



Explosionsschutz

GASWARNSYSTEME

Explosionsgefahren durch brennbare Gase und Dämpfe

EXPLOSIONSGEFAHR LAUERT ÜBERALL

Brennbare Gase und Dämpfe zu detektieren, noch bevor sie gefährlich werden, hat Vorrang vor mechanischen und elektrischen Explosionsschutz-Maßnahmen. Wo immer bei der Erdöl- oder Erdgasexploration und -förderung, im Bereich der chemischen und petrochemischen Industrie, beim Lagern und Transportieren brennbarer Flüssigkeiten und Gase, in der Kunststoffverarbeitung oder bei der Verwendung von Lösungsmitteln gefährliche Zustände durch brennbare Gase oder Dämpfe zu erwarten sind, wird auch der Explosionsschutz zum Schutz von Personen und Anlagen gesetzlich vorgeschrieben.

Je nach Anwendung können unterschiedliche Messprinzipien zur Detektion solcher brennbarer Gase und Dämpfe eingesetzt werden: Wärmetönungssensoren, Infrarotsensoren oder Open-Path-Detektoren können in Verbindung mit Zentralgeräten wie dem Dräger REGARD frühzeitig das Vorhandensein von brennbaren Gasen und Dämpfen in noch gefahrlosen Konzentrationen unterhalb der Zündgrenze anzeigen. So kann ein gefährlicher Zustand rechtzeitig abgewendet werden und durch Aktivieren von effektiven Gegenmaßnahmen gar nicht erst entstehen.

METHODIK DES EXPLOSIONSSCHUTZES

Brennbare Gase und Dämpfe können nur dann durch eine Zündquelle ausreichend hoher Zündenergie und/oder ausreichend hoher Temperatur gezündet werden, wenn sie – unter atmosphärischen Bedingungen – im Gemisch mit dem Luftsauerstoff in ausreichend hohen Konzentrationen vorliegen. Diese Konzentration bezeichnet man als UEG: untere Explosionsgrenze.

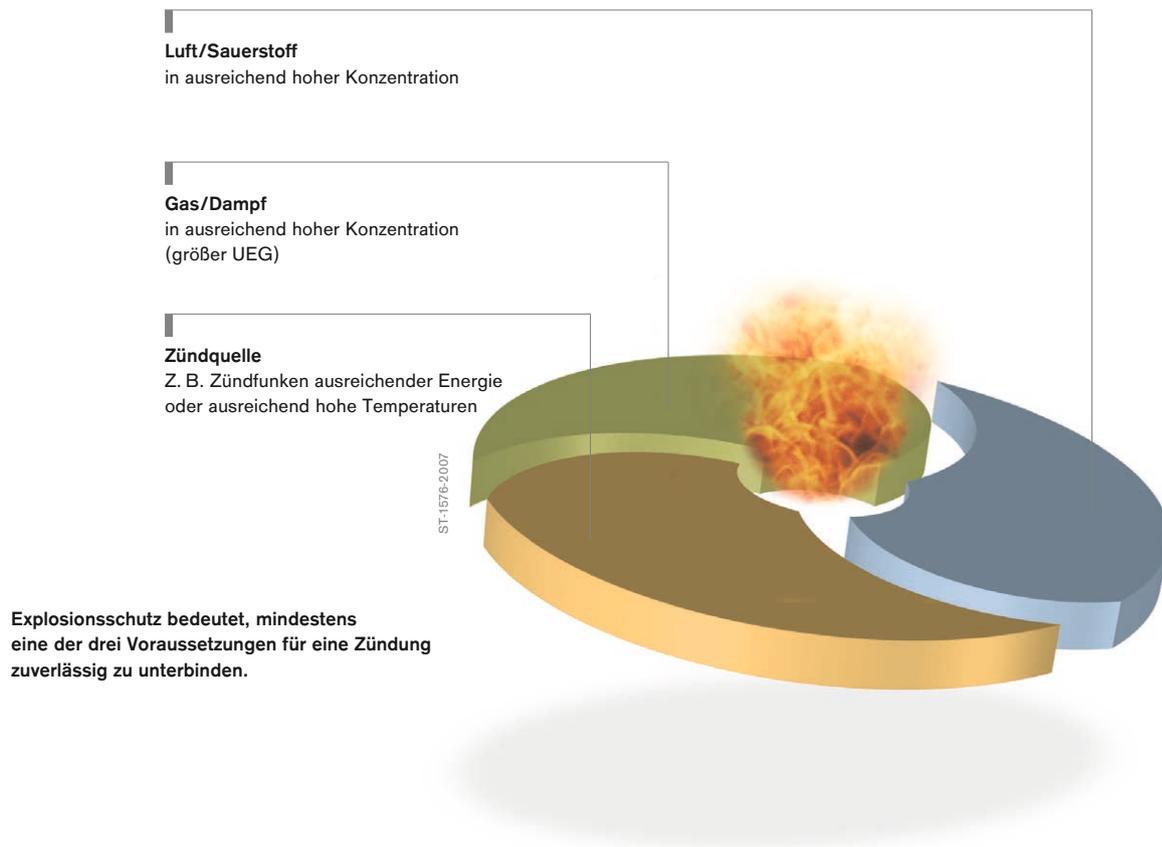
Für die Zündung sind also drei Bedingungen zu erfüllen:

1. Konzentration des brennbaren Gases oder Dampfes oberhalb der UEG
2. Genügend hohe Sauerstoffkonzentration bzw. Luftsauerstoff
3. Genügend hohe Temperatur und Energie einer Zündquelle

Es gilt der Umkehrschluss: Ist eine der drei Bedingungen nicht erfüllt, so ist sichergestellt, dass eine Zündung/Explosion nicht stattfinden kann.

Maßnahmen des Explosionsschutzes können daher sein:

1. Konzentrationsbegrenzung
2. Inertisierung
3. Einsatz explosionsgeschützter Betriebsmittel

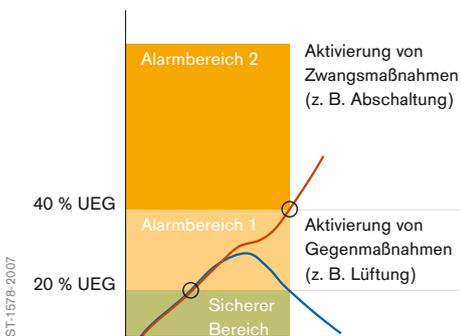


Die sicherste Konzentrationsbegrenzung ist natürlich der gänzliche Verzicht auf die Verwendung brennbarer Gase/Dämpfe, was aber selten praktikabel ist. Eher setzt man Gaswarngeräte zur Konzentrationsbegrenzung ein, während man in geschlossenen Prozessen zwar hohe Konzentrationen oberhalb der UEG zulässt, jedoch den Sauerstoffgehalt so weit reduziert, dass sich zündfähige Gemische sicher nicht bilden können (Inertisierung).

