bedarf einer Gasdetektion bis zu deren Instandhaltung abgedeckt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 50073 (VDE 0400-6): 2000-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-426:2007	Deutsche Ausgabe IEC – Teil 426:2005-06	–
EN 60079-0:2006	IEC 60079-0:2004, modifiziert	DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1):2007-05	VDE 0170-1
EN 60079-10:2003	IEC 60079-10:2002	DIN EN 60079-10 (VDE 0165-101):2004-08	VDE 0165-101
–	IEC/TR3 60079-20:1996	–	–
EN 60079-19:2007	IEC 60079-19:2006	DIN EN 60079-19 (VDE 0165-20-1):2008-02	VDE 0165-20-1
EN 60079-29-1:2007	IEC 60079-29-1:2007	DIN EN 60079-29-1 (VDE 0400-1):2008-07	VDE 0400-1

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

Deutsche Ausgabe IEC Teil 426, *Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche*

DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1), *Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Teil 0: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 60079-10 (VDE 0165-101), *Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Teil 10: Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche*

DIN EN 60079-19 (VDE 0165-20-1), *Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 19: Gerätereparatur, Überholung und Regenerierung*

DIN EN 60079-29-1 (VDE 0400-1), *Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 29-1: Gasmessgeräte – Anforderungen an das Betriebsverhalten von Geräten für die Messung brennbarer Gase*

– Leerseite –

Explosionsfähige Atmosphäre –
Teil 29-2: Gasmessgeräte –
Auswahl, Installation, Einsatz und Wartung von Geräten für die Messung von
brennbaren Gasen und Sauerstoff
(IEC 60079-29-2:2007)

Explosive atmospheres –
Part 29-2: Gas detectors –
Selection, installation, use and maintenance of
detectors for flammable gases and oxygen
(IEC 60079-29-2:2007)

Atmosphères explosives –
Partie 29-2: Détecteurs de gaz –
Sélection, installation, utilisation et maintenance
des détecteurs de gaz inflammables et
d'oxygène
(CEI 60079-29-2:2007)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2007-11-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2007 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60079-29-2:2007 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 31/696/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60079-29-2, ausgearbeitet von dem IEC/TC 31 „Equipment for explosive atmospheres“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2007-11-01 als EN 60079-29-2 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 50073:1999.

Dieser Teil der Reihe EN 60079-29 muss in Verbindung mit folgenden Normen benutzt werden:

- **EN 60079-0**, Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements;
- **EN 60079-29-1**, Explosive atmospheres – Part 29-1: Gas detectors – Performance requirements of detectors for flammable gases.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2008-11-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2010-11-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Der Inhalt des im Dezember 2007 veröffentlichten Corrigendums ist in dieser Fassung enthalten.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60079-29-2:2007 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

IEC 60079-19	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60079-19:2007 (nicht modifiziert).
--------------	-----------	--

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Grundlegende Informationen über Eigenschaften, Verhalten und Detektion von Gasen und Dämpfen	14
4.1 Detektion von Gasen und Dämpfen – Allgemeines	14
4.2 Einige typische Eigenschaften von Gasen und Dämpfen	16
4.3 Die Unterschiede zwischen der Detektion von Gasen und Dämpfen	17
4.4 Sauerstoffmangel	21
5 Messprinzipien.....	23
5.1 Wärmetönungssensoren	24
5.2 Wärmeleitfähigkeitssensoren	25
5.3 Infrarotsensoren	27
5.4 Halbleitersensoren.....	28
5.5 Elektrochemische Sensoren.....	29
5.6 Flammenionisationsdetektoren (FID)	31
5.7 Flammentemperaturanalysatoren (FTA)	32
5.8 Photoionisationsdetektor	33
5.9 Paramagnetische Sauerstoffdetektoren	34
6 Geräteauswahl	34
6.1 Allgemeines	35
6.2 Auswahlkriterien	35
6.3 Verschiedene Faktoren mit Einfluss auf die Auswahl des Gerätes.....	39
7 Beschaffenheit einer Gasfreisetzung	40
7.1 Art der Freisetzung	40
7.2 Gebäude und umschlossene Räume	42
7.3 Unbelüftete Gebäude und Räume.....	42
7.4 Belüftete Gebäude und Räume	43
7.5 Natürliche Belüftung	43
8 Konstruktion und Installation von ortsfesten Gaswarnsystemen.....	44
8.1 Grundlegende Betrachtungen zur Installation ortsfester Systeme.....	44
8.2 Anordnung von Messstellen	45
8.3 Zugänglichkeit für Kalibrierung und Wartung	48
8.4 Ergänzende Betrachtungen zu Probenleitungen.....	49
8.5 Zusammenfassende Hinweise zur Anordnung von Sensoren oder Probenahmestellen.....	49
8.6 Sensorinstallation	50

	Seite
8.7	Integrität und Sicherheit von ortsfesten Systemen 51
8.8	Zeitpunkt der Installation während der Bauphase 52
8.9	Inbetriebnahme 52
8.10	Bedienungsanleitung, Lagepläne und Aufzeichnungen 53
9	Einsatz von tragbaren und transportablen Geräten zur Detektion brennbarer Gase 54
9.1	Allgemeines 54
9.2	Verfahren für die erste und für regelmäßige Kontrollen von tragbaren und transportablen Geräten 55
9.3	Leitfaden zum Einsatz von tragbaren und transportablen Geräten 57
10	Ausbildung des Betriebspersonals 60
10.1	Allgemeines 60
10.2	Allgemeine Schulung – grundlegende Einschränkungen und Sicherheit 60
10.3	Schulung für Benutzer 61
10.4	Schulung für Instandhaltungspersonal 61
11	Instandhaltung, Routineverfahren und allgemeine Überwachungsfunktionen 62
11.1	Allgemeines 62
11.2	Kontrollen während des Betriebes 63
11.3	Instandhaltung 65
11.4	Sensoren 66
11.5	Ansaugende Systeme 66
11.6	Anzeigeeinrichtungen 67
11.7	Alarmer 67
11.8	Werkstattprüfung der Kalibrierung und Ausrüstung 68
Anhang A (normativ)	Messprinzipien 70
Anhang B (informativ)	Umgebungsparameter 89
Anhang C (informativ)	Typische Check-Liste für Umgebungs- und Anwendungsbedingungen von Detektoren für brennbare Gase 90
Anhang D (informativ)	Typischer Wartungsbericht für Detektoren brennbarer Gase 92
Literaturhinweise	 94
Anhang ZA (normativ)	Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen 95

Einleitung

Geräte zur Detektion brennbarer Gase können überall eingesetzt werden, wo durch die Ansammlung eines brennbaren Gas-Luftgemisches die Möglichkeit einer Gefahr für Leben oder Anlagen besteht. Solche Geräte können ein Mittel zur Gefahrenreduktion darstellen, indem sie die Gegenwart von brennbarem Gas detektieren und geeignete akustische oder optische Warnungen ausgeben. Gaswarngeräte können ebenso dazu benutzt werden, vorsorgliche Maßnahmen einzuleiten (zum Beispiel Anlagenabschaltung, Evakuierung oder Einsatz von Feuerlöschmaßnahmen).

Geräte können zur Überwachung von Gasatmosphären unterhalb der unteren Explosionsgrenze in Situationen, wo eine Ansammlung von Gas zu explosionsgefährlichen Gas-Luftgemischen führen kann, eingesetzt werden. Die Anforderungen an das Betriebsverhalten von Gaswarngeräten für solche Anwendungen sind in [EN 60079-29-1](#) festgelegt.

Die Leistungsfähigkeit allein kann jedoch nicht sicherstellen, dass die Benutzung solcher Geräte sicher Leben oder Eigentum schützt, wenn brennbare Gase vorhanden sein können. Das erreichte Sicherheitsniveau hängt stark von der korrekten Auswahl, Installation, Kalibrierung und regelmäßigen Wartung der Geräte ab sowie von den Kenntnissen über die Einschränkungen der benötigten Messtechnik. Dies kann nicht ohne fachkundiges verantwortungsvolles Management erreicht werden.

Eine zusätzliche Gefahr für das Leben besteht durch die Giftigkeit einiger Gase und der Dämpfe aller Flüssigkeiten mit Ausnahme von Wasser. Es ist nicht allgemein bekannt, dass alle brennbaren Dämpfe in Konzentrationsbereichen, die sehr klein gegenüber ihren jeweiligen unteren Explosionsgrenzen sind, potentiell giftig sind. Geräte gemäß [EN 60079-29-1](#) sind nicht für den spezifischen Schutz vor giftigen Stoffen bestimmt und normalerweise sind zusätzliche Maßnahmen für den Personenschutz notwendig, wenn Personal giftigen Dämpfen ausgesetzt sein könnte.

Tragbare Geräte gemäß [EN 60079-29-1](#) und EN 60079-29-2 besitzen üblicherweise zusätzliche Sensoren für bestimmte toxische Gase und ebenfalls für Sauerstoffmangel. Die Benutzer werden gewarnt, dass gerade geringer Sauerstoffmangel, der möglicherweise nicht detektierbar ist oder von dem benutzten Gerät nicht angemessen detektiert wird, auf giftige Konzentrationen eines anderen Gases oder Dampfes zurückzuführen sein kann.

Allgemeine Anforderungen an das Handbuch oder die Betriebsanleitung für jedes bestimmte Gerät zur Detektion brennbarer Gase sind in [EN 60079-29-1](#) festgelegt. Diese Norm stellt einige wichtige Hintergrundinformationen zu den oben genannten Punkten zur Verfügung.

Diese Norm wurde speziell dafür geschrieben, alle notwendigen Schritte vom Bedarf einer Gasdetektion bis hin zur Instandhaltung einer erfolgreich betriebenen Gasdetektion abzudecken. Verschiedene Abschnitte sind zuständig für verschiedene Aufgaben in diesem Bereich von Anwendungen. Jeder Abschnitt wurde so weit wie möglich als eigenständiges Kapitel geschrieben. Dies beinhaltet, dass einige Informationen in verschiedenen Kapiteln wiederholt werden, jedoch mit unterschiedlicher Betonung.

Die folgende Tabelle liefert eine grobe Empfehlung, welche Abschnitte für die typischerweise auszuführenden Aufgaben besonders sachdienlich sind.

	Begriffe	Grundlegende Informationen über Eigenschaften von Gasen und Dämpfen	Messprinzipien	Geräteauswahl	Beschaffenheit der Gasfreisetzung	Planung und Installation von ortsfesten Gaswarnsystemen	Benutzung von tragbaren und transportablen Geräten zur Detektion brennbarer Gase	Ausbildung des Betriebspersonals	Instandhaltung, Routinemethoden und allgemeine Überwachungsfunktionen	Messprinzipien (detailliert) Normativ	Umgebungsparameter Informativ
Arbeitsbereich	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Anhang A	Anhang B
Behörde	+	+++	+++	+	+	–	–	–	+	–	–
Geschäftsleitung	+	+++	+++	+	+	–	–	+	+	–	+
Auswahl	+++	+++	+	+++	+++	+	++	–	+	+++	+++
Konstruktion Planung / Management	+++	+++	+	+++	+++	+++	–	–	–	+++	+++
Installation Planung / Management	+++	+++	+	++	+++	+++	–	–	–	+++	+++
Installation, technisch	++	+++	++	++	++	++	–	–	–	+	++
Inbetriebnahme	+++	+++	++	+	++	+++	–	++	+	–	–
Betrieb / Management	++	+++	++	+	+	++	++	+++	+++	+	+++
Betrieb / Personalschulung	+++	+++	+	+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Wartung und Service	+++	+++	–	–	–	++	++	+	+++	++	++
Reparatur	++	+++	++	–	–	+	+	+	+++	++	–

Legende: Es sollte darauf hingewiesen werden, dass [Abschnitt 5](#) eine vereinfachte Version des [Anhangs A](#) ist.

