



ST-18039-2008

Introductie in de draagbare gasmettechnologie

Dräger. Techniek voor het leven.

Gassen – wat is gasvormig materie?

STL-1097-2008

Materie met een temperatuur boven haar kookpunt noemt men gas. Gerelateerd aan de menselijke omgeving (normale omstandigheden) zijn alle substanties waarvan het kookpunt bij normale druk onder 20 °C ligt, gassen. Het lichtste gas is waterstof (H_2 , veertien keer lichter dan lucht), het zwaarste gas (ongeveer tien keer zwaarder dan lucht) is wolframhexafluoride (WF_6).

Onder normale omstandigheden bevat één cm^3 gas ongeveer 30 triljoen moleculen, die zich op een gemiddelde afstand van slechts ongeveer drie nanometer van elkaar bevinden. Ze vliegen met zo'n 100 tot 1000 m/s door de ruimte, maar botsen daarbij elke seconde vele miljarden keren op andere moleculen, zodat ze tussen twee botsingen slechts ongeveer 50 tot 100 nanometer afleggen en daarbij voortdurend van bewegingsrichting veranderen en energie overbrengen naar de botsingspartner.

Zo ontstaat een volledig ongeordende beweging van de moleculen, die macroscopisch meetbaar zijn als temperatuur (gemiddelde bewegingsenergie van alle moleculen) en druk (gemiddelde impuls van alle zich op één vlak bevindende moleculen) resp. uitzetting (volume). Druk, temperatuur en volume staan al naar gelang de externe omstandigheden in een vaste relatie tot elkaar. In de ideale situatie voldoen ze aan de zogenaamde ideale gaswet, d.w.z.

- **bij constante druk veranderen ze hun volume proportioneel ten opzichte van de temperatuur** – bij verwarming zetten ze bijvoorbeeld uit
- **bij constant volume (gesloten vat) verandert hun druk proportioneel ten opzichte van de temperatuur** – zo stijgt bijvoorbeeld de binnendruk van het vat bij verwarming
- **bij constante temperatuur verandert hun druk proportioneel ten opzichte van het volume** – zo stijgt bijvoorbeeld bij samenspieren de binnendruk

De extreem snelle ongeordende beweging van de gasmoleculen is er ook de oorzaak van dat ze zich vrijwillig mengen met andere gassen en nooit meer ontmengen. Ook de voortbeweging van de moleculen in de richting van lagere concentratie (diffusie), die in de gasmeettechnologie een belangrijke rol speelt, is toe te schrijven aan dergelijke eigenschappen van moleculen. In het algemeen geldt: hoe sneller de moleculen zich bewegen (hoe heter het gas is) en hoe lager hun molecuulgewicht is (hoe lichter het gas is), hoe sneller dergelijke processen verlopen.

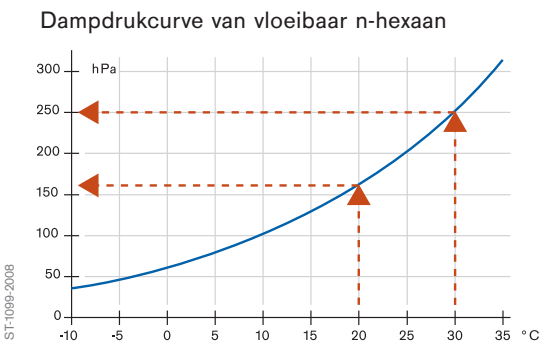
Dampen – zijn dat niet ook gassen?

STL-1098-2008

In tegenstelling tot gassen – daarvan zullen er maar 200 tot 300 zijn – gebruikt men voor de gasvormige toestand van materie onder haar kookpunt het begrip damp. Damp staat altijd in evenwicht met zijn vloeibare (vaak ook vaste) fase – hij condenseert en verdampt al naar gelang de temperatuur. Het bekendste voorbeeld is water: afkoeling 's nachts van vochtige lucht vlak bij de grond zorgt voor grondmist (condensatie) – maar de zonnewarmte in de ochtend lost de mist weer op (verdamping).

In een gesloten vat ontstaat boven het vloeistofoppervlak altijd een maximale dampconcentratie, die afhankelijk is van de vloeistof temperatuur. Microscopisch gezien ontstaat de damp uit de ongeordende beweging van de vloeistofmoleculen en hun vermogen om de oppervlaktespanning te overwinnen en zich met de zich erboven bevindende luchtmoleculen te mengen.

Elke vloeistof heeft een bepaalde kenmerkende dampdruk, die alleen van zijn temperatuur afhangt en de druk van de atmosfeer aanneemt wanneer de vloeistof het kookpunt bereikt. De grafische weergave van deze relatie wordt de dampdrukcurve genoemd. Hieruit kan de bij een gegeven temperatuur maximaal mogelijke dampconcentratie worden afgeleid.



Wanneer de maximaal mogelijke dampdruk door de omgevingsdruk wordt gedeeld, resulteert dit in de verzadigingsconcentratie in Vol-%. Voor hexaan betekent dit bij 20 °C (dampdruk 162 hPa) en een omgevingsdruk van 1000 hPa een maximaal mogelijke concentratie van 16,2 Vol-%.

Dampen – zijn dat niet ook gassen?

Onze atmosfeer

Onze atmosfeer strekt zich – bij een steeds verder afnemende dichtheid – uit tot ver in het heelal. De blauwe kleur van de hemel ontstaat in de atmosfeer door verstrooiing van het zonlicht op de luchtmoleculen, maar vanaf ongeveer 21 km hoogte is de hemel al zwart. Als de atmosfeer op de constante druk van 1013 hPa zou worden gebracht, dan was deze 8 km en was de UV-absorberende stratosferische ozonlaag slechts 3 mm dik.

Kenmerkende samenstelling van de atmosfeer van de aarde in ppm:

Gas	Samenstelling	
	Droog	Vochtig
Hoofdgassen		
N ₂ – Stikstof	780 840	768 543
O ₂ – Zuurstof	209 450	206 152
H ₂ O – Waterdamp	0	15 748
Ar – Argon	9 340	9 193
CO ₂ – Kooldioxide	340	335
Spoorgassen		
Ne – Neon	18	18
He – Helium	5	5
CH ₄ – Methaan	1,8	1,8
Kr – Krypton	1,1	1,1
H ₂ – Waterstof	0,5	0,5
N ₂ O – Lachgas	0,3	0,3
CO – Koolmonoxide	0,09	0,09
Xe – Xenon	0,09	0,09
O ₃ – Ozon	0,07	0,07
Overige spoorgassen	3,05	3,0
Totaal	1000 000	1000 000

1 Vol-% = 10 000 ppm; aanname voor vochtige lucht: 68 % r.v. bij 20 °C

De atmosfeer van de aarde heeft een massa van zo'n vijf biljard ton ($5,235 \cdot 10^{18}$ kg), die op het aardoppervlak van $0,507 \cdot 10^{15}$ m² drukt. Daardoor ontstaat op het aardoppervlak een luchtdruk van 10325 kg/m², hetgeen overeenkomt met onze normale druk van 1013 hPa. De luchtdruk neemt af naarmate de hoogte toeneemt:

Hoogte	Luchtdruk
-1000 m	1148 hPa
- 500 m	1078 hPa
0 m	1013 hPa
500 m	952 hPa
1000 m	900 hPa
1500 m	840 hPa

Hoogte	Luchtdruk
2000 m	795 hPa
3000 m	701 hPa
4000 m	616 hPa
5000 m	540 hPa
6000 m	472 hPa
8000 m	356 hPa

Omdat bij een lagere luchtdruk minder moleculen in het volume aanwezig zijn, is het meetresultaat van partiële druk metende sensoren altijd afhankelijk van de luchtdruk.

Terwijl stikstof, dat voor meer dan 78 Vol-% in de atmosfeer aanwezig is, volledig inert is en ondanks het overschot in deze vorm niet eens beschikbaar is voor planten als dringend benodigde mest, is het zeer reactieve zuurstof de basis van onze ademhaling, meer nog: de basis van vrijwel alle leven.

In de atmosfeer is niet meer dan 21 Vol-% zuurstof aanwezig. Zuurstofgebrek is levensbedreigend – en door de neus niet waarneembaar.

Over het algemeen ontstaat **zuurstofgebrek** door het vrijkomen van een inert gas en de zuurstofverdringing die daaruit voortvloeit. Omdat de atmosfeer voor ongeveer een vijfde uit zuurstof bestaat, neemt de zuurstofconcentratie ook met slechts een vijfde van de concentratie van het inerte gas af. Als er bijv. 10 Vol-% helium vrijkomt in de omgevingslucht, daalt de zuurstofconcentratie met 2 Vol-% en de stikstofconcentratie met 8 Vol-%. Omdat in de industrie vaak vloeibare stikstof (-196 °C) wordt gebruikt, kan bij de verdamping daarvan snel een gevaarlijk zuurstofgebrek ontstaan.