Wenn solche Maßnahmen nicht oder nur bedingt ausreichen, müssen schließlich alle Betriebsmittel in gewissen (genormten) Zündschutzarten so ausgeführt sein, dass sie im Falle einer Gasfreisetzung nicht selbst zur Zündquelle werden.

Weitere Hinweise zur Methodik des Explosionsschutzes entnehmen Sie bitte der harmonisierten Norm EN 1127-1.

Explosionsfähige Atmosphären



Alarmkonzentrationen

Steigt die UEG-Konzentration an, so wird beim Erreichen des Alarmbereichs 1 eine Gegenmaßnahme aktiviert. Ist diese erfolgreich, verringert sich die Konzentration (blaue Kurve). Ist sie hingegen nicht erfolgreich, so steigt die Konzentration weiter an (rote Kurve). Bei Erreichen des Alarmbereichs 2 werden Zwangsmaßnahmen aktiviert. Richtig ausgelegte Industrieanlagen erreichen den Alarmbereich 2 nur selten oder gar nicht.

UEG-Skala

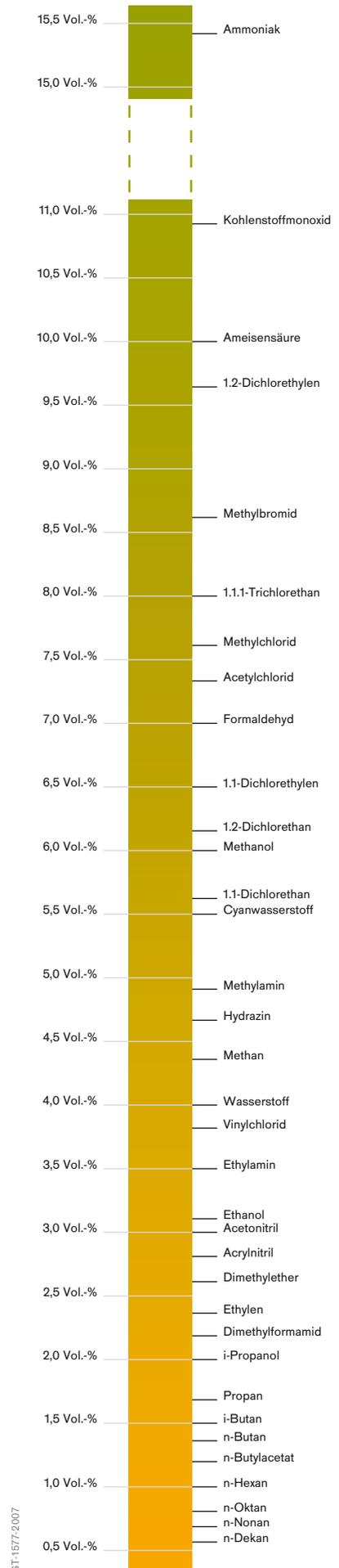
Je niedriger die UEG, umso gefährlicher ist die Substanz, denn umso leichter bilden sich zündfähige Konzentrationen. Beispiel: Die UEG von Wasserstoff liegt bei 4 Vol.-%. Ein Prüfgas mit 2 Vol.-% Wasserstoff in Luft ist nicht entzündbar.

Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre – Primärer Explosionsschutz

UNTERHALB DER UEG KEINE EXPLOSIONSGEFAHR
 Konzentrationsbegrenzung (1) und Inertisierung (2) bezeichnet man als primäre Maßnahmen, weil die Bildung einer zündfähigen Konzentration verhindert wird. Hingegen spricht man beim Einsatz von explosionsgeschützt ausgeführten Betriebsmitteln (3) von einer sekundären Maßnahme, weil nicht die Bildung einer zündfähigen Konzentration verhindert wird, sondern nur deren Zündung.

Konzentrationsbegrenzung bedeutet aktive Verdünnung, z. B. dadurch, dass man schon bei Konzentrationen von nur 20 % der UEG automatisch Frischluft in den gefährdeten Bereich einbläst. Nur dann, wenn die Konzentration dennoch weiter ansteigt, die Gegenmaßnahme also nicht ausreichend war, sollten bei etwa 40 % der UEG Zwangsmaßnahmen aktiviert werden wie z. B. die Abschaltung sämtlicher nicht explosionsgeschützt ausgeführter elektrischer Betriebsmittel. Zur Detektion solcher Konzentrationen setzt man Gaswarngeräte ein, die in Europa durch eine Prüfstelle für diesen Einsatzzweck typengeprüft sein müssen (früher nach EN 50054ff oder EN 61779, jetzt nach EN 60079-29-1). Das gilt sowohl für den Sensor als auch für den Transmitter und das Zentralgerät.

Da auch die Inertisierung eine vorbeugende Explosionsschutzmaßnahme ist, unterliegt die Sauerstoffmessung zumindest in Europa gewissen Anforderungen: O₂-Messgeräte für diesen Anwendungszweck müssen ebenfalls typengeprüft sein (z. B. nach EN 50104).



ST-1577-2007



Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe

DIE UNTERE EXPLOSIONSGRENZE – UEG

Für brennbare Substanzen gibt es eine Grenzkonzentration, unterhalb derer das Substanz-Luft-Gemisch nicht gezündet werden kann, weil Brennstoffmangel vorliegt. Die UEG ist eine nicht berechenbare empirische Eigenschaft von brennbaren Substanzen, die nach vorgegebenen Normen ermittelt wird und – mit einigen Ausnahmen – im Bereich zwischen etwa 0,5 und 15 Vol.-% liegt.

GASE UND UEG

Allgemein bezeichnet man eine Materie oberhalb ihres Siedepunktes als Gas. Deshalb ist der Druck eines Gases auch stets höher als der Atmosphärendruck, sodass Gase bei ihrer Freisetzung sehr schnell die Konzentration der UEG überschreiten und zündfähige Gas-/Luftgemische bilden können.

DÄMPFE BRENNBARER FLÜSSIGKEITEN UND FLAMMPUNKT

Materie unterhalb ihres Siedepunktes liegt nicht nur gasförmig vor, sondern in einem temperaturabhängigen Gleichgewicht mit dem flüssigen (und auch festen) Zustand.