- +++ unbedingt notwendig
- ++ sehr empfehlenswert
- + nützlich
- nicht anwendbar

Diese Norm liefert Empfehlungen, wie Wartungs- und Kalibrierintervalle festgelegt werden. In einigen Ländern gibt es verbindliche allgemeine oder industriespezifische Vorschriften, die als Mindestanforderung erfüllt werden müssen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der DIN EN 60079-29 gibt Anleitungen und empfohlene Verfahren für die Auswahl, Installation, den sicheren Einsatz und die Wartung von elektrischen Geräten der Gruppe II, die für den Einsatz in industriellen und gewerblichen Sicherheitsanwendungen zur Detektion und Messung brennbarer Gase vorgesehen sind und die mit den Anforderungen der **DIN EN 60079-29-1** übereinstimmen.

Diese Norm ist eine Zusammenstellung praktischer Erfahrungen, die dem Anwender als Hilfestellung dienen sollen. Sie ist auf Geräte, Einrichtungen und Systeme anwendbar, die die Gegenwart eines brennbaren oder möglicherweise explosionsfähigen Gemisches aus Gas oder Dampf mit Luft anzeigen, indem sie ein elektrisches Signal eines Gassensors benutzen, um eine Skalanzeige zu erzeugen, einen optischen oder akustischen Alarm oder eine sonstige Einrichtung zu aktivieren, oder zu einer Kombination aus diesen Varianten.

Solche Geräte können durch Bereitstellen von Warnungen zur Risikominderung eingesetzt werden, wo immer die Möglichkeit einer Gefahr für Leben und Eigentum speziell durch die Ansammlung eines Gemisches aus brennbarem Gas und Luft besteht. Sie können ebenso dazu benutzt werden, vorsorgliche Sicherheitsmaßnahmen einzuleiten (zum Beispiel Anlagenabschaltung, Evakuierung, Einsatz von Feuerlöschaßmaßnahmen).

Diese Norm ist anwendbar für Sauerstoffmessung zum Zwecke der Inertisierung, bei der der Explosionsschutz darin besteht, Sauerstoff auszuschließen, statt die Gegenwart brennbarer Gase oder Dämpfe zu messen.

Diese Norm ist anwendbar auf alle neu errichteten ständigen Installationen und bei vertretbarem Aufwand auf bereits bestehende ständige Installationen. Sie ist ebenso sowohl auf neue als auch bestehende vorübergehende Installationen anwendbar.

In gleicher Weise ist sie anwendbar für den sicheren Betrieb von tragbaren oder transportablen Geräten, unabhängig von Alter oder Komplexität dieser Geräte. Da viele neuere Geräte dieser Art ebenfalls Sauerstoffmangeldetektion und/oder spezifische Sensoren für toxische Gase enthalten, werden für diese Themen einige zusätzliche Hinweise gegeben.

ANMERKUNG In explosionsgefährdeten Bereichen sollten die Geräte so installiert und benutzt werden, dass sie nicht in der Lage sind, selbst ein brennbares Gas-Luftgemisch zu zünden. Sie sollten deshalb den Anforderungen von **EN 60079-10** entsprechen.

In dieser Norm schließt der Begriff brennbare Gase den Begriff brennbare Dämpfe ein, es sei denn, es ist etwas anderes festgelegt.

Diese Norm ist ausschließlich für Geräte der Gruppe II anwendbar (d. h. für Geräte, die für den Einsatz in industriellen und gewerblichen Sicherheitsanwendungen bestimmt sind, im Zusammenhang mit explosionsgefährdeten Bereichen nach **EN 60079-10**).

In dieser Norm umfasst der Begriff Geräte

- a) ortsfeste Geräte,
- b) transportable Geräte und
- c) tragbare Geräte.

Diese Norm ist nicht für folgende Geräte vorgesehen, kann aber nützliche Informationen für diese Geräte enthalten:

- a) Geräte, die ausschließlich für die Detektion nicht brennbarer toxischer Gase vorgesehen sind;
- b) Geräte zum Einsatz in Labor oder Wissenschaft, die ausschließlich für Analyse und Messzwecke vorgesehen sind;
- c) Geräte für die Anwendung im Untertagebergbau (Gruppe-I-Geräte);
- d) Geräte, die ausschließlich für die Prozesssteuerung vorgesehen sind.
- e) Geräte, die für Anwendungen bei der Herstellung und Handhabung von Sprengstoffen vorgesehen sind;

- f) Geräte, die für die Detektion explosionsfähiger Atmosphären vorgesehen sind, die durch Staub oder Nebel in der Luft entstehen;
- g) Geräte mit offener Messstrecke, die nicht für Punktmessungen eingesetzt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 426: Electrical apparatus for explosive atmospheres*

IEC 60079-0, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-10, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60079-20, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 20: Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus*

IEC 60079-29-1, *Explosive atmospheres – Part 29-1: Gas detectors – Performance requirements of detectors for flammable gases*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe aus IEC 60050(426) und **EN 60079-0** sowie die folgenden. Da beabsichtigt ist, dass dieses Dokument eigenständig lesbar ist, werden einige Begriffe aus **EN 60079-29-1** zur Bequemlichkeit des Lesers wiederholt.

3.1

Alarmschwelle

vorgegebene oder justierbare Einstellung des Gerätes auf diejenige Gaskonzentration, bei der automatisch eine Anzeige, ein Alarm oder ein anderes Ausgangssignal von dem Gerät ausgelöst wird

3.2

Umgebungsluft

übliche Atmosphäre, die das Gerät umgibt

3.3

Gerät mit Messgasförderung

Gerät, bei dem das Gas dem Sensor durch Ansaugung zugeführt wird – zum Beispiel durch eine handbetriebene oder elektrische Pumpe

3.4

Wärmetönungssensor

Sensor, dessen Funktionsweise auf der Verbrennung von Gas an einem elektrisch beheizten katalytischen Element beruht

3.5

reine Luft

Luft, die frei von brennbaren Gasen, Substanzen, die zu Querempfindlichkeiten führen können, oder verunreinigenden Substanzen ist

3.6

Konzentration

in geeigneten Einheiten angegebener Anteil des betrachteten Gases oder Dampfes in einem Grundgas oder in Luft

ANMERKUNG Typische Einheiten sind Volumenanteil (V/V) (siehe 3.57); molar (mol je mol – m/m); Prozente der UEG eines bestimmten Stoffes; Volumenanteil in ppm (parts per million); Volumenanteil in ppb (parts per billion).^{N1)}

3.7

kontinuierlich betriebenes Gerät

Gerät, das über lange Zeiten mit Energie versorgt wird, aber sowohl kontinuierlich als auch intermittierend messen kann

3.8

kontinuierliche oder quasi-kontinuierliche Messung

Betriebsweise, bei der das Sensorelement ständig mit Energie versorgt wird und Messwerte kontinuierlich oder regelmäßig in kurzen Zeitintervallen erfasst werden

3.9

Diffusionsgerät

Gerät, bei dem der Transport des Gases aus der Atmosphäre zum Sensor durch zufällige Molekülbewegung, d. h. nicht durch Messgasförderung, erfolgt

3.10

Dosis

Gesamtmenge eines absorbierten oder gesammelten Stoffes, proportional zu Konzentration und Expositionsdauer

3.11

Drift

zeitlich bedingte Abweichung der Anzeige bei beliebiger fester Gaskonzentration (einschließlich reiner Luft) unter konstanten Umgebungsbedingungen

3.12

elektrochemischer Sensor

Sensor, dessen Funktionsweise auf der Änderung der elektrischen Eigenschaften von in einem Elektrolyten befindlichen Elektroden aufgrund von Redox-Reaktionen des Gases an den Elektrodenoberflächen beruht

3.13

explosionsgeschütztes Gerät

Gerät, das konform zu einer Zündschutzart aus der Normenreihe EN 60079 aufgebaut ist

3.14

explosionsfähige Gasatmosphäre

unter üblichen atmosphärischen Bedingungen vorliegendes Gemisch von brennbarem Gas oder Dampf mit Luft, in dem sich ein Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung durch das unverbrauchte Gemisch fortpflanzt

ANMERKUNG 1 Diese Definition schließt in Luft suspendierte Stäube und Fasern ausdrücklich aus. Nebel werden von der vorliegenden Norm nicht behandelt.

ANMERKUNG 2 Obwohl ein Gemisch mit einer Konzentration über der oberen Explosionsgrenze (siehe 3.54) keine explosionsfähige Atmosphäre darstellt, ist es jedoch in bestimmten Fällen für die Festlegung explosionsgefährdeter Bereiche ratsam, dieses als explosionsfähige Gasatmosphäre zu betrachten.

ANMERKUNG 3 Übliche atmosphärische Bedingungen schließen Schwankungen um die Referenzwerte von 101,3 kPa und 20 °C unter der Voraussetzung mit ein, dass sie einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Explosionseigenschaften des brennbaren Stoffes haben.

^{N1)} Nationale Fußnote: „(m/m)“ bedeutet „Massenanteil“, die Bezeichnungen ppm sowie ppb sind in Deutschland unzulässig.

3.15

Explosionsbereich

Bereich von Gas- oder Dampf-Mischungen mit Luft mit Konzentrationen zwischen der unteren und oberen Explosionsgrenze

3.16

Feldüberprüfung mit Gas (Ansprechtest)

Aufgabe von Prüfgas auf den Sensor, um das Messsignal oder die Alarmauslösung zu überprüfen, ohne dabei Nullpunkt und Empfindlichkeit oder Alarmschwellen einzustellen

3.17

Grubengas

hauptsächlich aus Methan bestehendes brennbares Gas, das natürlicherweise in Bergwerken vorkommt

3.18

ortsfestes Gerät

Gerät, bei dem eine feste Anbringung aller Teile vorgesehen ist

3.19

Flammenionisationsdetektor

FID

Sensor, dessen Funktionsweise auf der Ionisation des zu detektierenden Gases in einer Wasserstoffflamme beruht

3.20

Flammentemperaturanalysator

FTA

Sensor, dessen Funktionsweise auf der durch das zu detektierende Gas hervorgerufenen Temperaturänderung einer Flamme beruht

3.21

brennbares Gas

Gase oder Dämpfe, die eine explosionsfähige Atmosphäre bilden, wenn sie in einem bestimmten Verhältnis mit Luft gemischt werden

ANMERKUNG Für die Anwendung in dieser Norm schließt der Ausdruck „brennbares Gas“ brennbare Dämpfe mit ein.