Verhoogde zuurstofconcentraties (bijv. meer dan 25 Vol-%) kunnen door de mens niet worden waargenomen, maar hebben aanzienlijke consequenties voor de ontvlambaarheid van materialen, tot zelfontbranding aan toe.

Ook de explosieveiligheid is uitsluitend gebaseerd op de zuurstofconcentratie in de atmosfeer.

Maar wanneer wordt het gevaarlijk?

Zuurstofconcentratie in Vol-%	Partiële druk zuurstof in hPa	Symptomen
Lager dan 17	Lager dan 170	Neigend naar gevaar door zuurstofgebrek
11 tot 14	110 tot 140	Ongemerkte vermindering van de fysieke en geestelijke vermogens
8 tot 11	80 tot 110	Gevaar voor bewusteloosheid zonder voorafgaande waarschuwing na een bepaalde tijdspanne
6 tot 8	60 tot 80	Bewusteloosheid binnen enkele minuten, reanimatie mogelijk indien onmiddellijk gestart
Lager dan 6	Lager dan 60	Onmiddellijke bewusteloosheid



ST-11289-2008

Gassen en dampen zijn haast altijd gevaarlijk! Wanneer gas-
sen niet de ons vertrouwde en inadembare atmosferische
samenstelling hebben, is de veilige ademhaling in gevaar.
Sterker nog: alle gassen zijn in potentie gevaarlijk, zowel in
vloeibare, gecompriëerde als normale toestand – doorslag-
gevend is alleen de concentratie ervan.

In principe zijn er drie gevarencategorieën

- **Explosiegevaar (Ex)** door brandbare gassen
- **Zuurstof(Ox)**
Gevaar voor verstikking door zuurstofgebrek
Brandgevaar door zuurstofoverschot
- **Vergiftigingsgevaar (Tox)** door toxische gassen

Zonder hulpmiddelen is de mens niet in staat dergelijke gevaren
tijdig genoeg te herkennen om nog tegenmaatregelen te kunnen
treffen. En onze neus is als waarschuwingsinstrument op een
enkele uitzondering na hoogst onbetrouwbaar gebleken.

Zwavelwaterstof bijvoorbeeld is in zeer geringe concentratie alleen
nog door de geur van rotte eieren waarneembaar, maar dodelijke
concentraties van zwavelwaterstof kan de neus niet meer waarne-
men. Door het vluchten naar de vermeend gevaarlose, namelijk
reukloze zone, zijn alle vele dodelijke ongevallen gebeurd.

Ook onschadelijke gassen zoals argon, helium of stikstof zijn
gevaarlijk wanneer door het plotseling vrijkomen ervan de van
levensbelang zijnde zuurstof wordt verdrongen. Verstikkingsgevaar!
Een zuurstofconcentratie van minder dan 6 Vol-% is dodelijk.
Zuurstofoverschot vergroot het brandgevaar, tot zelfontbranding van
brandbare materialen aan toe.

Brandbare gassen en dampen kunnen bij ontbranding niet alleen
aanzienlijk schade aan installaties veroorzaken, maar ook mensenle-
vens in gevaar brengen.

Ex-Ox-Tox gevaren moeten op een betrouwbare manier worden
gedetecteerd en door passende maatregelen moeten mensenlevens,
installaties en het milieu worden beschermd.

Of het nu gaat om Drägerbuisjes of draagbare gasmeetinstrumen-
ten – Dräger biedt individueel op u afgestemde oplossingen om
gasgevaren professioneel tegemoet te treden.

Toxische gassen en dampen

De toxiciteit van industrieel gebruikte gassen en dampen wordt in laboratoriumtests door bepaling van de LC₅₀ waarde vastgelegd. Op basis hiervan en van andere wetenschappelijke en bedrijfsgeneeskundige onderzoeken worden door de Commissie voor gevaarlijke stoffen (AGS, Ausschuss für Gefahrstoffe) werkpleklimieten opgesteld, die wettelijk bindend zijn.

Een dergelijke luchtgrenswaarde betekent dat een persoon geen schade aan de gezondheid ondervindt, wanneer hij gedurende zijn volledige werkzame leven geen hogere gasconcentraties dan die van de grenswaarde inademt – die evenwel moet zijn gewaarborgd.

De concentraties van dergelijke grenswaarden bestrijken zeven decimale potenties*:

Grenswaarde	Geselecteerde substanties waarvoor deze grenswaarde geldt
5000 ppm	Kooldioxide
1000 ppm	Propaan, Butaan
500 ppm	Aceton
200 ppm	Methylethylketon (MEK)
100 ppm	Butanol
50 ppm	n-Hexaan, Toluëen

20 ppm	Acetonitril
10 ppm	Chloorbenzeen
5 ppm	Diethylamine
1 ppm	1.1.2.2-Tetrachloorethaan
500 ppb	Chloor
200 ppb	Methylchloorformiaat
100 ppb	Chloordioxide
20 ppb	Fosgeen
10 ppb	Methylisocyanaat

*Stand 2009

T+ zeer giftig LC₅₀ < 0,5 g/m³

Arsenwaterstof, boortrichloride, boortrifluoride, broom, blauwzuur, diboraan, fluor, fluorwaterstof, ozon, fosgeen, fosforwaterstof, zwaveltetrafluoride, zwavelwaterstof, stikstofdioxide, stikstofmonoxide, wolframhexafluoride

T giftig LC₅₀ = 0,5 ... 2,0 g/m³

Acetonitril, ammoniak, benzeen, chloor, chloorwaterstof, dicyaan, koolmonoxide, methanol, methylbromide, zwaveldioxide, zwavelkoolstof, stikstoftrifluoride

Die LC₅₀ (LC staat voor "lethal concentration" = dodelijke concentratie) is de gasconcentratie in lucht, door de inademing waarvan binnen een bepaalde tijd (meestal vier uur) 50% van de proefdieren (meestal witte laboratoriumratten) is gestorven.

Brandbare gassen en dampen

Brandbare gassen zijn gevaarlijker naarmate hun laagste explosiegrens (LEL, Lower Explosion Limit) lager ligt. Brandbare dampen zijn gevaarlijker naarmate hun vlampunt lager ligt. Het vlampunt wordt gedefinieerd op basis van de temperatuurafhankelijke dampdruk en de LEL.

Damp	LEL Vol-%	LEL g/m ³	Vlampunt in °C	Damp- druk bij 20 °C in mbar	Ontbran- dingstemp- eratuur in °C
Aceton	2,5	60,5	< -20	246	535
Acrylnitril	2,8	61,9	-5	117	480
Benzeen	1,2	39,1	-11	100	555
n-Butanol	1,7	52,5	35	7	325
n-Butylacetaat	1,2	58,1	27	11	390
n-Butylacrylaat	1,2	64,1	37	5	275
Chloorbenzeen	1,3	61,0	28	12	590
Cyclohexaan	1,0	35,1	-18	104	260
Cyclopentaan	1,4	40,9	-51	346	320
1.2-Dichloorethaan (EDC)	6,2	255,7	13	87	440
Diethylether	1,7	52,5	-40	586	175
1.4-Dioxaan	1,9	69,7	11	38	375
Epichloorhydrine	2,3	88,6	28	16	385
Ethanol	3,1	59,5	12	58	400
Ethylacetaat	2,0	73,4	-4	98	470
Ethylbenzeen	1,0	44,3	23	10	430
n-Hexaan	1,0	35,9	-22	160	240
Methanol	6,0	80,0	9	129	440
1-Methoxy-2-propanol	1,8	67,6	32	12	270
Methylethylketon (MEK)	1,5	45,1	-10	105	475
Methylmethacrylaat	1,7	70,9	10	40	430
n-Nonaan	0,7	37,4	31	5	205
n-Octaan	0,8	38,1	12	14	205
n-Pentaan	1,4	42,1	-40	562	260
i-Propanol (IPA)	2,0	50,1	12	43	425
Propyleenoxide	1,9	46,0	-37	588	430
Styreen	1,0	43,4	32	7	490
Tetrahydrofuraan (THF)	1,5	45,1	-20	200	230
Tolueen	1,1	42,2	6	29	535
Xyleen (isomerenmengsel)	1,0	44,3	25	7	465

Gas	LEL Vol-%	LEL g/m ³	Ontstekings- temperatuur in °C
Acetyleen	2,3	24,9	305
Ammoniak	15,4	109,1	630
1.3-Butadieen	1,4	31,6	415
i-Butaan	1,5	36,3	460
n-Butaan	1,4	33,9	365
n-Buteen (butyleen)	1,2	28,1	360
Dimethylether	2,7	51,9	240
Ethen (ethyleen)	2,4	28,1	440
Ethyleenoxide	2,6	47,8	435
Methaan	4,4	29,3	595
Methylchloride	7,6	159,9	625
Propaan	1,7	31,2	470
Propeen (propyleen)	1,8	31,6	485
Waterstof	4,0	3,3	560

Alleen brandbare vloeistoffen hebben een vlampunt.