Die gasförmige Komponente wird dann als Dampf bezeichnet. Der Dampfdruck von Dämpfen ist stets niedriger als der Atmosphärendruck, und – abhängig von der Temperatur – können sich nur gewisse maximale Dampfkonzentrationen bilden. Insbesondere kann der maximal erreichbare Dampfdruck einer brennbaren Flüssigkeit so gering sein, dass

die UEG erst bei Überschreitung einer gewissen Temperatur erreicht wird, d. h. der Dampf erst oberhalb dieser Temperatur zündfähig wird. Diese empirische ermittelte Temperatur ist der sog. Flammpunkt, eine sehr wichtige sicherheitstechnische Kennzahl zur Gefährdungsbeurteilung von brennbaren Flüssigkeiten. Beispielsweise liegt der Flammpunkt von reinem Ethanol bei 12 °C. Es ist somit bei 20 °C bereits entflammbar. N-Butanol-Dämpfe mit einem Flammpunkt von 35 °C hingegen lassen sich bei einer Temperatur von 20 °C noch nicht entzünden.

Und tatsächlich: Bleibt die Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit deutlich unter dem Flammpunkt, so betreibt man bereits primären Explosionsschutz.

ZÜNDTEMPERATUR UND MINDESTZÜNDENERGIE

Elektrisch (oder mechanisch) erzeugte Funken und heiße Oberflächen sind die bekanntesten von 13 verschiedenen Zündquellenarten. Um Gas-Luft-Gemische oder Dampf-Luft-Gemische zu entzünden, muss die Zündquelle entweder eine Temperatur oberhalb deren Zündtemperatur haben oder ein Funke eine Energie haben, die höher liegt als die Mindestzündenergie dieser Gemische. Beide Größen, Entzündungspunkt und Mindestzündenergie, sind substanzspezifische, sicherheitstechnische Kenngrößen, die nach vorgegebenen Normen bestimmt werden und bei der Entwicklung und Auswahl explosionsgeschützter Betriebsmittel eine große Rolle spielen.

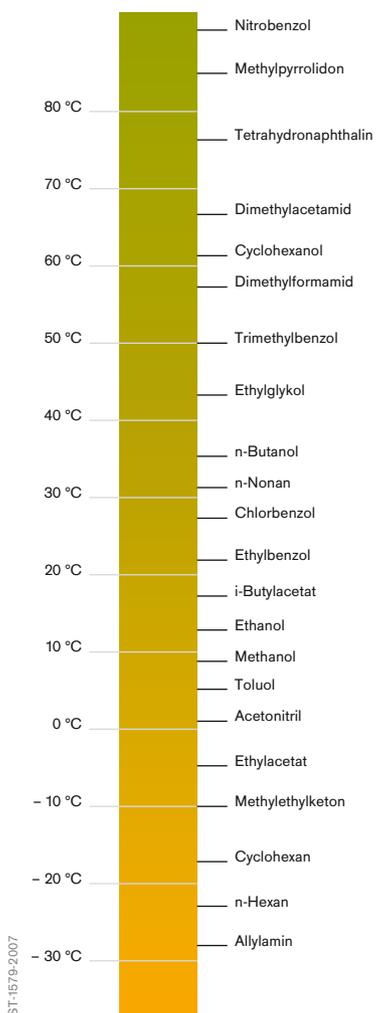


AUSWAHL VON SICHERHEITSTECHNISCHEN KENNZAHLEN BRENNBARER GASE UND DÄMPFE

Gas / Dampf	UEG Vol.-%*	UEG g/m ³ *	Flamm- punkt**	Dampf- druck**	Zünd- temperatur
Aceton	2,5	61	< -20 °C	246 hPa	535 °C
Acetylen	2,3	25	Gas	Gas	305 °C
Acrylnitril	2,8	62	-5 °C	117 hPa	480 °C
Ammoniak	15,4	109	Gas	Gas	630 °C
Benzol	1,2	39	-11 °C	100 hPa	555 °C
1.3-Butadien	1,4	32	Gas	Gas	415 °C
i-Butan	1,5	36	Gas	Gas	460 °C
n-Butan	1,4	34	Gas	Gas	365 °C
n-Butanol	1,4	43	35 °C	7 hPa	325 °C
n-Butylacetat	1,2	58	27 °C	11 hPa	390 °C
Chlorbenzol	1,3	61	28 °C	12 hPa	590 °C
Cyclohexan	1,0	35	-18 °C	104 hPa	260 °C
Cyclopentan	1,4	41	-51 °C	346 hPa	320 °C
Diethylether	1,7	52	-40 °C	586 hPa	175 °C
Dimethylether	2,7	52	Gas	Gas	240 °C
1.4-Dioxan	1,4	51	11 °C	38 hPa	375 °C
Epichlorhydrin	2,3	89	28 °C	16 hPa	385 °C
Ethanol	3,1	60	12 °C	58 hPa	400 °C
Ethylen	2,4	28	Gas	Gas	440 °C
Ethylacetat	2,0	73	-4 °C	98 hPa	470 °C
Ethylbenzol	1,0	44	23 °C	10 hPa	430 °C
i-Butylacetat	2,6	48	Gas	Gas	435 °C
Ethanol	1,0	36	-22 °C	162 hPa	230 °C
Methan	4,4	29	Gas	Gas	595 °C
Methanol	6,0	80	9 °C	129 hPa	440 °C
Methylchlorid	7,6	160	Gas	Gas	625 °C
Methylethylketon	1,5	45	-10 °C	105 hPa	475 °C
Methylmethacrylat	1,7	71	10 °C	40 hPa	430 °C
n-Nonan	0,7	37	31 °C	5 hPa	205 °C
n-Octan	0,8	38	12 °C	14 hPa	205 °C
n-Pentan	1,1	33	-40 °C	562 hPa	260 °C
Propan	1,7	31	Gas	Gas	470 °C
i-Propanol	2,0	50	12 °C	43 hPa	425 °C
Propylen	2,0	35	Gas	Gas	485 °C
Styrol	1,0	43	32 °C	7 hPa	490 °C
Toluol	1,0	38	6 °C	29 hPa	535 °C
Wasserstoff	4,0	3	Gas	Gas	560 °C

* nach PTB Standard

** Flammpunkt nur für Flüssigkeiten definiert; Dampfdruckangabe (bei 20 °C) ebenfalls nur bei Flüssigkeiten sinnvoll



ST-1579-2007

Flammpunkt-Skala

Je niedriger der Flammpunkt, umso gefährlicher, d. h. leichter entzündlich ist die Flüssigkeit. Beispiel: Der Flammpunkt von Trimethylbenzol liegt bei 50 °C, d. h. Trimethylbenzol-Dampf ist bei 20 °C nicht entzündbar.