3.22

Flammpunkt

niedrigste Flüssigkeitstemperatur, bei der unter bestimmten Normalbedingungen Flüssigkeitsdampf in einer solchen Menge freigesetzt wird, dass die Bildung eines zündfähigen Dampf-Luft-Gemisches möglich wird

3.23

Gerät der Gruppe II

elektrisches Gerät für explosionsgefährdete Bereiche außer in schlagwettergefährdeten Bergwerken

3.24

Infrarot-Absorptions-Sensor

Sensor, dessen Funktionsweise auf der Absorption von Infrarotstrahlung durch das zu detektierende Gas beruht

3.25

Erstjustierung

erste Justierung für einen bestimmten Stoff, Messbereich und Anwendung, die vor der Auslieferung vom Hersteller oder vor Inbetriebnahme am Einsatzort vorgenommen wird

3.26

intermittierende Messung

Betriebsweise, bei der die Energie oder das Messgas dem Sensor gemäß einem vorbestimmten Zyklus intermittierend zugeführt wird und die Messwerte in einem vorbestimmten Zyklus erfasst werden

3.27

untere Explosionsgrenze

UEG

Volumenanteil von brennbarem Gas oder Dampf in Luft, unterhalb dessen keine explosionsfähige Gasatmosphäre entsteht, angegeben als Prozentsatz (siehe IEC 60079-20)

ANMERKUNG Untere Brennbarkeitsgrenze (UFL) wird als gleichbedeutend betrachtet.

3.28

Infrarotsensor mit offener Messstrecke

Sensor, mit dem die Detektion von Gas an irgendeiner Stelle entlang einer von einem Infrarotstrahl durchquerten offenen Messstrecke möglich ist

3.29

paramagnetischer Sauerstoffdetektor

Sensor, dessen Funktionsweise auf den magnetischen Eigenschaften des zu detektierenden Gases beruht

3.30

Photoionisationsdetektor

PID

Sensor, dessen Funktionsweise auf der Ionisation von Gaskomponenten durch ultraviolette (UV) Strahlung beruht

3.31

(Sensor)gifte

Substanzen, die zu einem zeitweiligen oder dauernden Empfindlichkeitsverlust der Sensoren führen

3.32

tragbares Gerät

Gerät für Einzelmessungen oder kontinuierliche Messungen, das leicht von Ort zu Ort getragen und während des Tragens benutzt werden kann. Tragbare Geräte sind batteriebetrieben und schließen folgende Geräte ein, sind aber nicht nur auf diese beschränkt:

- a) Handgeräte, üblicherweise mit weniger als 1 kg Masse, die sich für den Einhandbetrieb eignen;
- b) personenbezogene Überwachungsgeräte, in Größe und Masse ähnlich wie Handmessgeräte, die kontinuierlich betrieben werden (aber nicht unbedingt ständig messen), während sie vom Benutzer getragen werden; und
- c) größere Geräte, die von dem Benutzer betrieben werden können, während sie von Hand, mit Hilfe eines Schultergurtes oder einer Tragetasche gehalten werden. Sie können mit einer handgeführten Sonde ausgerüstet sein.

3.33

explosionsgefährdeter Bereich

Bereich, in dem die Atmosphäre explosionsfähig werden könnte (die Gefahr besteht potentiell)

ANMERKUNG Dies schließt Atmosphären mit einer Gaskonzentration oberhalb der OEG ein, die bei Verdünnung mit Luft explosionsfähig werden können.

3.34

Justierung

weitere Einstellungen, die regelmäßig vorgenommen werden, um den Nullpunkt und die Empfindlichkeit des Sensors mit einem bekannten Kalibriergasgemisch zu überprüfen und einzustellen, ohne dass die bei der Erstjustierung festgelegten Parameter Gasart, Messbereich und spezielle Anwendung verändert werden

3.35

Erholzeit

Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt, an dem ein plötzlicher Abfall der Gaskonzentration am Sensoreinlass erzeugt worden ist, und dem Zeitpunkt, an dem das Signal einen festgelegten Anzeigewert erreicht

3.36

relative Dichte

Dichte des Gases oder Dampfes relativ zur Dichte der Luft bei gleichem Druck und gleicher Temperatur (Luft besitzt eine relative Dichte von 1,0)

3.37

Freisetzungsrates

Menge von brennbarem Gas oder Dampf, die je Zeiteinheit von einer Freisetzungsquelle freigesetzt wird. Dabei kann die Freisetzungsquelle auch eine Flüssigkeitsoberfläche sein.

3.38

externer Sensor

Sensor, der nicht in das Hauptgerät integriert ist

3.39

Ansprechtest

siehe „Feldüberprüfung mit Gas“

3.40

Einstellzeit

bei einem Gerät im angewärmten Zustand die Zeitspanne zwischen dem Auftreten eines plötzlichen Wechsels am Geräteeingang von reiner Luft auf Standardprüfgas oder umgekehrt und dem Zeitpunkt, an dem die Anzeige einen festgelegten Anteil x der Endanzeige bei Standardprüfgas erreicht

3.41

Probenleitung

Leitung, durch die die Gasprobe dem Sensor zugeführt wird, einschließlich Zubehör (z. B. Filter und Wasserabscheider)

3.42

Entnahmesonde

separate Probenleitung, die eventuell mit dem Gerät mitgeliefert und die bei Bedarf mit dem Gerät verbunden wird. Sie ist üblicherweise kurz (z. B. ungefähr 1 m lang) und starr (eventuell kann sie teleskopartig sein), kann aber mit dem Gerät durch einen flexiblen Schlauch verbunden sein.

3.43

Selektivität

Ansprechverhalten des Gerätes auf das betrachtete Gas, verglichen mit dem Verhalten gegenüber anderen Gasen

ANMERKUNG Wenn eine hohe Selektivität für das Zielgas besteht, werden die Ergebnisse wenig mehrdeutig sein und die Querempfindlichkeiten gegenüber anderen Gasen gering.

3.44

Halbleitersensor

Sensor, dessen Funktionsweise auf der Leitwertänderung eines Halbleiters beruht, hervorgerufen durch die Chemisorption des zu detektierenden Gases an seiner Oberfläche

3.45

Empfindlichkeit

die Stärke der vom Gerät erzeugten Signaländerung bei einer bekannten Konzentration des Gases oder Dampfes

ANMERKUNG 1 Je nach Zusammenhang kann sich der Begriff auf die Nachweisgrenze für ein Gas oder einen Dampf beziehen, die das Gerät detektieren kann.

ANMERKUNG 2 Eine hohe Empfindlichkeit bedeutet, dass kleine Konzentrationen gemessen werden können.

3.46

Sensor

Baugruppe, in der das Sensorelement und eventuell zugehörige Schaltungselemente untergebracht sind

3.47

Sensorelement

Teil des Sensors, der auf das Vorhandensein von brennbarem Gas mit einer physikalischen oder chemischen Änderung reagiert, die für die Aktivierung einer Messung, einer Alarmfunktion oder beides genutzt werden kann

3.48

Sensor für Punktmessungen

Sensor, der für die Detektion von Gas an einem einzigen Messpunkt geeignet ist

3.49

Freisetzungsquelle

Stelle, an der brennbare Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten in die Atmosphäre freigesetzt werden können, so dass eine explosionsfähige Atmosphäre gebildet werden kann

[IEV 426-03-06, modifiziert]

3.50

Spanne

Anzeigeerhöhung des Geräts bei Standardprüfgas

3.51

Gerät für Einzelmessungen

Gerät, das für kurzen oder periodischen Betrieb bzw. zum Betrieb nach Bedarf in unregelmäßigen Abständen vorgesehen ist (typischerweise für 5 Minuten oder weniger)

3.52

Wärmeleitfähigkeitssensor

Sensor, dessen Funktionsweise auf der Änderung des Wärmeleitungsverlusts an einem elektrisch beheizten, im Messgas angebrachten Element beruht. Der Wärmeleitungsverlust wird mit dem eines gleichartigen in einer Referenzgaszelle angeordneten Elementes verglichen.

3.53

transportables Gerät

Gerät, das nicht zum Tragen vorgesehen ist, jedoch leicht von Ort zu Ort bewegt werden kann

3.54

obere Explosionsgrenze

OEG

Volumenanteil von brennbarem Gas oder Dampf in Luft, oberhalb dessen keine explosionsfähige Atmosphäre entsteht, angegeben als Prozentsatz (siehe IEC 60079-20)

ANMERKUNG Obere Brennbarkeitsgrenze (OFL) wird als gleichbedeutend betrachtet.

3.55

Dampf

gasförmiger Zustand eines Stoffes, der im betrachteten Temperatur- und Druckbereich ein Gleichgewicht mit seinem flüssigen oder festen Zustand erreichen kann

ANMERKUNG Dies ist für die Zwecke dieser Norm eine Vereinfachung der wissenschaftlichen Definition und erfordert lediglich, dass sich der Stoff bei Umgebungstemperatur und -druck unterhalb seines Siedepunktes oder Sublimationspunktes befindet.

3.56

Lüftung

Luftbewegungen und Austausch mit Frischluft aufgrund von Wind, Temperaturunterschieden oder künstlichen Hilfsmitteln (z. B. Ventilatoren oder Absauganlagen)

3.57

Volumenanteil

V/V

Quotient aus dem Volumen einer Gaskomponente und dem Volumen des Gasgemisches bei festgelegten Bedingungen für Temperatur und Druck

ANMERKUNG Diese ist auch bekannt als Volumenkonzentration.

3.58

Nullgas

vom Hersteller empfohlenes Gas, das frei von brennbaren Gasen, Substanzen, die zu Querempfindlichkeiten führen können, und verunreinigenden Substanzen ist, zum Zweck der Kalibrierung/Justierung des Gerätnullpunkts

4 Grundlegende Informationen über Eigenschaften, Verhalten und Detektion von Gasen und Dämpfen

In diesem Abschnitt wird unterschieden zwischen Gasen, die bei typischen Werten von Umgebungstemperatur und Druck gasförmig bleiben, und Dämpfen, bei denen die Flüssigkeit bei entsprechenden Temperaturen und Drücken ebenfalls vorhanden sein kann.

4.1 Detektion von Gasen und Dämpfen – Allgemeines

Der wirkungsvolle Einsatz eines Gerätes zur Detektion brennbarer Gase hängt nicht nur von seinem Betriebsverhalten, sondern auch von seiner korrekten Benutzung ab.

Das Leistungsvermögen eines Gerätes und seine Eignung für die vorgesehene Anwendung sowie die Kenntnis des Benutzers über dessen Einschränkungen, sowohl allgemein bezüglich der Sensortechnologie als auch individuell bezüglich anderer Konstruktionsmerkmale, kann allein nicht sicherstellen, dass seine Benutzung das Personal, Bereiche oder Standorte richtig schützt, an denen brennbare Gase oder Dämpfe anwesend sind oder sein können. Das erreichbare Sicherheitsniveau hängt ebenfalls davon ab, ob der Benutzer grundlegende Kenntnisse über Eigenschaften und Phänomene von Gasen und Dämpfen besitzt.

Diese Kenntnisse sollten dem Benutzer ermöglichen zu bestimmen, ob die Gase schwerer oder leichter als Luft sind bzw. ob die Dämpfe schwerer als Luft oder von ähnlicher Dichte sind, und daraus abzuleiten, wo sie sich ansammeln können. Wenn Richtung und Geschwindigkeit der Luftbewegung bekannt sind, kann man vorhersehen, wie sie sich möglicherweise ausbreiten. Außerdem kann es physikalische oder chemische Gründe geben, die zu Einschränkungen bei einer bestimmten Anwendung führen, wie Berücksichtigung der Kalibriermöglichkeiten.

Es müssen nicht nur die Gase und Dämpfe berücksichtigt werden, die detektiert werden sollen, sondern auch solche Gase und Dämpfe, die nicht detektiert werden sollen, aber ebenfalls anwesend sein können.