Voor brandbare gassen is er per definitie geen vlampunt.

LEL en preventieve explosieveilgheid

Brandbare gassen en dampen kunnen met lucht ontbrandbare mengsels vormen, maar daarvoor moet de verhouding tussen het brandbare gas en de zuurstof (resp. lucht) binnen bepaalde grenzen liggen.

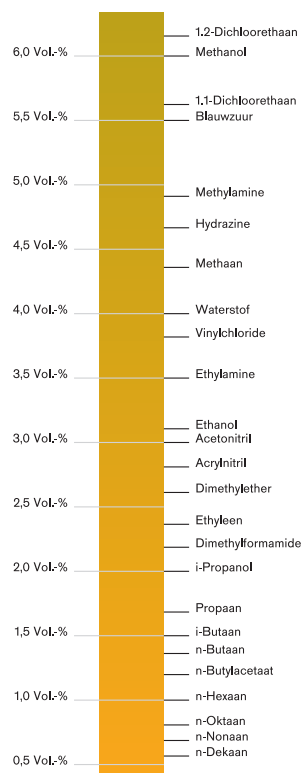
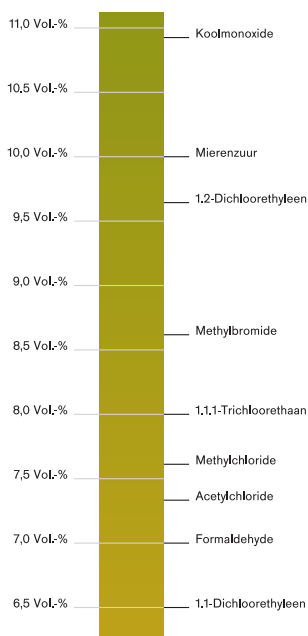
De onderste explosiegrens (LEL) is als volgt gedefinieerd: bij een bepaalde, in Vol-% aangegeven concentratie van brandbaar gas ontbrandt het mengsel brandbaar gas-lucht onder genormeerde omstandigheden en brandt het zelfstandig verder. De LEL van alle bekende brandbare gassen en dampen ligt in het bereik van ongeveer 0,5 tot 15 Vol-%. De LEL voor waterstof-lucht-mengsels bijvoorbeeld ligt bij 4 Vol-%. Hieruit volgt dat een testgas met 2 Vol-% waterstof in lucht per definitie niet ontbrandt.

Concentratiebegrenzing

Dit gedrag heeft een belangrijke consequentie voor de explosieveilg-

heid in de praktijk: wanneer een brandbaar gas onder de LEL niet kan ontbranden, is beveiliging tegen explosies mogelijk door de gasconcentratie continu te meten en er door passende maatregelen voor te zorgen dat bijv. nooit de helft van de LEL (50 %LEL) wordt overschreden.

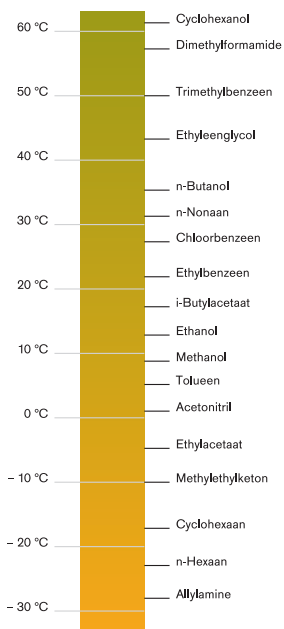
Deze methode van preventieve explosieveilgheid wordt vaak als primaire maatregel omschreven: niet de ontbranding, maar reeds de vorming van een atmosfeer waar explosiegevaar bestaat, wordt betrouwbaar voorkomen. De concentratiemeting wordt hierbij bij voorkeur uitgevoerd met infrarood- of katalytische verbrandingssensoren, die voor dit doel moeten voldoen aan bepaalde veiligheidstechnische eisen.



Vlampunt brandbare vloeistoffen

Men heeft het weliswaar over brandbare vloeistoffen, brandbaar is echter niet de vloeibare toestand, maar uitsluitend de damp, want alleen die kan met zuurstof in de lucht een brandbaar mengsel vormen. De vluchtigheid van de damp en de onderste explosiegrens (LEL) ervan is een maat voor het potentiële gevaar. Dit wordt beschreven door het zogenaamde vlampunt.

Om überhaupt te kunnen ontbranden, moet de concentratie van de damp boven het vloeistofoppervlak de LEL overschrijden. Of dat al dan niet gebeurt, hangt af van de hoeveelheid damp die ontstaat. Hiervoor is de zogenaamde dampdruk verantwoordelijk, die afhangt van de vloeistoftemperatuur. Dit gedrag wordt veiligheidstechnisch beschreven door het vlampunt (F). Het vlampunt is de temperatuur waarbij zoveel damp wordt gevormd, dat het damp-luchtmengsel in genormeerde apparatuur tot ontbranding kan worden gebracht (en zelfstandig verder brandt). Als het vlampunt van een brandbare vloeistof boven 50 °C ligt, kan die bij temperaturen van 30 °C per definitie niet tot ontbranding worden gebracht.



Diesel (F > 55 °C) kan niet met een lucifer tot ontbranding worden gebracht, maar autobenzine wel (F < -20 °C)!

Hieruit volgt dat brandbare vloeistoffen gevaarlijker zijn naarmate hun vlampunt lager ligt. Omdat dampen van brandbare vloeistoffen onder hun vlampunt niet kunnen ontbranden, kan preventieve explosieveiligheid ook bestaan uit het gebruik van vloeistoffen waarvan het vlampunt duidelijk hoger is dan de omgevingstemperatuur. Dit wordt in de praktijk ook vaak gedaan, maar heeft als nadeel dat voor de verdamping van dergelijke vloeistoffen, wanneer ze als oplosmiddel worden gebruikt, veel energie moet worden gebruikt. Gassen hebben per definitie geen vlampunt, omdat ze onder normale omstandigheden niet in vloeibare vorm aanwezig zijn.

Concentratiegegevens en de omrekening ervan

Concentraties worden aangegeven als gehalte van een substantie in een referentiesubstantie. Voor de meting van schadelijke stoffen in de lucht wordt voor de hoeveelheid van de substantie een concentratie gebruikt die betrekking heeft op de lucht. Om eenvoudig hanteerbare waarden voor het aangeven van de concentratie te krijgen, wordt een passende maat gekozen. Hoge concentraties worden over het algemeen in volumeprocent (Vol-%) aangegeven: 1 deel van een substantie in 100 delen lucht. Lucht bestaat bijvoorbeeld uit 21 Vol-% zuurstof, d.w.z. 100 delen lucht bevatten 21 delen zuurstof. Bij kleine concentraties wordt als maat ppm = parts per million (mL/m^3) of ppb = parts per billion ($\mu\text{L}/\text{m}^3$) gebruikt. De concentratie-aanduiding ppm betekent 1 deel van een substantie in 1 miljoen delen lucht (ter vergelijking: 1 suikerklontje in een tankauto). De aanduiding ppb komt neer op 1 deel van een substantie op 1 miljard delen lucht (ter vergelijking: 5 personen t.o.v. de totale wereldbevolking). De omrekening van deze zeer kleine concentraties in Vol-% is een eenvoudige verhouding:

$$1 \text{ Vol-\%} = 10.000 \text{ ppm} = 10.000.000 \text{ ppb}$$

Naast gasvormige bestanddelen kan de lucht ook "opgeloste" vaste of vloeibare stoffen bevatten, zogenaamde aerosols. Omdat door de geringe grootte van in de lucht aanwezige druppeltjes of deeltjes een volumeaanduiding niet zinvol is, wordt de concentratie van aerosol aangegeven in mg/m^3 .