Ohne Zündquelle keine Explosionsgefahr – Sekundärer Explosionsschutz

Kann das Entstehen einer zündfähigen Atmosphäre durch primäre Maßnahmen (z. B. durch Einsatz von Gaswarnanlagen) nicht oder nicht ausreichend sicher verhindert werden, so müssen elektrische Betriebsmittel so beschaffen sein, dass sie nachweislich nicht zur Zündquelle werden können.

ZÜNDSCHUTZARTEN

Vier der sieben genormten Zündschutzarten kommen für die Detektoren der Gasmesstechnik in Betracht: Druckfeste Kapselung (d), Eigensicherheit (i), Verguss (m) und erhöhte Sicherheit (e). Heiße Oberflächen und Funken werden durch Verguss sozusagen mechanisch verhindert, während dieses bei eigensicheren Betriebsmitteln durch elektrische Leistungsbegrenzung realisiert wird. Die druckfeste Kapselung lässt prinzipiell eine Zündung im Innern zu, widersteht aber dem Explosionsdruck und verhindert zuverlässig den Flammendurchschlag. Die erhöhte Sicherheit schließlich verringert das Risiko der Bildung von heißen Oberflächen und Funken durch seine Bauart, ist aber auf bestimmte Betriebsmittel (Kabelverschraubungen, Klemmenkästen, Leuchten, Motoren etc.) beschränkt. Explosionsschutzgeschützte Betriebsmittel müssen durch eine anerkannte Prüfstelle (»notified body«) geprüft und zertifiziert sein.

EXPLOSIONSSCHUTZ IST GESETZ

Durch die EU-Richtlinie ATEX 2014/34/EU und 99/92/EG, auch als Artikel 114 und 137 bezeichnet,

ist der Explosionsschutz in Europa gesetzlich verankert. Hersteller von explosionsgeschützt ausgeführten Betriebsmitteln müssen solche Geräte einheitlich kennzeichnen und durch eine Geräte-kategorie den zulässigen Anwendungsbereich festlegen, während der Verwender seinen explosionsgefährdeten Bereich je nach Art (D: Staub, G: Gas) und Vorhandensein brennbarer Medien in Zonen einzuteilen hat.

Beispielsweise ist II 2 GD eine typische Geräte-kategorie für Betriebsmittel, die in der Zone 1 und 2 oder in der Zone 21 und 22 eingesetzt werden dürfen, während ein Betriebsmittel für die Zone 2 mindestens die Kennzeichnung II 3 G haben muss.

In den USA ist der Explosionsschutz durch den NEC 505 geregelt, die Explosionsschutzkennzeichnung enthält in den USA ebenfalls Hinweise auf die Verwendung durch Begriffe wie »Class« und »Division«. In den USA sind jedoch nur druckfeste Kapselung und Eigensicherheit als Zündschutzarten bekannt. In vielen Ländern der Erde wird der europäische und amerikanische Explosionsschutz akzeptiert, wobei dem sog. IECEx, einem auf Basis von weltweit gültigen IEC-Explosionsschutznormen geprüften Produkt, heute schon der Vorzug gegeben wird. Dräger-Gasmessgeräte erfüllen in der Regel Explosionschutzanforderungen nach CENELEC (ATEX, Europa), UL (USA), CSA (Kanada) und IECEx (weltweit).



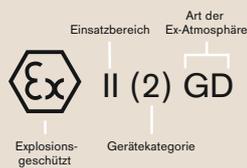
ZUORDNUNG VON TYPISCHEN GASEN/DÄMPFEN ZU TEMPERATURKLASSEN UND EXPLOSIONSGRUPPEN

Temperaturklasse und max. zulässige Oberflächentemperatur		Explosionsgruppe	IIB	IIC
		Zündenergie größer 0,18 mJ	Zündenergie 0,06 bis 0,18 mJ	Zündenergie kleiner 0,06 mJ
T1	450 °C	Aceton, Ammoniak, Benzol, Ethylacetat, Methan, Methanol, Propan, Toluol	Cyanwasserstoff, Stadtgas	Wasserstoff
T2	300 °C	i-Amylacetat, n-Butan, n-Butanol, 1-Buten, Propylacetat, i-Propanol, Vinylchlorid	1.3-Butadien, 1.4-Dioxan, Ethylen, Ethylenoxid	Acetylen
T3	200 °C	Amylalkohol, Benzene, Dieselkraftstoff, Heizöl, n-Hexan	Dimethylether, Ethylglykol, Schwefelwasserstoff	
T4	135 °C	Acetaldehyd	Diethylether	
T5	100 °C			
T6	85 °C			Schwefelkohlenstoff

Beispiel: Wird eine explosionsgefährliche Atmosphäre durch Schwefelkohlenstoff verursacht, so muss ein elektrisches Betriebsmittel die Kennzeichnung IIC und T6 haben, während für n-Hexan schon Betriebsmittel mit der Kennzeichnung IIA T3 ausreichend sind.



Typische Gerätekennzeichnung eines Gasesstransmitters nach 2014/34/EU: Betriebsmittel für Zone 1, 2, 21 und 22.



Typische Gerätekennzeichnung eines zugehörigen elektrischen Gerätes wie einer Sicherheitsbarriere, das nicht in einem explosionsgefährdeten Bereich verwendet darf. Jedoch mit einem entsprechenden Gerät in dem explosionsgefährdeten Bereich elektrisch verbunden werden darf.



Typische Kennzeichnung der Zündschutzart eines elektrischen Betriebsmittels (z. B. Gasesstransmitter).





Vorgeschriebenes Warnschild
Vorgeschriebenes Warnschild zur Kennzeichnung und Abgrenzung von explosionsgefährdeten Bereichen (Zonen). Es sind organisatorische Maßnahmen zu beachten.



Explosionsgefährdete Bereiche

Durch Gaswarnanlagen wird die Wahrscheinlichkeit der Bildung zündfähiger Atmosphären verringert

In Europa muss der Betreiber gemäß Richtlinie 99/92/EG (= ATEX 137) eine Gefährdungsanalyse durchführen und seine explosionsgefährdeten Bereiche je nach Gefährdungsmaß (d. h. Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre) in Zonen einteilen, organisatorische Sicherheitsmaßnahmen durchführen und dieses durch ein Explosionsschutzdokument nachweisen. Nur gewisse Betriebsmittel dürfen in den vorgegebenen Zonen eingesetzt werden.