Einflüsse von Feuchte- und Temperaturschwankungen müssen möglicherweise betrachtet werden, insbesondere wenn Probenleitungen eingesetzt werden und, noch entscheidender, wenn andere Dämpfe als Wasser beteiligt sind.

Kleine Veränderungen der Umgebungsbedingungen, wie Ansteigen oder Absinken der Temperatur, die in den meisten Fällen vernachlässigt werden dürfen, können die Bedingungen signifikant ändern, speziell wenn Flüssigkeiten vorhanden sind und erhöhte Mengen von Dämpfen erzeugen oder wenn Dämpfe als Nebel oder innerhalb des Gerätes kondensieren.

Fehler bei der Berücksichtigung dieser Eigenschaften von Gasen und Dämpfen in irgendeinem Stadium von Auswahl, Installation, Inbetriebnahme, Schulung, Betrieb und laufender Wartung können selbst bei den einfachsten Geräten zum Hervorrufen fehlerhafter Anzeigen führen. Dies kann in der Folge auf der einen Seite zu Fehlalarmen und falschen Reaktionen führen, auf der anderen Seite aber zu fehlender Alarmierung oder dem Fehler, keine angemessene Reaktion durchzuführen. Solche Faktoren können unnötigerweise Leben und Eigentum gefährden.

Einige Gase oder Dämpfe können Korrosion oder andere Schädigungen bei bestimmten Sensortypen verursachen. Einige Sensortypen haben eine spezifische Lebensdauer. Die Empfindlichkeit kann sich im Laufe der Zeit verändern. Dies trifft auf bestimmte Sensortypen für toxische Gase und Sauerstoffmangel genauso wie für brennbare Gase und Dämpfe zu. Dies ist der Hauptgrund für die Notwendigkeit häufiger Ansprechttests. Diese werden üblicherweise mit Prüfgas oder Kalibriergas durchgeführt, die auf eine festgelegte Art und Weise aufgegeben werden. Die korrekte Test-Kalibriereinrichtung für einen Typ von Gaswarngerät kann für einen anderen Typ nicht geeignet sein. Üblicherweise wird eine Schulung notwendig sein.

4.1.1 Sicherheit bei der Überwachung brennbarer Gase bei möglicher Anwesenheit von Personal

Bei Betreten einer möglicherweise gefährlichen Umgebung häufig die Anzeige des Gerätes beobachten. Personal könnte eine bereits gefährliche Umgebung betreten und eine sinnvolle Warnung benötigen.

Das Gerät wird ausschließlich eine Anzeige für den Standort liefern, an dem die Ablesung erfolgt, oder für die Stelle, an der sich das Ende der Probenahmeleitung befindet, falls eine Probenahmeleitung eingesetzt wird. Eine gefährliche Atmosphäre kann sich wenige Meter von der Probenahmestelle aufbauen. Deshalb müssen zahlreiche Gasproben rund um den geplanten Arbeitsbereich herum genommen werden, um sicherzustellen, dass sich keine Ansammlungen eines gefährlichen Gases oder Dampfes im Arbeitsbereich befinden.

Falls die Anwesenheit von Dämpfen wahrscheinlich ist, sollten einige der Messungen ein oder zwei Zentimeter über dem Boden erfolgen. So wird möglicherweise auch ein kleines Problem in einem frühen Stadium erkannt (z. B. ein kleines Flüssigkeitsleck). Alle nahe gelegenen Senken sollten getestet werden.

Die Anzeigen sind ausschließlich für den Zeitpunkt gültig, an dem sie vorgenommen wurden. Situationen verändern sich. Häufige Ablesungen werden empfohlen, besonders dann, wenn Dämpfe beteiligt sein könnten (siehe [4.3.2](#)) und die Temperatur ansteigt.

Wo man in Arbeitsbereichen auf eine weite Spanne von Gasen und Dämpfen stoßen kann, wird es eine Spannweite von möglichen Empfindlichkeiten geben. Deshalb wird eine niedrige Alarmschwelle benötigt.

Besteht die Möglichkeit der Anwesenheit von Sensorgiften (wie Silikon, verbleitem Benzin, Säuren usw.), sollte die Empfindlichkeit eines Gerätes mit Wärmetönungs- oder Halbleiter-Sensoren häufig überprüft werden.

Während die Atmosphäre auf die Brennbarkeit von Gasen und Dämpfen überwacht wird, sollte ebenfalls die Tatsache berücksichtigt werden, dass viele von diesen Gasen einschließlich aller Dämpfe, mit Ausnahme von Wasser, auch toxisch für das Personal sind. Es können zusätzliche Sensoren für diese spezifischen Gase und Dämpfe notwendig und zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen erforderlich sein.

Falls Geräte zur Detektion brennbarer Gase und Dämpfe ebenfalls mit hoch empfindlichen Sensoren für bestimmte toxische Gase ausgerüstet sind, sollte bewusst sein, dass sie möglicherweise nur diese Gase detektieren. Andere toxische Stoffe werden üblicherweise nicht detektiert.

Nahe verwandt mit der Überwachung brennbarer Gase ist die Überwachung von Sauerstoffmangel. Diese Funktion ist häufig zusätzlich im Gerät enthalten. Es gibt verschiedene mögliche Gründe für einen Sauerstoffmangel. Einige davon sind auf Situationen zurückzuführen, bei denen eine toxische Substanz ein Teil der Ursache des Mangels ist, und diese sind von viel größerer Bedeutung. Noch einmal: Zusätzliche Sensoren Gaswarngeräte und Vorsichtsmaßnahmen können notwendig sein.

Wenn es um Arbeiten in einem Gefahrenbereich geht, ist es deshalb sehr empfehlenswert, eine spezifische Untersuchung auf mögliche Toxizität der Atmosphäre mit dem Sicherheitsingenieur des Betriebs, einem Arbeitsschutzexperten oder jemand Gleichwertigem vorzunehmen.

ANMERKUNG Verschiedene Länder besitzen verschiedene Systeme und benutzen möglicherweise verschiedene Werte, um die maximalen, noch als sicher eingestuft Grenzwerte für potentiell toxische Substanzen zu beschreiben. Für typische Details siehe für die USA das ACGIH-Buch der TLVs (Threshold Limiting Values = Arbeitsplatzgrenzwerte) und BEIs, oder siehe bei der Europäischen Kommission nach „Untersuchungen von Gesundheitsgefahren durch chemische Verbindungen in Arbeitsbereichen“, die eine Liste von empfohlenen MAK-Werten (maximale Arbeitsplatz-Konzentrationen) veröffentlicht. Beide Organisationen aktualisieren diese Publikationen jährlich. Andere Länder verwenden den einen oder den anderen dieser Datensätze als Grundlage ihrer nationalen Dokumente, auf die man sich ebenfalls beziehen kann.

4.2 Einige typische Eigenschaften von Gasen und Dämpfen

Alle Gase und Dämpfe werden sich mit allen anderen durch Diffusion über die Zeit oder durch Rühren vollständig mischen. Sie werden sich nicht voneinander trennen. Einige Gase und Dämpfe können jedoch bei der Vermischung chemisch miteinander reagieren.

Wenn eine Gas- oder Dampf-Konzentration in einem Bereich ansteigt, liegt das daran, dass mehr Stoff ankommt. Es liegt nicht daran, dass der Stoff sich absetzt.

Wenn Gase und Dämpfe einmal vermischt wurden, bleiben sie ein Gemisch, bis eine Komponente chemisch entfernt oder absorbiert wird (zum Beispiel durch einen Aktivkohlefilter). Zusätzlich kann es bei Dämpfen zur Entfernung eines Stoffes durch Kondensation wegen Druckanstieg und/oder Temperaturabfall kommen.

Die Dichte von reinen Gasen und die tatsächliche Dichte von Dämpfen ist proportional zur Molmasse. Es gibt keine wesentliche Volumenänderung bei Vermischung von Gasen und Dämpfen. Deshalb kann die Dichte von Gemischen aus Gasen und Dämpfen einfach aus den Volumenanteilen und Molmassen der Komponenten errechnet werden. Wenn Daten zur relativen Dichte verfügbar sind, kann die relative Dichte entsprechend aus den Volumenanteilen und den relativen Dichten der Komponenten errechnet werden.

Luft besitzt eine Molmasse von ungefähr 29 entsprechend einer relativen Dichte von 1. Zum Beispiel werden Gase mit einer Molmasse kleiner als 29 eine relative Dichte kleiner als 1 besitzen und leichter als Luft sein.

Gemische aus Luft mit reinen Gasen oder Gasgemischen, die leichter als Luft sind, werden immer noch leichter als Luft, aber weniger leicht sein. Sie werden die Tendenz haben, nach oben zu steigen, bis sie so weit mit Luft verdünnt sind, dass der Effekt vernachlässigbar wird.

Gemische aus Luft mit reinen Gasen oder Gasgemischen, die schwerer als Luft sind, werden immer noch schwerer als Luft, aber weniger schwer sein. Sie werden die Tendenz haben, in tiefere Bereiche, Schächte, Gräben usw. zu fließen, bis sie so weit mit Luft verdünnt sind, dass der Effekt vernachlässigbar wird.

Wenn eine Freisetzungsquelle und die Luft in diesem Bereich deutlich heißer als die Umgebungsluft sind, kann die freigesetzte Mischung zuerst aufsteigen, auch wenn die relative Dichte größer als 1 ist. Als Erfahrungswert gilt: Eine gemäß Berechnung um 10 % größere relative Dichte gegenüber Luft wird durch einen Temperaturanstieg von 30 K ausgeglichen. Das Umgekehrte gilt, wenn die Freisetzung kälter als die Umgebungsluft ist.

Wegen Temperaturunterschieden bei der Freisetzung und normalen Verwirbelungen können Gase und Mischungen mit einer relativen Dichte zwischen 0,8 und 1,2 grundsätzlich in ihrer relativen Dichte als vergleichbar mit Luft angesehen werden und sind deshalb in der Lage, sich in alle Richtungen auszubreiten.

Alle brennbaren Gase besitzen eine UEG und eine OEG. Die Werte für UEG und OEG sind experimentell ermittelt. Für viele Substanzen können die Daten der IEC 60079-20 entnommen werden. Diese Werte können nicht mit beliebig hoher Genauigkeit vorhergesagt werden.

ANMERKUNG Weil diese Werte experimentell bestimmt werden, unterscheiden sich die gesetzlich verbindlichen Werte für UEG und OEG in verschiedenen Ländern. Als zwei Beispiele für Daten:

- NFPA 30 ist eine Publikation, die in den USA benutzt wird.
- GESTIS ist eine öffentlich zugängliche Datenbank, die in Deutschland benutzt wird.

Alle Dämpfe, mit Ausnahme von Wasserdampf, sind in verschiedenem Umfang giftig. Alle brennbaren Dämpfe sind bei Grenzwerten deutlich unterhalb von 25 % der UEG giftig, die meisten sind unterhalb von 1 % der UEG. Im besten Fall wirken Gase (außer Luft oder Sauerstoff) erstickend (d. h., ihr Einfluss auf Personen besteht lediglich in der Verdünnung des Sauerstoffgehaltes der Luft). Andere Gase sind unterschiedlich von schwach bis extrem giftig.