		Vol-%	ppm	ppb
Vol-% =	$10 \text{ L}/\text{m}^3$ $1 \text{ cL}/\text{L}$	1	10^4	10^7
ppm =	mL/m^3 $\mu\text{L}/\text{L}$	10^{-4}	1	10^3
ppb =	$\mu\text{L}/\text{m}^3$ nL/L	10^{-7}	10^{-3}	1

Omdat elk volume is gerelateerd aan een bijbehorende massa, kan uit zogenaamde volumeconcentraties van gasvormige stof een massaconcentratie worden berekend en omgekeerd. Dergelijke omrekeningen moeten echter worden aangegeven voor een bepaalde temperatuur en een bepaalde druk, omdat de gasdichtheid temperatuur- en drukafhankelijk is. Voor metingen op werkplekken worden als referentieparameters 20°C en 1.013 hPa aangegeven. De omrekening vindt plaats op basis van eenvoudige formules.

		g/L	mg/L	mg/m^3
g/L =	$10 \text{ L}/\text{m}^3$ $1 \text{ cL}/\text{L}$	1	10^3	10^6
mg/L =	mL/m^3 $\mu\text{L}/\text{L}$	10^{-3}	1	10^3
ppb =	$\mu\text{L}/\text{m}^3$ nL/L	10^{-6}	10^{-3}	1

Omrekening van mg/m^3 in ppm

$$C_{[\text{ppm}]} = \frac{\text{molecuulvolume}}{\text{molaire massa}} \cdot C$$

$$C_{[\text{mg}/\text{m}^3]} = \frac{\text{molaire massa}}{\text{molecuulvolume}} \cdot C$$

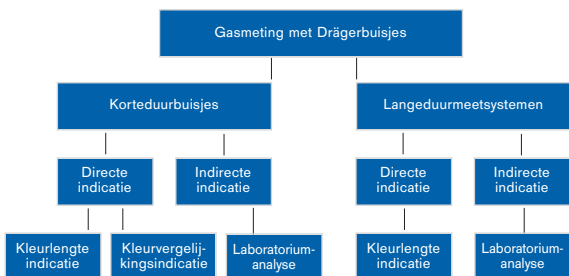
Het molecuulvolume van een willekeurig gas bedraagt $24,1 \text{ L}/\text{mol}$ bij 20°C en 1.013 hPa , de molaire massa van het specifieke gas moet bij elke berekening worden ingevuld.

Drägerbuisjes

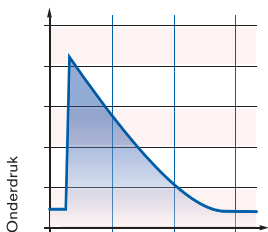


Gasdetectiebuisjes behoren tegenwoordig tot de klassieke meetmethoden voor de gasanalyse. Dit veelzijdige systeem maakt talloze toepassingen mogelijk in de industrie, bij de brandweer en rampenbestrijding, in het laboratorium, bij milieubescherming en op vele andere gebieden.

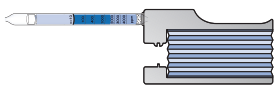
Schematisch kunnen de Drägerbuisjes worden ingedeeld op basis van de volgende criteria:



Het meetstelsel met Drägerbuisjes bestaat uit een Drägerbuisje en een Dräger gasdetectorpomp. Elk Drägerbuisje bevat een zeer gevoelig reagenssysteem, dat altijd nauwkeurige meetresultaten mogelijk maakt wanneer de technische eigenschappen van de gebruikte gasdetectorpomp exact zijn afgestemd op de reactiekinetica van het reagenssysteem in het buisje. Daarom moeten bij een gasdetectorpomp het transportvolume en het tijdsverloop van de volumestroom, de zogenaamde aanzuigkarakteristiek, binnen geringe toleranties zijn afgestemd op het buisje. Deze eisen zijn vastgelegd in internationale en nationale standaarden resp. normen voor testbuisjes, op grond waarvan het gebruik van testbuisjes met een bijpassende gasdetectorpomp van dezelfde fabrikant wordt vereist resp. aanbevolen.



Aanzuigkarakteristiek van de Dräger balgpomp



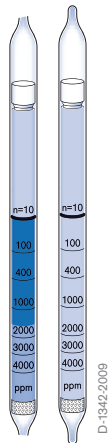
Dräger gasdetectorpomp

Drägerbuisjes met directe indicatie

Dräger korteduurbuisjes met directe indicatie leveren meteen na de meting exacte meetresultaten. Uitvoerige laboratoriumprocedures zijn niet nodig. Een kalibratie door de gebruiker is niet nodig, de kalibratie is al aanwezig in de vorm van een schaal op het buisje. Momenteel zijn er meer dan 220 korteduurbuisjes verkrijgbaar voor de meting van maximaal 500 gassen.

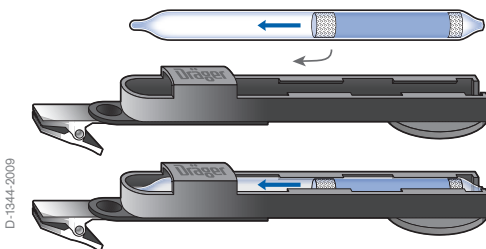
Het principe is verbluffend eenvoudig:

in een gesloten glazen buisje, het Drägerbuisje, bevindt zich op vast dragermateriaal een reagenssysteem, dat bij contact met een bepaald gas of een bepaalde damp reageert door een karakteristieke kleurverandering. Daartoe wordt bijvoorbeeld met de Dräger gasdetectorpomp accuro een gedefinieerde hoeveelheid van de omgevingslucht door het buisje gezogen. De kleinste gashoeveelheden zijn al voldoende voor een kleurreactie. Door de schaal aanduiding op het buisje kan de gebruiker na de meting direct de concentratie van de schadelijke stof vaststellen. Juist bij toepassingen waarbij één meting of een geringere meetfrequentie volstaat, bieden Drägerbuisjes voordelen ten opzichte van elektronische meetinstrumenten, bij relatief lage aanschafkosten en een zeer eenvoudige bedienbaarheid. Ook is het aantal meetbare gassen/dampen een veelvoud van het aantal bij andere meetinstrumenten met directe indicatie.



Langeduurbuisje met directe indicatie

Bij de langeduurbuisje met directe indicatie (diffusiebuisjes) is er geen pomp nodig voor de monsternamming. De moleculen met de schadelijke stof(fen) bewegen zich volgens de eerste Ficksche diffusiewet zogezegd als vanzelf in het buisje. Het concentratieverschil tussen de met de schadelijke stof(fen) belaste omgevingslucht en het inwendige van het buisje is de drijvende kracht voor de molecuulstroom. De pomploze diffusiebuisjes zijn door hun draagcomfort bijzonder geschikt voor metingen op personen. Diffusiebuisjes worden ingezet voor metingen tussen 0,5 tot 8 uur. Het zijn zogenaamde geïntegreerde meetinstrumenten, d.w.z. ze tellen de moleculen met schadelijke stoffen als het ware op en maken het bijvoorbeeld na een ploegendienst mogelijk de gemiddelde waarde van de dienst af te lezen.



Diffusiebuisje met directe indicatie in houder

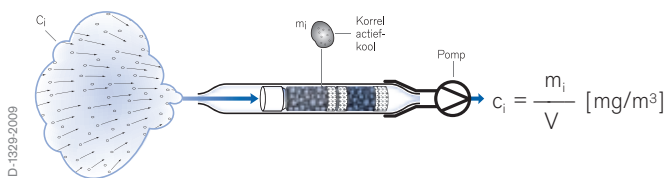
Gedetailleerdere informatie: Drägerbuisjes / CMS handboek en database van gevaarlijke stoffen VOICE op www.draeger.com

Voor de meting van concentraties in sporen (bijv. op kantoor, in de open lucht) of van complexe stofmengsels (bijv. op werkplekken) is een selectieve meting met monsternamesystemen en aansluitende laboratoriumanalyse zeer geschikt. Het analyse-rapport kan worden doorgegeven aan officiële instanties of worden gearhiveerd voor documentatiedoeleinden.

Onderscheid tussen actieve en passieve monstername:

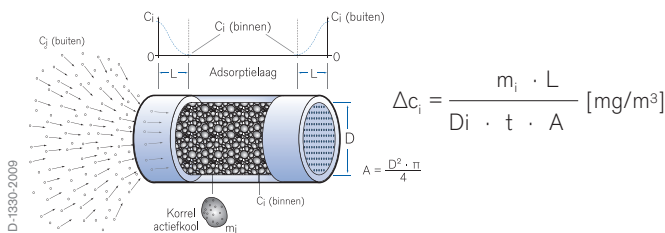
Actieve monstername

Bij de actieve monstername wordt de te onderzoeken lucht met een pomp (bijv. Dräger gasdetectorpomp accuro) door een monsternamebuisje gezogen. De zich in het luchtmonster bevindende adsorbeerbare stoffen worden in het adsorptiemiddel (bijv. actieve koolstof) opgeslagen. De concentratie wordt berekend uit de massa van de schadelijke stof, die bij de analyse is vastgesteld, en het volume van het luchtmonster.