Durch den Einsatz von Gaswarnanlagen, die ja das Auftreten einer zündfähigen Atmosphäre zuverlässig verhindern, wird die Wahrscheinlichkeit, dass eine zündfähige Atmosphäre überhaupt auftritt, deutlich reduziert: Sie wird normalerweise gar nicht auftreten (Definition der Zone 2). Mit anderen Worten,

aus einer Zone 1 wird durch den Einsatz einer eignungsgeprüften Gaswarnanlage eine Zone 2. In dieser dürfen hinsichtlich des Explosionsschutzes einfacher konstruierte (und meist auch preiswertere) Betriebsmittel (z. B. Leuchten, Maschinen, Fahrzeuge etc.) eingesetzt werden.

Voraussetzung ist dabei allerdings, dass die durch die Gaswarnanlage eingeleiteten Gegenmaßnahmen die Bildung zündfähiger Konzentrationen ausreichend effektiv verhindern. Das ist möglicherweise direkt an einer Gasfreisetzungsstelle nicht der Fall, wenn das Gas schneller austritt, als es durch die Gegenmaßnahme der Lüftung abgeführt werden kann: Der Nahbereich bleibt dann zwar Zone 1, aber die Zone 1 schrumpft erheblich durch den Einsatz von Gaswarnanlagen – sehr zum Vorteil des Betreibers.

ZONENDEFINITION NACH RICHTLINIE 99/92/EG

	Zone	Explosionsgefährdete Bereiche werden nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre in folgende Zonen eingeteilt	Mindestanforderung an die Gerätekategorie
Gas	0	Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist	II 1G
	1	Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann	II 2G
	2	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt	II 3G
Staub	20	Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist	II 1D
	21	Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann	II 2D
	22	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt	II 3D

Beispiel: Soll ein Betriebsmittel in Zone 21 eingesetzt werden sollen, so muss dessen Kennzeichnung mindestens der Gerätekategorie II 2D entsprechen

Einsatz von Gaswarnsystemen

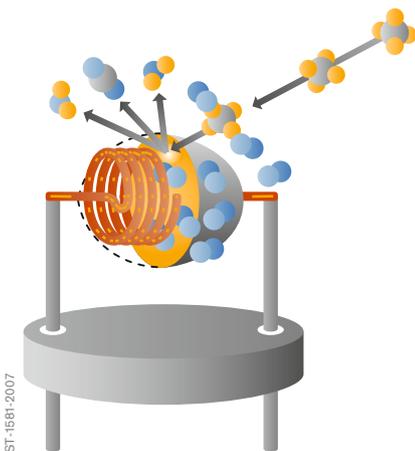
Seit Jahrzehnten in der Gasmesstechnik bewährt: Wärmetönungs- und Infrarotsensoren

WÄRMETÖNUNGSSENSOREN

Der Wärmetönungssensor ist ein druckfest gekapselter Sensor zur Messung brennbarer Gase und Dämpfe, mit einer Flammensperre zur Umgebung. Er dient der Warnung vor Explosionsgefahren. Das Messprinzip basiert auf einer chemischen Reaktion der Messsubstanz mit Sauerstoff. Dafür sind mindestens 12 Vol.-% Sauerstoff in der Umgebungsluft notwendig. Bei zu kleiner Sauerstoffkonzentration liefert der Wärmetönungssensor kein Messsignal – es besteht dann aber auch keine Explosionsgefahr. Der Wärmetönungssensor ist unterschiedlich empfindlich auf verschiedene brennbare Gase und Dämpfe. Für manche Substanzen ist die Messempfindlichkeit so gering, dass der Sensor diese nicht mehr zuverlässig anzeigen kann.

Das Funktionsprinzip der Wärmetönung besteht darin, dass brennbare Gase und Dämpfe mit Luftsauerstoff auch bei Konzentrationen unterhalb der unteren Explosionsgrenze UEG eine flammenlose Oxidationsreaktion eingehen. Voraussetzung ist ein geeigneter heißer Katalysator. Die bei der Oxidationsreaktion freigesetzte Reaktionswärme ist ein Maß für die Gaskonzentration.

Der Wärmetönungssensor enthält zwei kleine Messperlen, die als Pellistoren (von engl. »pellet« und »resistor«) bezeichnet werden. Ein Pellistor besteht aus einer porösen Keramik, die eine feindrahtige Platinspule umschließt. Ein Strom von etwa 250 mA heizt die Platinspule auf etwa 450 °C auf. Gleichzeitig dient die Platinspule auch als Messwiderstand für Temperaturänderungen. Dringen nun Moleküle brennbarer Gase in den Pellistor ein, werden sie durch den in der porösen Keramik gebundenen



ST-1581-2007

Der aktive Pellistor (halb aufgeschnitten, schematisch)

Das einfallende Methanmolekül wird durch den in der beheizten Perle befindlichen aktivierten Luftsauerstoff katalytisch zu Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid oxidiert, die frei werdende Reaktionswärme verändert den Widerstand der eingebetteten Platinspule messbar.



und aktivierten Luftsauerstoff katalytisch oxidiert. Die freigesetzte Reaktionswärme führt zu einer Temperaturerhöhung (beispielsweise ca. 2 °C bei 10 % UEG Oktan). Die Temperaturerhöhung hat eine nur wenige tausendstel Ohm große Widerstandsänderung zur Folge, die proportional zur Gaskonzentration ist.

Die von der Gaskonzentration abhängige Temperaturerhöhung kann aber nur dann als Messsignal genutzt werden, wenn die möglicherweise viel stärkeren Schwankungen der Umgebungstemperatur messtechnisch kompensiert werden. Hierzu verwendet man den zweiten Pellistor, genannt Kompensator. Im Gegensatz zum aktiven Pellistor ist beim Kompensator die katalytische Reaktion physikalisch oder chemisch unterdrückt, sodass auf ihn nur die Umgebungstemperatur wirkt. Verschaltet in einer Wheatstoneschen-Messbrücke kompensiert er somit die Umwelteinflüsse, insbesondere den Einfluss der Umgebungstemperatur. Für optimales Verhalten müssen beide Pellistoren immer möglichst gut in ihren technischen Parametern übereinstimmen. Hierzu werden sie schon bei der Herstellung entsprechend gepaart.