Wenn spezifische Gase oder Dämpfe detektiert werden, ist es notwendig, die potentielle Giftigkeit von anderen möglicherweise anwesenden Gasen oder Dämpfen zu berücksichtigen, die nicht detektiert werden.

4.3 Die Unterschiede zwischen der Detektion von Gasen und Dämpfen

Die wesentlichen praktischen Unterschiede zwischen der Detektion von Gasen und der Detektion von Dämpfen wird im Folgenden ausgeführt.

4.3.1 Detektion von Gasen

Stoffe, die in dem für die Applikation der Gasdetektion wichtigen Temperatur- und Druckbereich gasförmig bleiben, werden den Gasgesetzen eng folgen und sich vorhersehbar verhalten. Grundsätzlich wird eine einfache Schulung für eine normale Person ausreichen.

Gase können rein sein bzw. jede beliebige Mischung von Gasen kann erzeugt werden, außer sie reagieren chemisch miteinander. Die Zusammensetzung von nicht reaktiven Gasmischungen ändert sich nicht durch Temperatur- oder Druckänderungen.

4.3.1.1 Betrachtungen zur Kalibrierung

Es ist möglich, Kalibriergas- und andere Prüfgasmischungen unter hohem Druck herzustellen und zu lagern, die repräsentativ für die geplante Gasdetektions-Anwendung sind. Viele Gemische können mit trockener oder synthetischer Luft als Grundgas hergestellt werden. Jedoch tendieren reaktivere Gase zu längerer Lagerstabilität, wenn speziell getrockneter Stickstoff als Grundgas benutzt wird. Dieses wird normalerweise verwendet, sofern es mit dem Sensor (Messprinzip) kompatibel ist.

Wenn mehr als ein brennbares Gas (oder Dampf) detektiert werden soll, ist es am geläufigsten, ein einzelnes Kalibrier- oder Prüfgas in Verbindung mit Daten zu relativen Empfindlichkeiten zu verwenden. Für weitere Einzelheiten siehe [4.3.2.1](#).

4.3.1.2 Betrachtungen zur Gasausbreitung und Probenahme

Gase können eine geringere Dichte als Luft besitzen, so wie Wasserstoff und Methan. Sie können etwa die gleiche Dichte wie Luft haben, so wie Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff, Cyanwasserstoff (Blausäure), Ethan, Ethylen oder Acetylen; oder sie können eine größere Dichte als Luft besitzen wie Chlor, Kohlendioxid, Schwefeldioxid, Flüssiggas (LPG), Propan, Propylen und Butan.

Bei Probenahme sollten mindestens einige Tests bzw. Ablesungen an Stellen vorgenommen werden, bei denen die Dichte des Gases berücksichtigt wird. Dies kann ebenfalls dabei helfen, die Freisetzungsquelle zu erkennen.

4.3.1.3 Betrachtungen zur Giftigkeit

Einige brennbare Gase (speziell Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Cyanwasserstoff (Blausäure), Kohlenmonoxid, Methylamin und Formaldehyd) sind hochtoxisch bei Grenzwerten, die so niedrig sind, dass sie für konventionelle Geräte zur Detektion brennbarer Gase nicht nachweisbar sind. Trotzdem sind sie in IEC 60079-20 aufgeführt und können mit solchen Geräten bei viel höheren Grenzwerten im Messbereich bis zur UEG detektiert werden. Wenn die Anwesenheit dieser Gase erwartet wird, erfordert das zusätzliche und spezifische Sensoren für toxische Gase und möglicherweise weitere Vorsichtsmaßnahmen, falls sich Personal in diesem Bereich aufhalten könnte.

Außerdem ist es notwendig zu berücksichtigen, dass einige nicht brennbare Gase hochtoxisch sind, wie Chlor, Schwefeldioxid, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid. Wenn die Anwesenheit dieser Gase erwartet wird, erfordert das zusätzliche und spezifische Sensoren für toxische Gase und möglicherweise weitere Vorsichtsmaßnahmen.

Andere brennbaren Gase wie Propan, Cyclopropan, Butan und Flüssiggas (LPG) sind schwach giftig oder narkotisch in Konzentrationen deutlich unterhalb der UEG. Ähnlich verhalten sich nicht brennbare Gase wie Kohlendioxid und Distickstoffmonoxid (Lachgas), die bei Konzentrationen, die noch nicht zu einem deutlichen Sauerstoffmangel führen, bereits potentiell giftig sind.

4.3.1.4 Wasserdampf

Obwohl sich dieser Abschnitt nur mit der Detektion von Gasen beschäftigt, ist es normalerweise nicht möglich, Wasserdampf unberücksichtigt zu lassen. Es kann Probleme geben, wenn ein kaltes Gerät plötzlich einer wärmeren und feuchteren Atmosphäre ausgesetzt wurde. Beispiele für diesen Fall sind das Verlassen eines Kühlhauses und Betreten einer normalen Atmosphäre oder Verlassen einer klimatisierten Umgebung und Betreten einer feuchten tropischen oder subtropischen Atmosphäre. Wasser kann im oder auf dem Sensor kondensieren und zu einen vorübergehenden Verlust der Empfindlichkeit führen oder andere Probleme verursachen, bis sich das Gerät aufgewärmt hat und das Wasser wieder verdampft. Dies ist besonders bei elektrochemischen Sensoren der Fall: Ein sehr schneller Abfall eines Sauerstoffmesswertes von einer normalen Anzeige von 20,8 % oder 20,9 % bis auf 16 % oder darunter kann durch einen Wasserfilm verursacht werden, der sich durch Kondensation auf der kalten Sensormembran gebildet hat. Die Empfindlichkeit kann dann langsam innerhalb einiger Minuten zurückkehren, so wie sich der Sensor auf Umgebungsbedingungen erwärmt und der Film verdampft.

Wasserdampf kann ebenfalls beträchtliche Abweichungen der Messwerte bei einigen Sensortypen (Messprinzipien) verursachen (siehe [Abschnitt 5](#) und [Anhang A](#)).

4.3.2 Detektion von Dämpfen

Dämpfe sind schwieriger zu verstehen als Gase. Wenn flüssige oder feste Stoffe bei normalen oder leicht veränderten Temperaturen und Drücken nebeneinander mit der gasförmigen Phase vorkommen, spricht man von Dämpfen. Dämpfe verhalten sich anders als Gase und können mehr Probleme verursachen. Falls mit dem Vorkommen von Dämpfen zu rechnen ist, sind für das Personal zusätzliche Schulungen über deren Eigenschaften erforderlich.

Wenn eine Flüssigkeit vorhanden ist, steigt die Verdampfungsrate mit der Temperatur. Ebenso steigt der maximale Volumenanteil eines Dampfes, der in einem geschlossenen System erreicht werden kann (gesättigte Dampfphase), mit der Temperatur. Dies ist abhängig von Temperatur und Druck, aber unabhängig von der Menge an Flüssigkeit, solange noch ein Rest Flüssigkeit verbleibt. Der maximale Volumenanteil eines Dampfes ist ebenfalls unabhängig vom Grundgas, sofern dieses sich bei der gleichen Temperatur und Druck befindet und dieses nicht in der Flüssigkeit lösbar ist.

Der Volumenanteil, der von dem Dampf bei jeder Temperatur erreicht werden kann, ist umgekehrt proportional zum Absolutdruck. Daher kann ein Druckanstieg Kondensation verursachen.

Erfahrungsgemäß steigt bei konstantem Druck der maximal mögliche Volumenanteil (Sättigung) von Dämpfen um einen Faktor zwischen 1,5 und 2,0 je 10 K Anstieg der Flüssigkeitstemperatur an und sinkt um den Faktor 1,5 bis 2,0 bei jeder Abkühlung um 10 K ab.

Eine Verdopplung des Absolutdrucks hat den gleichen Einfluss wie die Verminderung der Temperatur um 10 K bis 17 K bei konstantem Druck. Eine Halbierung des Drucks hat eine Wirkung wie ein vergleichbarer Temperaturanstieg.

Die Temperatur, an der beim vorherrschenden Druck der Volumenanteil bei Sättigung 100 % erreichen kann, ist der Siedepunkt.

Ein Volumenanteil von 100 % (V/V) eines Dampfes ist nur bei oder oberhalb des Siedepunktes bei dem aktuellen atmosphärischen Druck möglich. Unterhalb des Siedepunktes einer Flüssigkeit muss die maximal mögliche Konzentration eines Dampfes in Luft oder anderen Gasen kleiner als 100 % (V/V) sein.

Die tatsächliche Dampfkonzentration wird niedriger als die oben vorausgesagten Gehalte sein, wenn kontinuierlich Frischluft über die Flüssigkeitsoberfläche geleitet wird oder wenn nicht genug Zeit zur Verfügung steht, damit sich ein Gleichgewicht ausbilden kann. In einem geschlossenen Hohlraum jedoch kann dieser maximale Gehalt erreicht werden, insbesondere wenn er für einige Zeit abgeschlossen war und die Luft durch Konvektion oder mechanische Einflüsse langsam bewegt wird.

Brennbare Flüssigkeiten besitzen einen Flammpunkt, der in einem anderen Verfahren als die UEG bestimmt wird, aber im Wesentlichen die Temperatur darstellt, bei der diese Dämpfe in der Luft über der Flüssigkeitsoberfläche den Volumenanteil ihrer UEG erreichen können, vorausgesetzt, dass der Dampf nicht kontinuierlich durch Luftbewegung abgeleitet wird.

Alle dieser Punkte ergeben, dass es Einschränkungen bei Mischungen von Dämpfen mit Gasen gibt. Bei jedem bestimmten Volumenanteil eines Dampfes in einer Mischung mit Gas wird ein Abfallen der Temperatur oder ein Anstieg des Drucks in einem bestimmten Stadium den Sättigungspunkt erreichen, unterhalb dessen die Flüssigkeit anfangen wird, als Nebel oder Flüssigkeit auszukondensieren. Bei Wasserdampf ist dies als Taupunkt bekannt. Dieser Begriff wird häufig auch bei anderen Dämpfen angewandt. Unterhalb des Taupunktes muss sich die Zusammensetzung jeder Dampf-Gas-Mischung deshalb ändern.

4.3.2.1 Betrachtungen zur Kalibrierung

Die tatsächlichen Einschränkungen, welche Dämpfe als Kalibrier- oder Prüfgas zum Feldeinsatz geeignet sind, ergeben sich aus der minimalen Temperatur, bei der sie benutzt werden, und dem benötigten Druck einer Kalibriergas- oder Prüfgasflasche.

Für Prüfsätze mit einem Fülldruck im Bereich von 2 MPa bis 3 MPa liegen die Grenzen bei etwa 50 % der UEG für *n*-Pentan (Siedepunkt von 36 °C), bei etwa 10 % der UEG für *n*-Hexan (Siedepunkt von 68 °C), kaum niedriger für andere Stoffe mit ähnlichen Siedepunkten, und niedrigere Werte für Stoffe mit höheren Siedepunkten.

Grundsätzlich sind Prüfgase mit Pentan und Hexan in der Mineralölwirtschaft direkt einsetzbar, wo solche Dämpfe die Hauptkomponente darstellen können. In anderen Industriezweigen ist es jedoch selten möglich, für den Gebrauch außerhalb eines Labors tragbare oder transportable Kalibrier- oder Prüfsätze herzustellen, die tatsächlich repräsentativ für den zu messenden Dampf sind.