Passieve monstername

Bij de monstername met een diffusiesampler stromen de moleculen met de schadelijke stof uit de omgevingslucht door het diffusietraject en worden bij het bereiken van de adsorptielaag meteen door het adsorptiemiddel geadsorbeerd. De massa van de geadsorbeerde schadelijke stof wordt berekend volgens de eerste Ficksche diffusiewet. Verdere informatie: Drägerbuisjes / CMS handboek en database van gevaarlijke stoffen VOICE op internet.



Drägerbuisjes	Type monstername	Stoffen, stofgroepen die kunnen worden verzameld
Actiefkoolbuisjes	Actief	Alifatische, aromatische koolwaterstoffen, dampen van oplosmiddelen, ester, ketonen, alcoholen, glycolether, fluorkoolwaterstoffen
ORSA monsternamesets	Passief	Alifatische, aromatische koolwaterstoffen, dampen van oplosmiddelen, ester, ketonen, alcoholen, glycolether, fluorkoolwaterstoffen
Silicagelbuisjes	Actief	Sterk polaire organische verbindingen zoals alcoholen, fenolen, cresolen, formaldehyde
Monsternamebuisjes ADS	Actief	Alifatische aminen en dialkylsulfaten
Monsternameset Aldehyde	Actief	Aldehyde, zoals bijv. formaldehyde, acetaldehyde, acroleïne, glutaraldehyde
Monsternameset Isocynaat	Actief	Isocyanaten, zoals bijv. HDI, 2,4 TDI, MDI
Diffusiesampler Lachgas	Passief	Lachgas

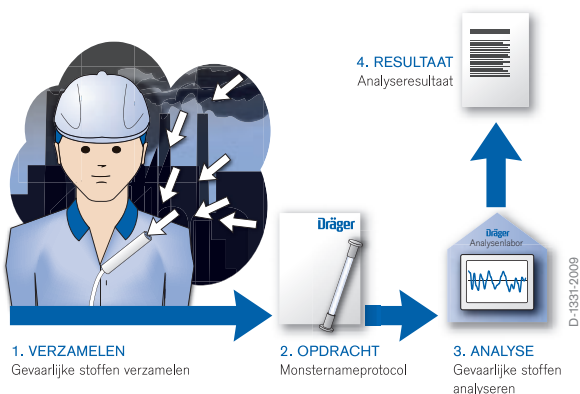
De analyseservice van Dräger is gespecialiseerd in luchtonderzoeken op alle plekken waar schadelijke stoffen (gevaarlijke stoffen) in de lucht kunnen voorkomen. Daartoe behoren:

- werkplekken waar wordt gewerkt met gevaarlijke stoffen
- kantoren en andere binnenruimten (bijv. crèches, woningen, vergaderruimten, vrachtwagencabines enz.), waar de lucht wordt belast door uitstoot uit bouwstoffen of inrichtingsvoorwerpen
- afvoerlucht van industriële bedrijven en industriële installaties
- lucht waarvan de druk gecomprimeerd is, grondlucht in vervuilde bodem
- gassingens uit materiaalmonsters

Zelfstandige monstername

Voor een voordelige en zelfstandige monstername biedt Dräger passende systemen, bestaande uit Dräger pompen, verzamelmedia, monsternameprotocollen en enveloppen voor de analyseservice. Adviezen voor het nemen van luchtmonsters en verdere informatie vindt u op internet: www.draeger.com/Analysenservice. De door de klant opgeslagen verzamelsystemen worden na de monstername

afgesloten en samen met een monsternameprotocol naar de Dräger Analyseservice in Lübeck verzonden.



Luchtonderzoeken op de werkplek door monstername op locatie en aansluitende laboratoriumanalyse

Het Dräger Meetcenter

Het conform DIN EN ISO/IEC 17025 erkende Dräger Meetcenter biedt een complete service voor het management van gevaarlijke stoffen. De dienstverlening bestaat daarbij uit consultancy, meetplanning, uitvoering van de monsternames en metingen op locatie, analyse van de monsters en beoordeling van de resultaten in de vorm van een meetrapport resp. advies.

Met het Dräger Chip Meet Systeem is een nieuwe generatie in de chemische gasmeettechnologie ontstaan. Het Dräger CMS wordt ingezet als meetsysteem voor kwantitatieve bepaling van gas- of dampvormige gevaarlijke stoffen in de lucht. De meting vindt plaats als korteduurmeting, voornamelijk op werkplekken ter bewaking van grenswaarden voor de werkplek, voor procescontrole, voor meting in kanalen, schachten en krappe ruimten enz. Het complete meetsysteem bestaat uit twee hoofdcomponenten:

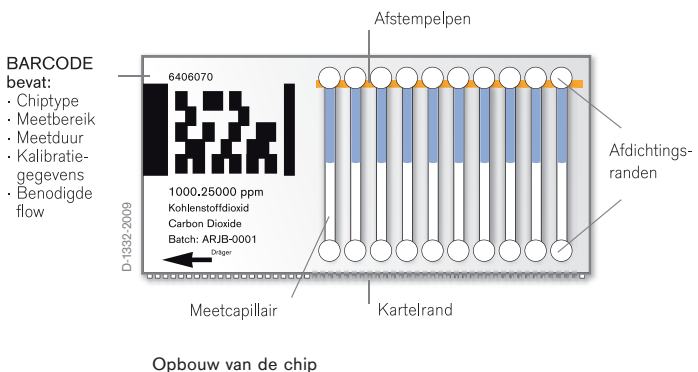
- de substantiespecifieke chip
- de Analyzer voor de analyse van de chips

De chip

Elke chip bevat tien met een chemisch reagenssysteem gevulde capillaire buisjes. In vergelijking met andere meetsystemen bieden chemische reagenssystemen doorslaggevende voordelen. Een belangrijke reden hiervoor is de mogelijkheid om de reagenslaag te voorzien van een of meer voorlagen, om vocht te absorberen, storende substanties tegen te houden of substanties te veranderen in meetbare substanties. Daardoor wordt gegarandeerd dat het meetresultaat stofspecifiek is. De voor de meting benodigde reactieve preparaten bevinden zich tot aan het uitvoeren van de meting in hermetisch afgesloten glazen capillaire buisjes. De chipbehuizing beschermt de capillaire buisjes tegen mogelijke externe mechanische invloeden.

Bij het plaatsen van de chip herkent de Analyzer middels een streepjescode automatisch alle voor de meting benodigde gegevens:

- de te meten substantie
- het meetbereik
- de meetduur
- de parameters van de kalibratiefunctie
- de vereiste flow



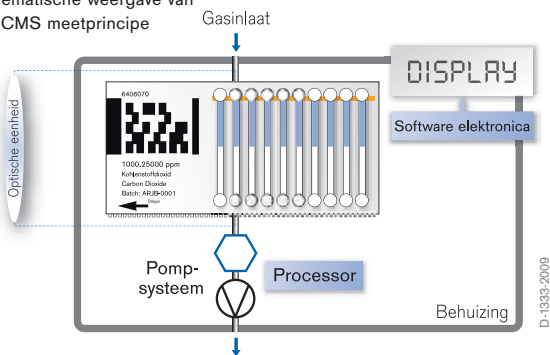
Dräger CMS Analyzer

ST-B40-2004

De Analyzer registreert de ontstane reactieproducten opto-elektronisch en sluit de tekortkomingen van het menselijk oog grotendeels uit. De aanzuigopening voor de te onderzoeken lucht bevindt zich aan de kopse kant van de Analyzer, beschermd tegen stof en andere verontreinigingen.

Nadat het geïntegreerde mechanische systeem een dichte verbinding van het volledige gasleidingssysteem met de geopende capillairen van de chip tot stand heeft gebracht, zuigt een speciaal pompsysteem een constante luchtmassastroom door de capillaire buisjes. Dit pompsysteem bestaat uit een massastroomcontroller, een processor en een kleine membraanpomp. De processor regelt het pompvermogen op basis van de voor de betreffende meting vereiste massastroom. Daardoor worden schommelingen in de omgevingsluchtdruk binnen bepaalde grenzen gecompenseerd. Een correctie van het meetresultaat is niet nodig, of er nu bij de Dode Zee of in de ijle lucht van Mexico City wordt gemeten.

Schematische weergave van het CMS meetprincipe



Het eigenlijke meetprincipe van de CMS is gebaseerd op een concentratie-afhankelijke, d.w.z. dynamische doseermeting. De basis hiervoor wordt gevormd door de chemische reactiekinetica, volgens welke de stijgingsnelheid van de chemische reactie in een capillaire buis concentratie-afhankelijk is. Voor het chipmeetsysteem betekent dit gedefinieerde en korte meettijden. De meettijd is niet constant maar past zich automatisch aan de aanwezige concentratie aan, d.w.z. hoe hoger de concentratie is, hoe korter de meettijd is. Door de constructie van het optische systeem in de Analyzer is het meetsysteem in staat onmiddellijk de stijgingsnelheid van het reactieproduct in de capillaire buisjes vast te stellen en volgens de relatie "concentratie = stijgsnelheid" de meting bij aanwezige hogere concentraties eerder te beëindigen.