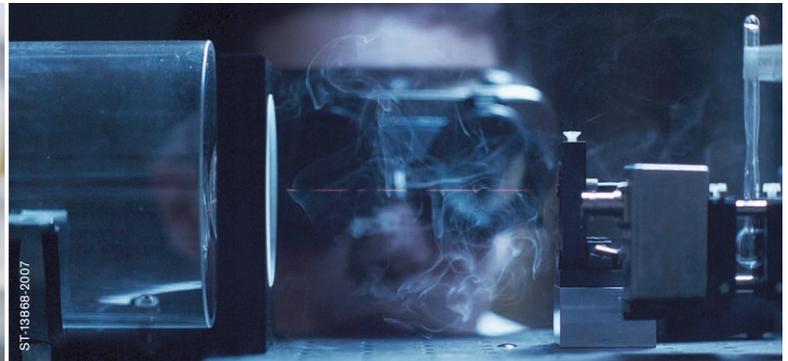
Die Aktivität von Katalysatoren nimmt über die Zeit ab und kann zusätzlich durch Katalysatorgifte stark reduziert werden. Die seit Jahrzehnten aus eigener Fertigung stammenden Dräger-Pellistoren sind vom Typ PR (»poison resistant«), also vergiftungsbeständig. Aufgrund ihrer Bauform und der verwendeten Materialien sind sie in industrieller Atmosphäre, die Katalysatorgifte wie z. B. Schwefel-, Phosphor-, Blei- oder Siliziumverbindungen enthalten kann, langlebiger als herkömmliche Pellistoren.

INFRAROTSENSOREN

Im Gegensatz zum Wärmestromsensor kennt der auf einem rein physikalischen Messprinzip beruhende Infrarotsensor keine Katalysatorvergiftung und benötigt auch keinen Sauerstoff. Durch optische Fenster ist das Gas von den IR-Detektoren separiert. Allerdings messen Infrarotsensoren brennbare Gase und Dämpfe zum Teil mit extrem unterschiedlicher Empfindlichkeit, und gewisse Substanzen wie Vinylchlorid oder Acetonitril sind wider Erwarten gar nicht detektierbar. Das Dräger-Applikationslabor hat knapp 300 Gase und Dämpfe als mit IR-Gasmesstransmittern detektierbar eingestuft.

Das IR-Messprinzip basiert auf der Erkenntnis, dass die Moleküle brennbarer Gase und Dämpfe bis auf wenige Ausnahmen (hierzu gehören z. B. H₂, NH₃, CO, CS₂, HCN, H₂S und Hydride) Kohlenwasserstoffe sind. Deren CH-Bindungen werden durch gewisse Wellenlängen des IR-Spektrums zum Schwingen angeregt und auf diese Weise absorbieren sie Energie. Strahlt man also Infrarot in ein optisches System und füllt dieses mit einem infrarot-aktiven Gas, so wird man in einem gewissen optisch herausgefilterten Wellenlängenbereich eine Zunahme der IR-Absorption feststellen, denn normale Luft absorbiert kein IR.

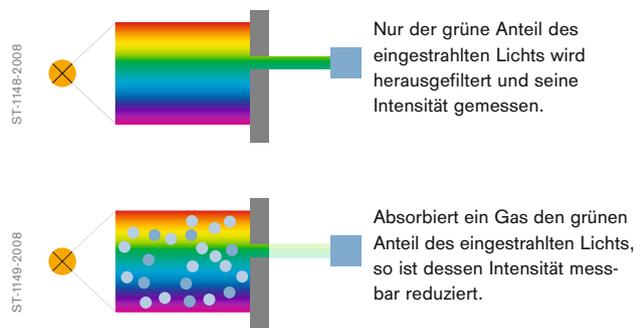
Während die Erzeugung von nahem Infrarot durch mit Unterspannung betriebene Glühbirnen relativ einfach ist, ist der Aufbau eines wellenlängenspezifischen IR-Messdetektors sehr viel komplizierter: Hinter einem Interferenzfilter befindliche pyroelektrische Kristalle sind es, die bei gepulster Einstrahlung sehr kleine Spannungsänderungen erzeugen. Sie führen nach aufwändiger elektronischer



Verstärkung und Linearisierung schließlich zu einem konzentrationsproportionalen 4-20-mA-Signal führen.

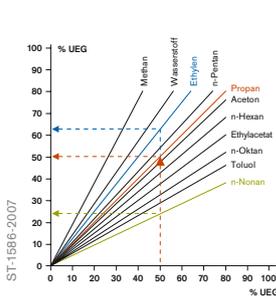
Doch nicht nur Gas, auch eine Verringerung der Strahlungsleistung oder eine Verschmutzung des optischen Systems führt zur Schwächung des IR-Signals. Solche Effekte werden durch einen zweiten IR-Messdetektor (Referenzdetektor) kompensiert, der die IR-Strahlung über einen Strahlteiler erhält und in einem Wellenlängenbereich misst, in dem Gase nicht IR-aktiv sind. Zeigen also beide Messdetektoren eine signifikante IR-Absorption an, so handelt es sich meist nicht um Gas, sondern z. B. um eine Verschmutzung des optischen Systems. Durch die Kompensation wird das Messsignal des IR-Sensors verschmutzungstolerant und man kann sogar ab einem gewissen Verschmutzungsgrad ein Wartungsanforderungssignal generieren. Beim Träger PIR 7000 werden sogar auch mögliche Veränderungen der IR-Detektoren durch einen zweiten Strahler kompensiert (»Vierstrahl-Kompensationsverfahren«).

Je mehr Gasmoleküle sich im optischen System (»Küvette«) befinden, umso größer ist die Absorption und damit auch die Möglichkeit, niedrigere Messbereichsendwerte realisieren zu können – beispielsweise nur 10 % der UEG, was eine sehr frühzeitige Detektion eventueller Leckagen zulässt.

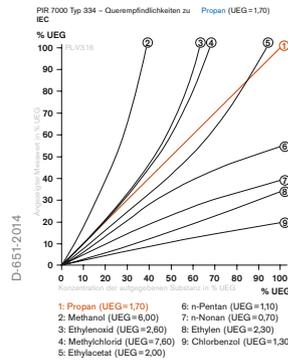


IR-Transmitter

Die Tatsache, dass bei Fehlen des IR-absorbierenden Gases stets ein hohes Messsignal vorhanden sein muss, macht den Weg frei für Selbstdiagnoseverfahren. Fällt beispielsweise der Strahler aus oder ist das optische System blockiert, so kann der IR-Transmitter dieses detektieren. Er ist »fail-safe« im Sinne der IEC/EN 61508, eine Voraussetzung für den Einsatz in Anlagen nach z. B. SIL2.



Wärmetönungssensor
 Unterschiedliche Empfindlichkeiten eines auf Propan kalibrierten Wärmetönungssensors (schematisch): 50 % UEG n-Nonan führen zu einem Messwert von nur 23 % UEG Propan während 50 % UEG Ethylen einen Messwert von 62 % UEG verursachen.