Um dieses Problem zu umgehen, werden die Empfindlichkeiten der Geräte für verschiedene Gase und Dämpfe im Vergleich zu einem bestimmten praktikablen Prüfgas oder Dampf im Labor ermittelt. Diese Daten zu erhalten, ist zeitraubend und teuer. Für allgemeine Anwendungen wird das normalerweise nur für einen bestimmten Gerätetyp und nicht für jedes einzelne Gerät durchgeführt. In solchen Fällen wird es Exemplarstreuungen geben.

Routinekalibrierungen werden dann auf eine von zwei Arten ausgeführt:

- a) Eine korrekte Anzeige (in % der UEG) für das verwendete Kalibriergas (oder Dampf) einstellen und nachgeschaltet die relativen Empfindlichkeitsdaten für den interessierenden Stoff benutzen (oder die relative Empfindlichkeit mittels Software einrechnen).
- b) Eine Anzeige (in % der UEG) für das verwendete Kalibriergas (oder Dampf) in der Form einstellen, dass die Anzeige (in % der UEG) für den interessierenden Stoff oder für eine festgelegte Menge von Gasen oder Dämpfen ungefähr korrekt ist.

Es können ebenfalls Veränderungen in den relativen Empfindlichkeiten mit der Zeit auftreten, insbesondere im Fall von Sensoren mit einer bestimmten Lebensdauer oder von solchen, die empfindlich gegenüber „Vergiftungen“ (Verlust der Empfindlichkeit durch chemische Reaktion) reagieren, wie elektrochemische oder Wärmetönungssensoren.

Bei Wärmetönungssensoren zum Beispiel wird sich die Empfindlichkeit auf Methan zuerst selektiv verschlechtern, bevor es auch für andere Gase oder Dämpfe geschieht. Wenn das geschieht und das Gerät kann erfolgreich auf Methan rekaliert werden, wird es für alle anderen Stoffe eine zu hohe Anzeige haben, was in die sichere Richtung geht.

Aus diesem Grund wird für alle Anwendungen mit Wärmetönern, bei denen Methan beteiligt ist, die Verwendung eines Methan-Kalibriergases für die Feldüberprüfung und die Kalibrierung empfohlen, selbst wenn andere Gase oder Dämpfe für die aktuelle Kalibrierung benutzt wurden. Ansonsten werden üblicherweise Propan-, Pentan- oder Hexan-Kalibriergase empfohlen, weil bei diesen Stoffen die Empfindlichkeit früher abnimmt als bei den meisten anderen Stoffen.

Es sollte außerdem festgehalten werden, dass die Empfindlichkeit von Wärmetönungssensoren auf Methan in Bezug auf die UEG grundsätzlich höher ist als die Empfindlichkeit auf andere Gase (mit Ausnahme von Wasserstoff). Daraus folgt, dass bei der Kalibriertechnik nach a) die Alarme auf niedrigere Schwellwerte eingestellt werden sollten und bei der Kalibriertechnik nach b) die Anzeige bei der Kalibrierung auf entsprechend höhere Werte eingestellt werden muss als die % der UEG des Methanprüfgases.

Wasserstoff sollte als Kalibriergas ausschließlich für Wasserstoffanwendungen benutzt werden.

Immer wenn andere Kalibrier- oder Prüfgase als das interessierende Gas (oder Dampf) verwendet werden, wird empfohlen, zusätzliche Sicherheitsmargen, niedrigere Alarmschwellen usw. anzuwenden, um die zusätzliche Unsicherheit von relativen Empfindlichkeiten entsprechend den oben genannten Faktoren zu kompensieren.

4.3.2.2 Betrachtungen zur Gasausbreitung und Probenahme

Lediglich Wasserdampf ist leichter als Luft. Es gibt vier Dämpfe, drei davon brennbar, mit ähnlicher Dichte wie Luft (Methanol, Hydroxylamin, Hydrazin und Wasserstoffperoxid, die letzteren drei sind kaum von Bedeutung).

Alle anderen Dämpfe sind schwerer als Luft. Die meisten besitzen eine bedeutend größere Dichte als Luft. Solange sie nicht erhitzt sind, werden sie vom Freisetzungspunkt abwärts fließen oder auf gleichem Höhenniveau verbleiben. Bis sie vollständig mit Luft vermischt sind, werden sie sich dicht über dem Boden befinden, möglicherweise nur wenige Zentimeter dick. Das ist der Bereich, in dem sie durch ihre Brennbarkeit die größte Gefährdung verursachen. Eine besonders kritische Variante dieses Falls ist das Vorhandensein von Schächten, Gräben und Tunneln, die dazu neigen, sich vom Boden an zu füllen, und die eine beträchtliche Ausbreitung über Hunderte von Metern erlauben können. Das kann für Personal, das diese Schächte und Tunnel betreten muss, ebenfalls zu ernststen Risiken bezüglich der Giftigkeit führen.

Wenn zur Detektion brennbarer Dämpfe Proben aus relativ unbeeinflussten Atmosphären genommen werden, müssen einige Tests in sehr niedriger Höhe durchgeführt werden, idealerweise innerhalb eines Zentimeters über dem Boden.

Wenn sie einmal mit einem Überschuss an Luft gemischt sind, werden alle Dämpfe in allen Höhenniveaus vorkommen, möglicherweise mit Volumenanteilen deutlich unterhalb der UEG, die aber immer noch mit bedeutenden Risiken bezüglich der Giftigkeit verbunden sein können.

Die Dämpfe von Flüssigkeiten mit einem hohen Flammpunkt können möglicherweise nicht detektiert werden, wenn die Umgebungstemperatur deutlich unterhalb des Flammpunktes liegt. Wenn zum Beispiel unter Anwendung der Erfahrungswerte am Anfang von 4.3.2 die Umgebungstemperatur 60 K unter dem Flammpunkt liegt, kann man abschätzen, dass der Dampf maximal einen Volumenanteil zwischen 1 % und 8 % der UEG erreichen kann, und das nur langsam und dicht bei der Flüssigkeit und nur, wenn der Dampf nicht weggeblasen wird.

Im gegenteiligen Fall, wenn die Temperatur ansteigt, und besonders in abgeschlossenen Bereichen kann sich die Konzentration dramatisch ändern. Entsprechend den Erfahrungswerten könnte die Dampfkonzentration in einem abgeschlossenen Bereich um einen Faktor von bis zu acht steigen, wenn die Temperatur um 30 K ansteigt, was zum Beispiel durch Sonneneinstrahlung auf einen im Freien befindlichen Tank verursacht werden kann. Ein vorher undetektierter Anteil des Dampfes, während der Tank kalt war, könnte durch die Aufheizung sehr bedeutsam werden. Wenn Temperaturen ansteigen, sind häufige Dampfmessungen notwendig.

Andere Probleme können durch Stoffe mit hoher Molmasse verursacht werden. Je höher die Molmasse ist, desto niedriger wird die Diffusionsrate sein. Dies betrifft Geräte ohne Pumpe, bei denen Diffusionsbarrieren verwendet werden, um eine Zündung der umgebenden Atmosphäre durch das Gerät zu verhindern, wie auch das Innere einiger Sensoren. Insbesondere kann das einen negativen Einfluss sowohl auf die Ansprechgeschwindigkeit als auch auf die Empfindlichkeit von Wärmetönungssensoren haben, speziell bei den „vergiftungsresistenten“ Varianten.

Schwerwiegende Probleme bei der Messung von Dämpfen entstehen durch die mögliche Kondensation der Probe im Gerät oder seinen Zubehöerteilen: Gaswarngeräte erkennen lediglich die Anwesenheit von Gasen

oder Dämpfen. Sie detektieren keine Nebel oder auskondensierte Flüssigkeit, die davon hervorgerufen werden, dass das Gerät oder die Ansaugleitung deutlich kühler als die angesaugte Atmosphäre sind.

Wenn das Gerät oder seine Ansaugleitung durch auskondensierte Dämpfe kontaminiert wurde, weil es zu kalt war, oder noch schlimmer, wenn es immer noch durch Ansaugung der brennbaren Flüssigkeit kontaminiert wird, werden falsche und möglicherweise gefährlich irreführende Messwerte auftreten, bis die Kontamination vollständig beseitigt ist.

4.3.2.3 Betrachtungen zur Giftigkeit

Alle Dämpfe außer Wasser (alle nicht brennbaren eingeschlossen) sind zu einem bestimmten Grad giftig. Alle brennbaren Dämpfe sind bereits in Konzentrationen deutlich unterhalb der UEG giftig. Bei den meisten Dämpfen einschließlich vieler in Industrieanwendungen verbreiteten ist die Giftigkeit bereits bei Konzentrationen deutlich unterhalb von 1 % der UEG von Bedeutung. Wenn lediglich ein Gerät zur Detektion brennbarer Gase mit einem normalen Messbereich bis zur UEG benutzt wird, können sie in Konzentrationen, in denen sie bereits durch ihre Giftigkeit eine Gefahr darstellen, nicht nachweisbar sein. Zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen sind notwendig.

4.4 Sauerstoffmangel

In Geräten zur Detektion brennbarer Gase sind häufig Sensoren für Sauerstoffmangel zusammen mit oder ohne weitere Sensoren für toxische Gase eingebaut. Solche Sauerstoffmessungen sind unentbehrlich für Arbeiten in abgeschlossenen Hohlräumen.

Einige Typen von Sauerstoffsensoren reagieren auf Druckänderungen und benötigen daher eine Überprüfung in Frischluft und möglicherweise eine Nachjustierung jedes Mal, wenn sie benutzt werden und/oder die absolute Höhe sich wesentlich geändert hat.

Der Volumenanteil des Sauerstoffs in trockener Luft ist ungefähr 20,9 % (V/V). Typische Grenzwerte für Sauerstoffmangelalarm liegen zwischen 19,0 % und 19,5 % (V/V).

Zum Beispiel soll bei einer Alarmschwelle von 19,0 % (V/V) der Alarm bei einem Mangel von 1,9 % (V/V) aktiviert werden oder, anders ausgedrückt, bei einem Mangel von 10 % der Ausgangskonzentration. Unter bestimmten Bedingungen kann dieses für den Personenschutz nicht ausreichend sein.

Entsprechend soll bei einer Alarmschwelle von 19,5 % (V/V) der Alarm bei einem Mangel von 1,4 % (V/V) aktiviert werden oder, anders ausgedrückt, bei einem Mangel von 7 % der Ausgangskonzentration. Unter bestimmten Bedingungen kann auch dies allein ebenfalls zum Personenschutz nicht ausreichend sein.

Wenn die Sicherheit des Benutzers von einem Gerät zur Detektion brennbare Gase oder Dämpfe und von Sauerstoffmangel abhängt, wird häufig nicht ausreichend berücksichtigt, dass die Kenntnis der Ursache eines Sauerstoffmangels ebenfalls notwendig ist.

Es gibt drei grundlegende physikalische oder chemische Mechanismen, wie es zu Sauerstoffmangel kommen kann. Diese werden in den nächsten drei Abschnitten unter Bezugnahme auf das obige Beispiel mit einer Alarmschwelle von 19,5 % (V/V) beschrieben.

4.4.1 Chemische Reaktion von Sauerstoff mit Feststoffen

Die Hauptbeispiele sind Rosten von Stahl oder die Korrosion von anderen Metallen. Sauerstoff wird der Luft entzogen und ein festes Oxid gebildet. Dies kann typischerweise bei engen Hohlräumen in Metallkonstruktionen vorkommen.