Elektrochemische sensoren










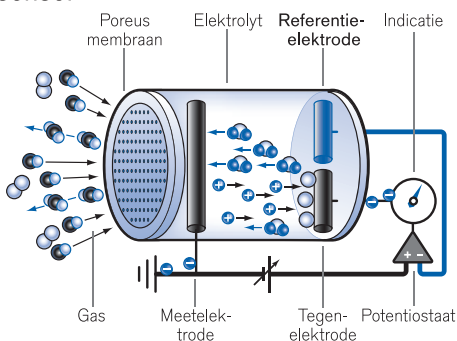
Veel toxische gassen zijn ook sterk reactief en worden onder geschikte omstandigheden chemisch omgezet. De elektrochemische sensor is een microreactor, die bij de aanwezigheid van dergelijke gassen een zeer geringe, maar meetbare stroom opwekt. Net als bij een accu is hier elektrochemie in het spel, want de chemische omzetting produceert elektronen.

Het basisprincipe van een elektrochemische sensor bestaat uit minstens twee elektroden (meet- en tegenelektrode), die op twee manieren contact met elkaar hebben: enerzijds via een elektrisch geleidend medium (elektrolyt, d.w.z. vloeistof als ionengeleider), anderzijds via een extern elektrisch stroomcircuit (elektronengeleider). De elektroden zijn van speciaal materiaal gemaakt en werken katalytisch, zodat bepaalde chemische reacties plaatsvinden op de zogenaamde driefasengrens, waar gas, katalysator en elektrolyt aanwezig zijn. Een sensor met twee elektroden (meet- en tegenelektrode) heeft echter veel nadelen. Als er bijvoorbeeld hogere gasconcentraties optreden, resulteert dat in hogere stromen in de sensor en tot een spanningsval. Door de spanningsval verandert de vooringestelde sensorspanning. Dit kan er weer toe leiden dat er onbruikbare meetsignalen worden afgegeven of in het ergste geval dat de chemische reactie in de sensor tijdens de meting verdwijnt.

Daarom bevatten de Dräger XS- en XXS sensoren een gepatenteerde derde elektrode, de zogenaamde referentie-elektrode, waar geen stroom doorheen loopt en waarvan het potentiaal dan ook constant blijft. De sensorspanning aan de meetelektrode wordt door deze elektrode continu gemeten en kan door de regelversterking van de sensor worden gecorrigeerd. Dit resulteert in een wezenlijk betere meetkwaliteit (bijv. met betrekking tot lineariteitsgedrag en selectiviteit) en in een langere levensduur.

Elektrochemische sensor

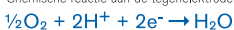
-  **CO molecuul**
Meetgas, dringt in de meetelektrode binnen
-  **CO₂ molecuul**
Reactieproduct, verlaat de meetelektrode
-  **H₂O molecuul**
Bestanddeel van het elektrolyt
-  **H⁺ waterstof-ion**
positief geladen, omdat er een elektron ontbreekt
-  **Zuurstofatoom**
-  **Zuurstofmolecuul**
uit de omgevingslucht
-  **Elektron**



Chemische reactie aan de meetelektrode



Chemische reactie aan de tegenelektrode

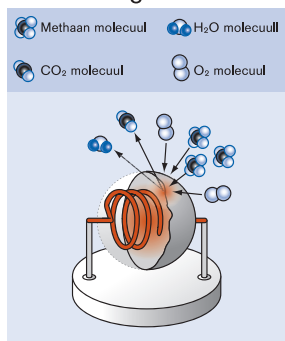


Katalytische verbrandingssensoren

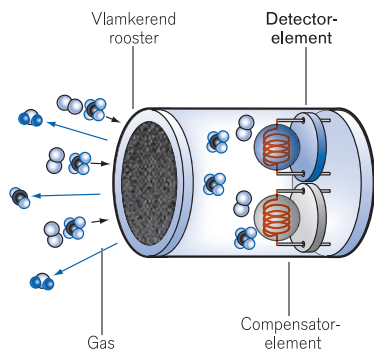
Onder bepaalde omstandigheden kan men brandbare gassen en dampen onder vrijkoming van reactiewarmte met lucht-zuurstof oxideren. Hiertoe wordt gebruikgemaakt van geschikt getemperd katalysatormateriaal, dat door deze reactiewarmte meetbaar warmer wordt. Deze kleine temperatuurverhoging is een maatstaf voor de gasconcentratie.

In een poreuze keramische kogel met een diameter van minder dan 1 mm is een platinaspiraal ingebouwd. Door de platinaspiraal loopt

Katalytische verbrandingssensor



Reactie



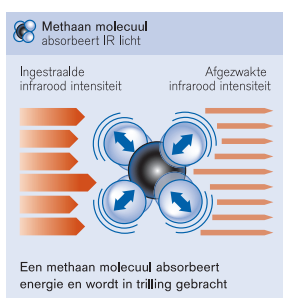
een stroom, die de pellistor tot enkele honderden graden verhit. Als de pellistor geschikt katalysatormateriaal bevat, dan stijgt de temperatuur ervan bij aanwezigheid van brandbare gassen, wat weer resulteert in een weerstandsverhoging van de platinaspiraal. De weerstandsverhoging kan nu elektronisch worden uitgelezen.

Om veranderingen van de omgevingstemperatuur te elimineren, wordt een tweede pellistor gebruikt, die vrijwel dezelfde opbouw heeft, maar niet op gas reageert (bijv. doordat deze pellistor geen katalysatormateriaal bevat). In een Wheatstone-brugschakeling ontstaat op die manier een sensorcircuit dat in hoge mate, onafhankelijk van de omgevingstemperatuur, de aanwezigheid van brandbare gassen en dampen in lucht kan detecteren. Omdat de katalytische verbrandingssensor hete pellistoren bevat, kan de sensor – bij overschrijding van de LEL (onderste explosiegrens) – zelf een ontstekingsbron worden. Door gebruik van een metalen sinterschijf wordt dit voorkomen. Als het binnen de katalytische verbrandingssensor tot een ontbranding komt, houdt de sensor stand tegen de explosiedruk en wordt de vlam door de sinterschijf afgekoeld tot onder de ontstekingstemperatuur van het gas. Zo wordt ervoor gezorgd dat de vlam niet doorslaat naar de buitenruimte.

Alle gassen absorberen straling op karakteristieke wijze, enkele zelfs in het zichtbare bereik (golflengte 0,4 tot 0,8 micrometer), daarom is chloor geelgroen, broom en stikstofdioxide bruin, jodiumdamp violet, enz., zichtbaar maar helaas alleen in hoge (dodelijke) concentraties.

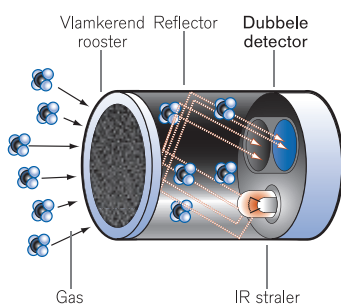
Koolwaterstoffen daarentegen absorberen straling in een zeer specifiek golflengtebereik, ongeveer van 3,3 tot 3,5 micrometer. Dit kan meettechnisch worden benut, want lucht, d.w.z. zuurstof, stikstof en argon absorberen in dit bereik niet. In een vat dat gasvormige koolwaterstof zoals bijv. methaan of propaan bevat, wordt de intensiteit van ingestraald infrarood licht afgezwakt, en deze afzwakking is afhankelijk van de gasconcentratie.

IR sensor



D-1336-2009

Reactie



Lucht: infrarood gaat er onverzwakt doorheen – intensiteit blijft gelijk

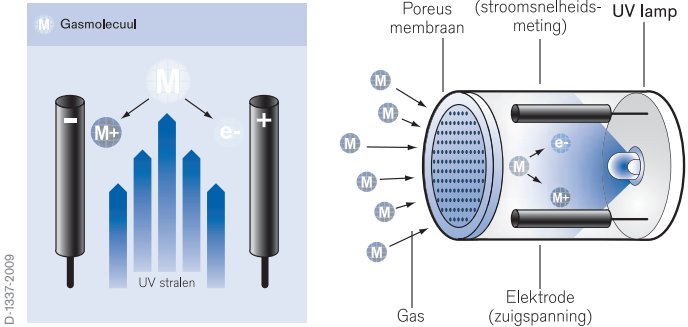
Gas (bijv. methaan): infrarood gaat er afgezwakt doorheen – intensiteit neemt af al naar gelang de concentratie methaan. Dit is het principe van een infrarood meetinstrument, waar de IR sensoren van Dräger gebruik van maken. Brandbare gassen en dampen zijn meestal koolwaterstoffen, en koolwaterstoffen zijn bijna altijd aan de hand van hun kenmerkende IR absorptie detecteerbaar.