Infrarotsensor
 Unterschiedliche Empfindlichkeiten eines auf Propan eingestellten Infrarotsensors (Dräger PIR 7000 Typ 334, typische Querempfindlichkeiten): 50 % UEG n-Nonan führen zu einem Messwert von nur etwa 23 % UEG Propan, während 50 % UEG Ethylenoxid einen Messwert von etwa 64 % UEG verursachen. Auf Chlorbenzol und Ethylen reagiert der Propan-konfigurierte Sensor deutlich unempfindlicher. Wasserstoff, Ammoniak sowie weitere brennbare Stoffe misst er gar nicht.

Erst die richtige Kalibrierung und Sensorplatzierung stellt die Zuverlässigkeit einer Gaswarnanlage sicher

KALIBRIERUNG

Erst durch die Kalibrierung mit dem Zielgas ist der Gasesstransmitter individuell auf ein vorgegebenes Gas eingestellt. Sollen mehrere Gase oder Dämpfe zuverlässig detektiert werden, so muss der Transmitter auf die Substanz eingestellt werden, auf die er am unempfindlichsten reagiert. Die richtig durchgeführte Kalibrierung ist maßgebend für die Zuverlässigkeit der Gaswarnanlage.

SENSOR-ANORDNUNG

Siehe hierzu auch IEC/EN 60079-29-2, Abschnitt 8 – Kriterien für die Anordnung der Sensoren und Probenahmestellen.

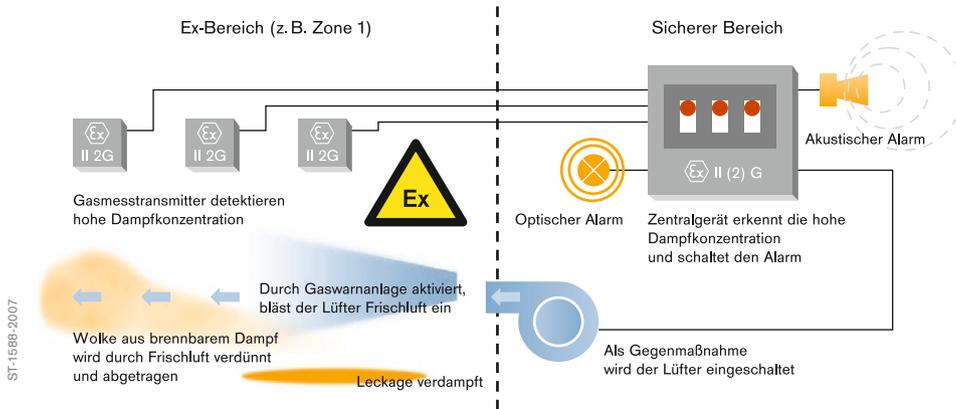
Bei der Platzierung der Sensoren unterscheidet man:

1. Punküberwachung: Die potentiellen Leckagequellen (z. B. Ventile, Abfüllstutzen, Flansche, Balgen) sind bekannt und lokalisierbar. Daher können die Sensoren so positioniert werden, dass Gasleckagen sehr frühzeitig und zuverlässig detektiert werden.
2. Flächenüberwachung: Die potentiellen Leckagequellen sind nicht lokalisierbar und liegen irgendwo innerhalb eines großen Bereiches (z. B. in Gefahrstofflagern). Daher werden die Sensoren in gleichen Abständen über den gesamten Bereich verteilt.
3. Randbereichsüberwachung: Die potenziellen Leckagequellen sind nicht lokalisierbar. Daher wird die Außengrenze der Anlage überwacht, um den Übertritt gefährlicher Gaskonzentrationen in angrenzende ungesicherte Bereiche zu erkennen.

Neben der für die Platzierung von Gasesstransmittern erforderlichen Betriebserfahrung der lokalen Sicherheitsingenieure gibt auch die IEC/EN 60079-29-2 als »Leitfaden für Auswahl, Installation, Einsatz und Wartung von Geräten für die Detektion und die Messung von brennbaren Gasen und Sauerstoff« zahlreiche Hinweise für die richtige Positionierung solcher Sensoren.

Wichtig bei der richtigen Auslegung der Gaswarnanlage ist, dass ein Sensor natürlich nur die Gaskonzentration erkennen kann, die in seiner unmittelbaren Umgebung ist. Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten sind schwerer als Luft. Sie verteilen sich im Bodenbereich und kondensieren oder verdampfen wieder je nach Temperatur. Allerdings sind sie bei Temperaturen unterhalb ihres Flammpunktes nicht entzündbar. Denn nur bei Temperaturen oberhalb des Flammpunktes können mehr als 100 % UEG existieren.

Gasesstransmitter zur Detektion brennbarer Dämpfe und schwerer Gase (z. B. Propan und Butan) sind möglichst in Bodennähe zu montieren, da sich hier diese Substanzen sammeln können. Wasserstoff, Methan und Ammoniak sind dagegen sehr viel leichter als Luft und steigen auf. Deshalb sind in diesen Fällen die Sensoren oberhalb der Leckagestelle anzubringen.



Zentralgeräte – Schaltzentralen für die Sicherheit

Im allgemeinen bestehen Gaswarnanlagen aus Fernaufnehmern (Gasesmesstransmitter), Zentralgeräten (Auswerteeinheiten) und optischen und akustischen Alarmgebern. Die Transmitter sind explosionsgeschützt und im gefährdeten Bereich installiert. Die Auswerteeinheiten befinden sich im sicheren Bereich. Sie verwalten die Messsignale und schalten im Alarmfall Gegenmaßnahmen. Die Alarmgeber können in beiden Bereichen angebracht werden - im Gefahrenbereich dann mit entsprechendem Explosionsschutz.

ZENTRALGERÄTE

Zentralgeräte sind Steuerzentralen. Sie befinden sich außerhalb des Ex-Bereiches und versorgen die angeschlossenen Gasesmesstransmitter mit Spannung. Zudem nehmen sie deren Messsignale und Statusinformationen auf und verwalten sie. Werden vorgegebene Alarmschwellen überschritten, alarmieren die Auswerteeinheiten den Betreiber und senden zuverlässig Ausgangssignale an die Alarmgeber. Für eine höhere Verfügbarkeit sind Zentralgeräte oftmals mit Notstromversorgungen ausgestattet.

Zentralgeräte können kleine 1-Kanal-Geräte zum Anschluss nur eines Transmitters sein, aber auch komplette Schaltschränke mit eingebauten Baugruppenträgern für zahlreiche Einsteckmodule (Eingangs- und Ausgangsmodule) und die Umsetzung einer kundenspezifischen verschaltete Alarmphilosophie. Die Ausgangsmodule enthalten in der Regel 4 oder 8 Relais mit potentialfreien Kontakten.