Wenn der Alarm bei 19,5 % (V/V) ausgelöst wird, ist die Atmosphäre vom physiologischen Standpunkt aus vergleichbar mit dem Arbeiten in einer absoluten Höhe 650 m höher als die tatsächliche Höhe. Das wird normalerweise keinerlei Gesundheitsprobleme für das Personal bedeuten.

4.4.2 Chemische Reaktion von Sauerstoff mit gasförmigen Stoffen

Im einfachsten Fall könnte dies das Ergebnis von Atmung, Vorkommen aerober Bakterien (aber nicht von anaeroben) oder sauberer Verbrennung sein. Die zum Auslösen des Alarms notwendige Reduktion des Sauerstoffgehaltes um 1,4 % würde mit einem Anstieg des Kohlendioxidgehaltes von rund 0,8 % einhergehen, was für einen kurzen Zeitraum ziemlich sicher ist. Es würde weder Kurzzeit- noch Langzeiteinflüsse auf eine „normale“ Person haben.

Falls jedoch der Sauerstoffmangel das mögliche Ergebnis einer „schmutzigen“ Verbrennung unter Beteiligung von Holz, Papier, Kohle, Öl usw. ist, dann kann, gerade nachdem sich der Rauch gesetzt hat, eine Atmosphäre mit verbleibenden 19,5 % (V/V) Sauerstoff tödlich giftig sein, da möglicherweise mehr als 0,2 % (V/V) (2000 ppm) Kohlenmonoxid gemeinsam mit dem Kohlendioxid gebildet werden.

Falls eine Verbrennung unter Beteiligung von Kunststoffen wie PVC, Polyurethan usw. stattfände, würde die Atmosphäre durch zusätzliche Verbrennungsprodukte wie Chlorwasserstoff und Blausäure sehr giftig sein.

4.4.3 Verdünnung der Luft durch Verdrängung mit anderen Gasen oder Dämpfen

ANMERKUNG Die Detektion eines Gases mittels Sauerstoffverdrängung kann nur unter sehr kontrollierten Bedingungen empfohlen werden und wird ansonsten nicht empfohlen.

Die zum Auslösen des Alarms notwendige Reduktion des Sauerstoffgehaltes um 1,4 % (V/V) würde einer Addition von 7 % (V/V) eines anderen Gases oder Dampfes entsprechen. So ergibt sich das Problem, wissen zu müssen, welches(r) Gas oder Dampf den Mangel verursacht hat. Es gibt einige Kategorien:

- a) Wenn der Grund für den Sauerstoffmangel die Verdünnung durch ein Inertgas wie Stickstoff, Argon, Helium oder Neon (oder Wasserdampf) ist, ist die Addition von 7 % (V/V) des Inertgases zu der Atmosphäre ein absolut sicherer Zustand. Der Fall ist vergleichbar mit 4.4.1.
- b) Wenn das Gas, das den Sauerstoffmangel verursacht, Wasserstoff, Methan (Erdgas) oder Ethan ist, ist die Atmosphäre für eine kurze Zeit sicher zu atmen, würde aber oberhalb der UEG liegen und daher explosionsfähig sein. Aber wenn neben dem Sauerstoffdetektor ebenfalls ein Detektor für brennbare Gase vorhanden wäre, dann sollte er Alarm ausgelöst haben, lange bevor eine gefährliche Situation eintritt.
- c) Wenn das Gas, das den Sauerstoffmangel verursacht, Acetylen, Ethylen, Cyclopropan, Propan, Flüssiggas (LPG) oder Butan ist, könnten Personen, die in diesem Bereich arbeiten, zumindest einige Sekunden überleben. Aber es würde eine Konzentration oberhalb der UEG vorliegen. Falls ebenfalls ein Detektor für brennbare Gase vorhanden wäre, würde dieser zuerst einen Alarm auslösen.
- d) Wenn das Gas, das den Sauerstoffmangel verursacht, Kohlendioxid ist, ist die Atmosphäre kritisch. Eine Person könnte sich in so einer Atmosphäre nur eine sehr kurze Zeit bei Bewusstsein aufhalten. Ein Volumenanteil von 7 % jedes anderen Gases oder Dampfes, der zur Atmosphäre hinzugefügt diesen Umfang von Sauerstoffmangel verursacht, würde die Atmosphäre in eine schnell tödliche verwandeln.

WARNUNG – Sauerstoffdetektoren dürfen niemals benutzt werden, um eine Verdrängung durch CO₂ anzuzeigen.

Dies kann zu sehr gefährlichen Situationen führen. Das Vertrauen auf Sauerstoffwarngeräte zur Überwachung der Bildung von Kohlendioxid hat zu Todesfällen geführt. Schuld daran waren Verwechslungen zwischen dem Fall in 4.4.2, bei dem Sauerstoff abgezogen wird und der Alarm einer CO₂-Konzentration von ungefähr 0,8 % (V/V) entspricht, und der Produktion von CO₂ durch anaerobe Prozesse. Der zweite Fall wird in diesem Abschnitt behandelt, wenn CO₂ zugeführt wird, ohne dass Sauerstoff entzogen wird, zum Beispiel bei der Erzeugung von Bier oder Wein oder durch anaeroben Schleim in Schächten. In diesen Fällen wird der Alarm nicht ausgelöst, bis 7 % (V/V) CO₂ erreicht sind.

WARNUNG – Eine zusätzliche Gefahr besteht in diesem Fall darin, dass einige Sauerstoffsensoren bei hohen Konzentrationen von CO₂ ein etwas erhöhtes Signal abgeben.

Im obigen Beispiel würde das bedeuten, dass die O₂-Anzeige höher als die tatsächliche O₂-Konzentration wäre und dass der Alarm bei 19,5 % O₂ erst bei einer deutlich höheren (und deshalb noch gefährlicheren) Konzentration von CO₂ als 7 % (V/V) ausgelöst würde.

5 Messprinzipien

Die Messprinzipien werden in allen Details im [Anhang A](#) behandelt. Dieser Abschnitt ist ein Auszug aus dem [Anhang A](#), um praktische Informationen für Betrieb, Instandhaltung und Reparatur zur Verfügung zu stellen. Überschriften und Nummerierung der Unterabschnitte von [5.1 bis 5.9.4](#) sind identisch mit [A.1 bis A.9.4](#) des Anhangs. Bitte benutzen Sie für detailliertere Informationen den [Anhang A](#) anstelle dieses Abschnitts.

Die Messprinzipien verschiedener Sensortypen werden nachfolgend zusammen mit ihren Vorteilen, typischen Anwendungen und deren Einschränkungen sowie Einflüssen durch andere Gase und Vergiftung (d. h. Empfindlichkeitsverlust, verursacht durch andere Gase oder Dämpfe) aufgeführt.

Eine Zusammenfassung der gebräuchlichsten Messprinzipien ist in der folgenden Tabelle 1 enthalten. Diese werden detaillierter in [5.1 bis 5.9](#) (und in [A.1 bis A.9](#)) erläutert.

Tabelle 1 – Überblick über Gaswarngeräte mit unterschiedlichen Messprinzipien

	Wärme- tönungs- sensor	Wärme- leitfähig- keits- sensor	Infrarot- sensor	Halb- leiter- sensor	Elektro- chemi- scher Sensor	Flammen- ionisa- tionsde- tektor	Flammen- tempera- turanaly- sator	Photo- ionisa- tionsdetek- tor	Paramag- netischer Sauer- stoff- sensor
Details in Abschnitt	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
O ₂ in Gasprobe erforderlich	Ja	Nein	Nein	(Nein)	(Nein)	(Nein)	Ja	Nein	Nicht an- wendbar
Typische Messbereiche für brennbare Gase	≤ UEG	(0)–100 %	0–(100) %	≤ UEG	≤ UEG	≤ UEG	< UEG	< UEG	Nicht an- wendbar
Typische Messbereiche für Sauerstoff	Nicht an- wendbar	Nicht an- wendbar	(0–100) %	Nicht an- wendbar	0–25 % (0–100 %)	Nicht an- wendbar	Nicht an- wendbar	Nicht an- wendbar	0–100 %
Nicht messbare brennbare Gase	Große Moleküle	siehe 5.2	H ₂	(siehe 5.4)	Alkane	H ₂ ; CO	(siehe 5.7)	H ₂ ; CO; CH ₄ ; IP > X ⁵	Brennbare Gase
Relative Einstellzeit ¹	Substanz- abhängig	Mittel	(Klein)	Substanz abhängig	Mittel	Klein	Klein	Klein	Klein bis Mittel
Beeinflussung durch nicht brennbare Gase ²	Nein	CO ₂ ; Freone	(Ja)	SO ₂ ; NO _x ; H ₂ O	SO ₂ ; NO _x	ClKW _s ³ ; Halon	(Halon)	Substanzen IP < X ⁵	NO; NO ₂
Vergiftung ²	Si, (Hal ⁴); (H ₂ S); Pb	Nein	Nein	Si; Hal ⁴ ; SO ₂	(Nein)	(Si)	Nein	Nein	Nein
Hilfsgase erforderlich	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	(Ja/Nein)

ANMERKUNGEN

- Qualitativer Vergleich zwischen den Messprinzipien. Die Werte berücksichtigen nicht die für die Ansaugung durch die Probenleitungen benötigte Zeit.
 - Die Tabelle enthält häufig vorkommende Beispiele.
 - Chlorierte Kohlenwasserstoffe.
 - Halogenierte organische oder anorganische Halogenverbindungen.
 - IP ist das Ionisierungspotential der Substanz; X ist die Energie der UV-Detektorlampe.
- (Nein), (Ja) – Für Informationen zu den Angaben in Klammern wird auf die zugehörigen Abschnitte verwiesen.

5.1 Wärmetönungssensoren

Die Funktionsweise eines Wärmetönungssensors beruht auf der Oxidation von brennbaren Gasen an der Oberfläche eines elektrisch beheizten, katalytisch wirksamen Elementes, das typischerweise bei einer Temperatur zwischen 450 °C und 550 °C betrieben wird.

Sofern keine wesentliche Vergiftung auftritt, können Wärmetönungssensoren einige Jahre lang kontinuierlich arbeiten. Sie werden jedoch eine fortschreitende Drift zeigen und durch Alterung und Spuren von Sensorgiften ihre Empfindlichkeit verlieren. Aus diesem Grund sind regelmäßige Ansprechttests und Rekalibrierungen notwendig. Die Häufigkeit hängt von der Belastung durch die Anwendungsbedingungen ab.

Die Sensorgehäuse enthalten in den meisten Fällen ein durchlässiges Metallelement, das den Gaszutritt zum Sensorelement ermöglicht. Es verhindert außerdem eine Zündung der Atmosphäre außerhalb des Gehäuses, falls eine Gaskonzentration oberhalb der UEG auftritt und durch die heißen Sensorelemente gezündet wird. Es ist ebenfalls nützlich als Schutz gegen Staub und mechanische Beschädigung sowie gegen übermäßige Luftströmungen.

5.1.1 Häufige Anwendungen

Wärmetönungssensoren sind geeignet für:

- die Detektion im Prinzip aller brennbaren Gase, aber mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten;
- die Detektion von Gas-Luftgemischen bis zur unteren Explosionsgrenze (UEG).