Functieprincipe: de te bewaken omgevingslucht wordt door diffusie of een pomp in de meetcuvet geleid. Vanaf de straler wordt breedbandige straling via een venster in de cuvet geleid, door de spiegelwanden gereflecteerd en valt door een tweede venster op de dubbele detector. Deze bestaat uit een meet- en referentiedetector. Bevat het gasmengsel een aandeel van koolwaterstoffen, dan wordt een deel van de straling geabsorbeerd en levert de meetdetector een geringer elektrisch signaal. Het signaal van de referentiedetector blijft daarbij onveranderd. Fluctuaties in de prestaties van de straler, vervuiling van de spiegel en van de vensters, alsmede storingen door stof- of aerosolbelasting van de lucht werken in dezelfde mate op beide detectoren in en worden volledig gecompenseerd.

Veel brandbare gassen en dampen hebben op de mens een giftige werking, lang voordat ze de onderste explosiegrens (LEL) bereiken. Daarom vormt een aanvullende meting van vluchtige organische substanties in het ppm bereik met een PID sensor een ideale aanvulling op de bescherming van personen op de werkplek.

Via de gasinlaat wordt lucht aangezogen en naar de meetkamer geleid. Daar genereert een UV lamp fotonen, die bepaalde moleculen van de gasstroom ioniseren.

PID sensor



Voor de ionisering van de permanente gassen in de lucht, zoals edelgassen, stikstof, zuurstof, kooldioxide en waterdamp, is een naar

verhouding hoge energie nodig, daarom storen deze gassen de meting van de schadelijke stoffen niet. De meeste als schadelijke stoffen bekende organische substanties (bijv. koolwaterstoffen) worden geïoniseerd en blootgesteld aan het elektrische veld tussen de elektroden van de meetkamer. De sterkte van de stroom die ontstaat is rechtstreeks gerelateerd aan de concentratie van geïoniseerde moleculen in de detectorkamer. Zo kan een uitspraak worden gedaan over de concentratie van de schadelijke stof in de lucht.

Ionisatie energie en UV lampen

De ionisatie energie wordt aangegeven in elektronvolt (eV) en geeft aan hoeveel energie er nodig is om een molecuul in geïoniseerde (geladen) toestand te brengen. Deze ionisatie energieën zijn stofspecifieke gegevens zoals kookpunt of dampdruk. Om een substantie te ioniseren, moet de ionisatie energie van de te meten substantie kleiner zijn dan de fotonenenergie van de in de PID gebruikte lamp. Er zijn twee gangbare types lampen, de 10,6-eV lamp en de 11,7-eV lamp. Een PID is daardoor geschikt voor de detectie van groepen schadelijke stoffen, maar kan bij een passende kalibratie ook worden ingezet voor de meting van een individuele substantie.

Doorslaggevend voor de herkenning van gasgevaaren is de keuze van het juiste meetprincipe. Elk meetprincipe heeft zijn sterke kanten en grenzen en is geoptimaliseerd voor bepaalde gasgroepen (brandbare/toxische gassen en zuurstof).

Een belangrijke vraag is daarom welke gassen/dampen op werkplekken voorkomen. In het algemeen kunnen de volgende gasgevaaren worden onderscheiden:

Explosierisico (Ex gevaar)

- Overal waar brandbare gassen of dampen voorkomen, is sprake van verhoogd explosierisico. Kenmerkende gebieden hiervoor zijn: mijnbouw, raffinage, chemische industrie en nog veel meer. Hier worden infrarood- en katalytische verbrandingssensoren ingezet. Deze sensoren detecteren normaliter gasconcentraties in het bereik van de onderste explosiegrens, maar ze zijn deels ook voor het 100 Vol-% bereik inzetbaar.

Zuurstofgebrek/zuurstofoverschot

- Zuurstofgebrek is levensbedreigend. Zuurstofoverschot is van invloed op de ontvlambaarheid van materialen, tot zelfontbranding aan toe. Meestal worden voor het meten van zuurstof elektrochemische sensoren gebruikt. De meetbereiken liggen tussen 0 – 25 Vol-% tot 100 Vol-%. Maar ook Drägerbuisjes en CMS zijn hier inzetbaar.

Giftigheid (tox-gevaar)

- Toxische stoffen kunnen overal voorkomen. Bij industriële productie- en verwerkingsprocessen, bij transport (spoor, weg, water), bij onvolledige verbranding (CO), maar ook bij natuurlijke processen zoals rottings- en ontbindingsprocessen bij de afbraak van biomassa.

Voor de detectie van toxische gassen kunnen verschillende meetprincipes worden gebruikt.

- Drägerbuisjes
- CMS
- Elektrochemische sensoren
- PID sensoren

Welk principe het juiste is voor een bepaalde toepassing, hangt af van andere factoren, bijvoorbeeld:

- Welke andere gevaarlijke stoffen zijn nog meer aanwezig (kruisgevoeligheid)
- Is het noodzakelijk de gevaarlijke stoffen selectief te meten of is de meting van een totale parameter zinvoller
- Moet er een korteduurmeting, langeduurmeting of continue meting worden uitgevoerd
- Zijn bij het overschrijden van grenswaarden waarschuwings- en alarmfuncties noodzakelijk, enz.

De eisen aan draagbare gasmeetinstrumenten lopen sterk uiteen. De uiteenlopendste inzetgebieden vereisen, al naar gelang de heersende gebruiksomstandigheden, een aan de meettaak aangepaste oplossing.

In het algemeen kunnen de volgende inzetgebieden worden onderscheiden:

Metingen bij personen

- De instrumenten moeten de drager waarschuwen voor gasgevaren in zijn onmiddellijke werkomgeving. Ze worden daarom meestal rechtstreeks op de werkkleding gedragen. De basiseisen aan dergelijke instrumenten zijn daarom: hoog draagcomfort, robuustheid en betrouwbaarheid. Voor deze meettaak zijn continu metende meetinstrumenten voor één gas of meerdere gassen geschikt. Voor korteduurmetingen (spotmeting) kunnen ook Drägerbuisjes of CMS worden gebruikt.

Gebiedsbewaking

- Hierbij gaat het erom een gebied te bewaken waarin een of meerdere personen actief zijn. Het instrument wordt op een centrale positie opgesteld, zodat de werkzone optimaal kan worden bewaakt. Robuustheid, stabiliteit en een extreem goede waarneming van alarmsignalen (optisch en akoestisch) zijn hier de basiseisen. Daarbij worden continu metende meetinstrumenten voor meerdere gassen gebruikt.

Betreden van krappe ruimten

- Voor onderhouds- of reparatiewerkzaamheden is het vaak noodzakelijk zogenaamde krappe ruimten (confined spaces) te betreden. Door de krapte van de ruimte, de ontbrekende ventilatie en de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen is het gevarenpotentieel in deze werkzones bijzonder hoog. Voordat dergelijke werkzones mogen worden betreden, is altijd een vrijgavemeting nodig. Meetinstrumenten voor meerdere gassen met bijbehorende pomp en toebehoren zoals slangen en sondes worden hiervoor gebruikt. Na een succesvolle vrijgave kunnen dezelfde instrumenten vervolgens worden gebruikt voor de continu meting van personen bij de werkzaamheden in de krappe ruimten. Voor spotmetingen zijn ook Drägerbuisjes en CMS geschikt.

Lekopsporing

- Lekkages kunnen overal optreden waar gassen of vloeistoffen worden opgeslagen of getransporteerd. Het is van belang deze snel te ontdekken om middels passende maatregelen schade voor de mens, het milieu en de installatie te voorkomen. Meetinstrumenten met een bijbehorende pomp moeten snelle reactietijden hebben om ook zeer kleine veranderingen in concentraties te kunnen detecteren. Een grote betrouwbaarheid is daarom de minimumeis voor deze meetinstrumenten.