Die Relaiskontakte können Gegenmaßnahmen (Lüfter an/aus, Lüftungsklappen auf/zu, Gaszufuhr auf/zu, Notabschaltung, usw.) ansteuern. Dazu müssen ggf. Kontakte in redundanten Verschaltungen vervielfältigt werden.



Transmitter

Das Produktprogramm der Dräger-Gasmesstransmitter umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Typen. Eine Auswahl mit dazugehörigen Merkmalen

finden Sie hier. Details zu Transmittern und den Merkmalen können Sie den entsprechenden Produktinformationen entnehmen.

	Dräger PEX 3000	Dräger PIR 3000	Dräger PIR 7000	Dräger Polytron® 5100
				
	D-11160-2011	ST-8840-2005	ST-11659-2007	D-158-2016
Sensortyp	Wärmetönung	Infrarot	Infrarot	Elektrochemisch
Gefährdung	ex	ex	ex	ox, tox
Zündschutzart	»d«, »e«	»d«, »e«	»d«, »e«	»d«, »e«
Ausgangssignal	4-20-mA	4-20-mA	4-20-mA, HART®	4-20-mA
Ex-Zulassungen	-	ATEX, IECEx, UL, CSA	ATEX, IECEx, UL, CSA	ATEX, IECEx, UL, CSA
	Dräger Polytron® 5200	Dräger Polytron® 5310	Dräger Polytron® 5700	Dräger Polytron® 7000
				
	D-32407-2011	D-32406-2011	D-32408-2011	ST-2448-2003
Sensortyp	Wärmetönung	Infrarot	Infrarot	Elektrochemisch
Gefährdung	ex	ex	ex	ox, tox
Zündschutzart	»d«, »e«	»d«, »e«	»d«, »e«	»i«
Ausgangssignal	4-20-mA	4-20-mA	4-20-mA	4-20-mA, HART®, LON, FF, PB
Ex-Zulassungen	ATEX, IECEx, UL, CSA	ATEX, IECEx, UL, CSA	ATEX, IECEx, UL, CSA	ATEX, IECEx, UL, CSA

HART® ist eine eingetragene Marke der HART® Communication Foundation
 FF = FOUNDATION fieldbus™ ist eine eingetragene Marke der Fieldbus Foundation™
 PB = PROFIBUS® ist eine eingetragene Marke von PROFIBUS and PROFINET International (PI)
 PN = PROFINET® ist eine eingetragene Marke von PROFIBUS and PROFINET International (PI)



	Dräger Polytron® 8100	Dräger Polytron® 8200	Dräger Polytron® 8310	Dräger Polytron® 8700
				
Sensortyp	Elektrochemisch	Wärmetönung	Infrarot	Infrarot
Gefährdung	ox, tox	ex	ex	ex
Zündschutzart	»d«, »e« (optionaler Klemmenkasten)	»d«, »e« (optionaler Klemmenkasten)	»d«, »e« (optionaler Klemmenkasten)	»d«, »e« (optionaler Klemmenkasten)
Ausgangssignal	4-20-mA, HART®, Modbus, FF, PB	4-20-mA, HART®, Modbus, FF, PB	4-20-mA, HART®, Modbus, FF, PB	4-20-mA, HART®, Modbus, FF, PB
Ex-Zulassungen	ATEX, IECEx, UL, CSA	ATEX, IECEx, UL, CSA	ATEX, IECEx, UL, CSA	ATEX, IECEx, UL, CSA
				
	Dräger Polytron® SE Ex	Dräger Pulsar 7000 Serie		
Sensortyp	Wärmetönung	Open-path (IR)		
Gefährdung	ex	ex		
Zündschutzart	»d«, »e« (Klemmenkasten)	»d«, »e« (Klemmenkasten)		
Ausgangssignal	mV	4-20-mA, HART®		
Ex-Zulassungen	ATEX, IECEx	ATEX, IECEx		

HART® ist eine eingetragene Marke der HART® Communication Foundation
 FF = FOUNDATION fieldbus™ ist eine eingetragene Marke der Fieldbus Foundation™
 PB = PROFIBUS® ist eine eingetragene Marke von PROFIBUS and PROFINET International (PI)
 PN = PROFINET® ist eine eingetragene Marke von PROFIBUS and PROFINET International (PI)



Zentralgeräte

Hier finden Sie eine Auswahl von Zentralgeräten mit dazugehörigen Merkmalen. Details zu Auswerteeinheiten und den Merkmalen können

Sie den entsprechenden Produktinformationen entnehmen.

	Dräger REGARD 2400/2410	Dräger REGARD 3900 Serie	Dräger REGARD 7000	Dräger REGARD-1
				
Eingangssignal	4-20 mA, mV (SE Ex)	4-20 mA	4-20 mA, HART®, Modbus RTU, mV (SE Ex)	4-20 mA, mV (SE Ex)
Ausgangssignal	4-20 mA, Modbus, PB	4-20 mA, Modbus, PB	4-20 mA, Modbus, PB, PN	4-20 mA
Kanäle	4	16	1536 (logische Kanäle)	1
Montage	Wandgehäuse, Hutschiene	Wandgehäuse	Dockingstation	Wandgehäuse
Konfiguration	PC	Manuell, PC	Dashboard, PC	Manuell

HART® ist eine eingetragene Marke der HART® Communication Foundation
 FF = FOUNDATION fieldbus™ ist eine eingetragene Marke eingetragenes Warenzeichen der Fieldbus Foundation™
 PB = PROFIBUS® ist eine eingetragene Marke von PROFIBUS and PROFINET International (PI)
 PN = PROFINET® ist eine eingetragene Marke von PROFIBUS and PROFINET International (PI)

Nicht alle Produkte, Funktionen oder Dienstleistungen sind in allen Ländern verfügbar.
Genannte Marken sind nur in bestimmten Ländern eingetragen und nicht unbedingt in dem Land, wo dieses Material herausgebracht wurde. Den aktuellen Stand finden Sie unter www.draeger.com/trademarks.

UNTERNEHMENSZENTRALE
Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck, Deutschland

www.draeger.com

DEUTSCHLAND

Dräger Safety AG & Co. KGaA
Revalstraße 1
23560 Lübeck
Tel +49 451 882-0
Fax +49 451 882-2080
info@draeger.com

SCHWEIZ

Dräger Schweiz AG
Waldeggstrasse 30
3097 Liebefeld
Tel +41 58 748 74 74
Fax +41 58 748 74 01
info.ch@draeger.com

ÖSTERREICH

Dräger Austria GmbH
Perfektastraße 67
1230 Wien
Tel +43 1 609 36 02
Fax +43 1 699 62 42
office.austria@draeger.com

Ihren Ansprechpartner vor
Ort finden Sie unter:
www.draeger.com/kontakt