Die Einstellzeit und Empfindlichkeit hängen von dem jeweiligen zu messenden Gas ab. Je größer die Molmasse und die Molekülgröße des Gases sind, desto länger wird die Einstellzeit sein, und desto geringer wird im Allgemeinen die Empfindlichkeit sein.

5.1.2 Einschränkungen

Das Messprinzip des Wärmetönungssensors ist die katalytische Verbrennung, die für eine ordnungsgemäße Funktion eine ausreichende Menge Sauerstoff (mindestens 10 %) benötigt. Eine unzureichende Sauerstoffkonzentration kann durch hohe Konzentrationen brennbarer Gase deutlich oberhalb der UEG verursacht werden. Deshalb darf dieser Sensortyp ausschließlich für die Detektion von Gas-Luft-Mischungen bis zur unteren Explosionsgrenze benutzt werden.

WARNUNG – Bei Konzentrationen oberhalb der oberen Explosionsgrenze kann ein Wärmetönungssensor irreführenderweise anzeigen, dass die Konzentration von brennbarem Gas unterhalb der UEG liegt.

Deshalb müssen Geräte mit Wärmetönungssensoren, die alle Anforderungen der **EN 60079-29-1** oder der früheren EN 61779-Serie erfüllen, eine Selbsthaltung der Anzeige bei Messbereichsüberschreitung besitzen, um entsprechende irreführende Messwertanzeigen zu verhindern. Eigenständige Messköpfe (z. B. 4 mA bis 20 mA Transmitter) und ältere Geräte besitzen diese Schutzfunktion eventuell nicht.

Druck-, Temperatur- und Luftfeuchteschwankungen haben innerhalb des spezifizierten Bereiches keinen deutlichen Einfluss. Allerdings werden Temperaturänderungen und andere Umgebungseinflüsse umso bedeutender, desto niedriger die Alarmschwelle eingestellt ist.

Um Fehlalarme zu vermeiden, wird empfohlen, die Alarmschwellen für Methan nicht unter 5 % der UEG, für Propan und Butan nicht unter 10 % der UEG und für Benzindämpfe nicht unter 20 % der UEG einzustellen. Im letzteren Fall müssen geeignete Vorsichtsmaßnahmen wegen der Giftigkeit getroffen werden.

Der Sensor kann, nachdem er Gaskonzentrationen über längere Zeit oder oberhalb des Messbereiches ausgesetzt worden ist, einige Stunden Erholzeit benötigen oder irreversible Änderungen der Nullpunktanzeige und Empfindlichkeit aufweisen.

Aus den in den letzten drei Absätzen beschriebenen Gründen sind die Sensoren nicht geeignet für Anwendungen mit hoher Empfindlichkeit (z. B. Messbereiche deutlich unterhalb 0 bis 10 % der UEG), weil eine entsprechende Signalverstärkung lediglich diese unerwünschten Effekte verstärken würde.

5.1.3 Störeinflüsse

Das Messprinzip ist grundsätzlich nicht selektiv, da alle brennbaren Gase (in Luft) ein Messsignal erzeugen. Es weist eine große Variationsbreite in der Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Gasen auf, die keine unmittelbare Korrelation mit den UEGs aufweist. Trotzdem ist es zur Justierung des Gerätes möglich, die verifizierte relative Empfindlichkeit für das Gas (wie vom Hersteller angegeben) zu verwenden.

Wenn die zu überwachende Atmosphäre Gas oder Gase enthält, die Luft verdünnen oder verdrängen, zum Beispiel Stickstoff oder Kohlendioxid, kann ein Wärmetönungssensor ein niedriges oder kein Signal geben. Ähnliche Probleme können in dampfgeladener Atmosphäre auftreten, ziemlich häufig wegen einer Wassersättigung der Sinter-Flammensperre durch Kondensation. Hohe Konzentrationen von Inertgas (zum Beispiel Argon oder Helium) können das thermische Gleichgewicht des Sensors verändern und zu einem scheinbaren Signal von brennbarem Gas führen.

5.1.4 Vergiftung

Wärmetönungssensoren sind empfindlich gegenüber Vergiftung durch Stoffe, von denen viele nicht offensichtlich vorkommen, aber ziemlich verbreitet benutzt werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit regelmäßiger Funktionskontrollen und Rekalibrierungen.

Die Signalabschwächung kann je nach Art der Schadstoffe dauernd oder vorübergehend sein.

Permanente Signalabschwächung, üblicherweise als „Katalysator-Vergiftung“ bezeichnet, kann hervorgerufen werden durch Kontakt mit Stoffen wie

- Silikonen (z. B. Imprägnierung, Klebstoffe, Weichmacher, spezielle Öle und Fette, bestimmte Medizinprodukte),
- Tetraethylblei (z. B. verbleites Benzin, besonders Flugbenzin),
- Schwefelverbindungen (z. B. Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff),
- Halogenierten Verbindungen (z. B. einige halogenierte Kohlenwasserstoffe),
- organischen Phosphorverbindungen (z. B. Herbizide, Insektizide, Phosphatester in feuerfesten Hydraulikflüssigkeiten).

In einigen Fällen kann von halogenierten Kohlenwasserstoffen und Schwefelverbindungen eine lediglich vorübergehende Signalabschwächung verursacht werden.

Sogenannte „vergiftungsresistente“ Sensoren vertragen deutlich höhere Dosen dieser Schadstoffe als konventionelle Sensoren, bevor eine Signalabschwächung auftritt. Das Erreichen dieser Resistenz kann auf Kosten anderer Eigenschaften gehen (z. B. können sie eine geringere Ansprechgeschwindigkeit und niedrigere Empfindlichkeit besitzen).

In einigen Fällen können nicht „vergiftungsresistente“ Typen durch Aktivkohle oder andere Arten von Filtern gegen die meisten Sensorgifte geschützt werden. Filter sollten jedoch mit großer Vorsicht benutzt werden, weil sie zwar einen hervorragenden Schutz gegen Schadstoffe bieten, aber insbesondere Kohlefilter eine verringerte Empfindlichkeit gegenüber höheren Kohlenwasserstoffen verursachen oder ihre Detektion sogar ganz verhindern. Sie können für alle Stoffe außer Methan oder Wasserstoff außerdem zu beträchtlich verlängerten Einstellzeiten führen und damit effektiv ihren Einsatz für solche Gase begrenzen. Filter besitzen eine begrenzte Lebensdauer und müssen ersetzt werden. Ihr Betriebsverhalten kann außerdem durch den Feuchtegehalt der Atmosphäre beeinflusst werden.

Die Auswirkungen der Vergiftung sind abhängig vom Sensorgift selbst, dem zu messenden Gas und dem speziellen Aufbau des Sensors. Die Hilfestellung des Herstellers sollte in Anspruch genommen werden, um zu klären, welche Schadstoffe den Katalysator vergiften können und wie der Sensor geschützt werden kann.

5.2 Wärmeleitfähigkeitssensoren

Das Messprinzip von Wärmeleitfähigkeitssensoren basiert auf dem Wärmeverlust eines elektrisch beheizten Widerstandselementes (z. B. Wendel, Perle oder Dünnschichtwiderstand) durch Wärmeleitung (und manch-

mal ebenso durch Wärmetransport), das in einem Gasprobenstrom mit konstanter Flussrate oder einer Diffusionskammer angeordnet ist.

Die Probe wird am Sensor weder verbraucht noch verändert und es wird kein Sauerstoff benötigt. Daher kann eine Anzeige sogar bei unterbrochenem Durchfluss erfolgen.

Dieser Sensortyp ist zur Überwachung solcher Gase geeignet, deren Wärmeleitfähigkeit sich im gewünschten Messbereich deutlich von der der Vergleichsumgebung (üblicherweise Luft) unterscheidet. Veröffentlichte Tabellen mit Wärmeleitfähigkeiten können irreführend sein, weil andere Einwirkungen wie Wärmetransport oder Stoffaustausch ebenfalls die Empfindlichkeit des Sensors beeinflussen.

5.2.1 Häufige Anwendungen

Diese Sensoren benötigen keinen Sauerstoff für den Betrieb und sind zur Messung von Gaskonzentrationen bis hinauf zu 100 % (V/V) geeignet.

Das Gerät kann für jeden geeigneten Messbereich bis zu 100 % eines bekannten Gases in einem bekannten Hintergrundgas justiert werden.

Diese Sensoren sind für die Messung einzelner Gase mit im Vergleich zu Luft hoher oder niedriger Leitfähigkeit geeignet, wenn Luft die Referenzumgebung bildet. Die Gase mit hoher Wärmeleitfähigkeit wie Wasserstoff, Helium oder Neon besitzen typischerweise eine gute Empfindlichkeit gegenüber Luft; die Empfindlichkeit für Methan ist üblicherweise annehmbar.

Die Empfindlichkeit ist häufig begrenzt und die kleinste realistische Nachweisgrenze kann oberhalb der UEG liegen, wenn die Wärmeleitfähigkeit des Gases nicht ausreichend verschieden von der von Luft ist.

Eine spezielle Anwendung ist das Spülen von Flüssiggastanks mit CO_2/N_2 /Inertgas. Durch die Kombination von Wärmeleitfähigkeit und Wärmetransport ist es möglich, Sensoren herzustellen, die innerhalb eines Bereichs weitgehend unabhängig vom Grundgas sind (z. B. Luft, Stickstoff und bestimmte Kohlendioxid-Stickstoff-Inertgas-Gemische). Gleichzeitig reagieren sie mit mindestens vergleichbaren Empfindlichkeiten auf einen Bereich leichterer Kohlenwasserstoffe von Methan bis Pentan, obwohl Wärmeleitfähigkeitsdaten allein angeben würden, dass das nicht möglich ist.

5.2.2 Einschränkungen

Die Technik ist begrenzt auf Anwendungen, bei denen erwartete Änderungen des Grundgases einen vernachlässigbaren Einfluss im Vergleich zu den Empfindlichkeiten auf das oder die interessierende(n) Gas(e) im verlangten Messbereich haben.

Die Sensoren sind nicht selektiv auf einzelne Gase. Sie reagieren auf alle Gase, egal ob brennbar oder nicht.

Die Wärmeleitfähigkeiten von brennbaren Gasen unterscheiden sich deutlich. Leichtere Gase (z. B. Methan und Wasserstoff) sind leitfähiger als Luft, während schwerere Gase (z. B. Kohlenwasserstoffe mit Ausnahme von Methan) weniger leitfähig sind. Das zu einem Gasgemisch gehörende Signal ist deshalb unbestimmt, solange die Anteile der das Gemisch bildenden Gase nicht bekannt sind. Im ungünstigsten Fall können sich bei einem Gemisch aus Gasen mit hoher und niedriger Leitfähigkeit die Signale gegenseitig aufheben und zu keinem Gerätesignal führen.

Fehler können auch auftreten, wenn

- a) ein durchflussabhängiger Wärmeleitfähigkeitssensor verwendet wird und der Gasprobenstrom nicht konstant ist oder wenn die empfohlenen Bedingungen für den Gasstrom aus der Betriebsanleitung des Geräteherstellers nicht eingehalten werden;
- b) wenn Änderungen der Umgebungstemperatur auftreten, ohne dass es für den gesamten Sensor eine Temperaturkompensation gibt;
- c) wenn das Gerät nicht in der vorgesehenen Gebrauchslage betrieben wird, insbesondere bei Typen, die Wärmetransport ebenso wie Wärmeleitfähigkeit verwenden.