Enkelvoudige gasmeetinstrumenten

Als het gevaar door toxische gassen of dampen kan worden beperkt tot één gas of één geleidingscomponent, zijn enkelvoudige gasmeet- en waarschuwingsinstrumenten de ideale oplossing voor persoonsgebonden meting op de werkplek. Ze zijn klein, robuust en ergonomisch. De instrumenten worden normaliter rechtstreeks op de werkkleding in de buurt van de ademhalingszone gedragen zonder daarbij de bewegingsvrijheid van de drager te beperken. De instrumenten bewaken continu de omgevingslucht en geven een alarmsignaal (optisch, akoestisch en door vibratie) wanneer de gasconcentratie een vooraf op het instrument ingestelde alarmgrens overschrijdt. Daardoor kunnen de betrokkenen direct op gevaren reageren wanneer tijdens normale werkzaamheden storingen ontstaan of wanneer bij onderhouds- en reparatiewerkzaamheden onvoorziene gebeurtenissen plaatsvinden.



Dräger Pac 3500 – 7000

De Pac 3500 – 7000 familie is voorzien van XXS sensoren, geminiaturiseerde elektrochemische sensoren, die een kleiner ergonomisch instrumentdesign mogelijk maken. De sensor bevindt zich direct achter een verwisselbaar stof- en waterfilter, dat de sensor beschermt tegen omgevingsinvloeden en desondanks een nauwelijks waarneembare invloed op de reactietijden heeft. Naast nauwkeurigheid en betrouwbaarheid speelt de reactietijd een doorslaggevende rol. De zogenaamde t_{90} tot t_{20} tijden geven aan hoe snel de sensor op veranderingen in de gasconcentratie reageert. Door de snelle reactietijd en het zeer korte diffusietraject reageren deze sensoren bliksemsnel en geven ze een optredend gasgevaar onmiddellijk aan. Het elektrische signaal van de sensor wordt met behulp van elektronica en software in een concentratie-indicatie op het display weergegeven. In het instrument zijn alarmwaarden opgenomen (A1 = vooralarm / A2 = hoofdalarm). Als de gasconcentraties deze alarmwaarden overschrijden, geeft het instrument een akoestisch, optisch en vibratiealarm af. Robuustheid en Ex veiligheid zijn twee andere essentiële factoren voor de keuze van het juiste gasmeetinstrument.

Dräger Pac III

Hier komen de XS sensoren, de "Smart" sensoren, om de hoek kijken. Alle relevante gegevens, zoals kalibratiegegevens, zijn opgeslagen in het eigen EPROM van de sensor. Daardoor is een snelle plug-and-play wissel tussen Dräger PAC III en bijv. Dräger X-am 7000 instrumenten mogelijk.

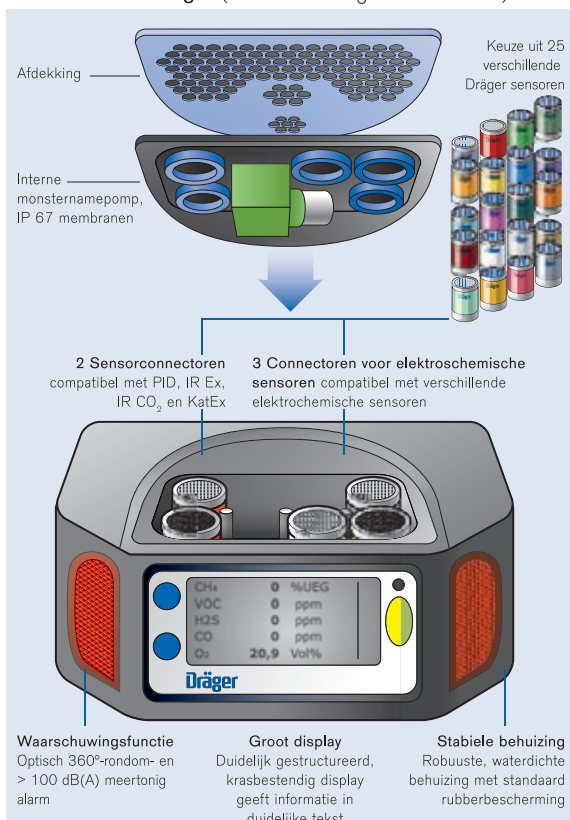
Meervoudige gasmeetinstrumenten

ST-7070-2005

Als in een werkzone verschillende gevaarlijke stoffen voorkomen (Ex-Ox-Tox), verdient het gebruik van continu metende meervoudige gasmeetinstrumenten aanbeveling. Ze bieden de mogelijkheid gebruik te maken van verschillende meetprincipes (infrarood-, katalytische verbrandings-, PID- en elektrochemische sensoren) in één instrument en daardoor de sterke punten van de verschillende meetprincipes te benutten.

De samenstelling van de sensoren hangt af van de betreffende toepassing. Zo kunnen er gelijktijdig en continu maximaal 6 gasen worden gemeten. Naast het gebruik voor de persoonsgebonden meting of gebiedsbewaking, worden meervoudige gasmeetinstrumenten gassen door toepassing van optionele toebehoren ook gebruikt voor vrijgavemetingen en lekkageopsporing. Tot de meervoudige gasmeetinstrumenten behoren de Dräger X-am 2000 / X-am 3000 / X-am 5000 / X-am 5600 en X-am 7000.

Gasmeettechnologie (voorbeeld Dräger X-am 7000)



Meervoudige gasmeetinstrumenten

Explosieveiligheid

Bij industriële processen zijn zeer vaak brandbare substanties en mogelijk ook brandbaar stof betrokken. In deze omgevingen kunnen brandbare gassen en dampen vrijkomen door processen (bijv. door ontlastkleppen) of door onvoorziene gebeurtenissen (storingen). Dergelijke gevarenczones worden preventief tot Ex bereiken ("zones") uitgeroepen, waarin uitsluitend apparatuur mag worden gebruikt die een betrouwbaar explosie veiligheidsniveau heeft.

De bescherming tegen explosiegevaar is wereldwijd genormeerd, waarbij de basis voor deze normen vergelijkbaar is met IEC, CENELEC (Europa) en NEC 505 (Noord-Amerika) en is gebaseerd op het "3-zones concept", dat in toenemende mate ook in de VS wordt geaccepteerd.

Zone conform IEC, NEC 505 en CENELEC	Gevaarlijke, explosieve atmosfeer is aanwezig...
Zone 0	continu, langdurig of zeer regelmatig
Zone 1	regelmatig
Zone 2	soms of zeer kort

Terwijl de typisch Amerikaanse methode van bescherming tegen explosiegevaar conform NEC 500 nog op het "2-Division concept" is gebaseerd:

Division conform NEC 500	Gevaarlijke, explosieve atmosfeer is aanwezig...
Division 1	continu of regelmatig
Division 2	soms of zeer kort

Conform IEC, NEC 505 en CENELEC zijn er zeven gestandaardiseerde soorten van bescherming tegen explosiegevaar voor elektrische apparatuur in zone 1, terwijl in Noord-Amerika (USA/Canada) conform NEC 500 slechts drie soorten van bescherming tegen explosiegevaar voor Division 1 worden gebruikt:

Explosie veiligheidsniveaus conform IEC, NEC 505 en CENELEC	Vergelijkbare explosie veiligheidsniveaus conform NEC 500
Drukbestendige inkapseling	Explosion proof
Gegoten inkapseling	–
Zandinkapseling	–
Olie-inkapseling	–
Externe ventilatie	Purged / pressurized
Verhoogde veiligheid	–
Intrinsieke veiligheid	Intrinsically safe

De gestandaardiseerde typering van een gasmeetinstrument, bijv. Ex ia IIC T4, verstrekt informatie aan de deskundige over de toepasbaarheid in de aangewezen gevarenczone.

Ook bekend als ATEX 95 (voorheen ATEX 100a), in de Europese Unie (EU) sinds 1 juli 2003 verplicht. Heeft betrekking op alle apparatuur en veiligheidssystemen die bedoeld zijn voor gebruik in explosiegevaarlijke zones.

CE 0158

Aangemelde instantie (notified body)
betreffende de productie en kwaliteit

Voldoet aan de eisen van de EU

Typering (conform ATEX):



I M 2 / II 2 G

Categorie

Aard van de atmosfeer waar
explosiegevaar bestaat:

G: gas, damp, nevel; D: stof

I: mijnbouw II: industrie

Voldoet aan de richtlijn 94/9/EG

Explosieveiligheid:

Ex d ia IIC T4 _____ Temperatuurklasse

i = intrinsieke veiligheid
a = dekt 2 storingen af
b = dekt 1 storing af

Explosieveiligheidsniveau:
drukbestendige inkapseling

Explosieveilige apparatuur

Explosiegroep:

I: mijnbouw,

II: alles behalve
mijnbouw

bij ia, ib,d en n:
subgroepen

IIA, II B en IIC

EG-typetestcertificaat:

DEMKO 07 ATEX 1435 00X

X: bijzondere voorwaarden

U: Ex onderdeel, component

Nummer van het certificaat

Voldoet aan de richtlijn 94/9/EG

Jaar van de EG-typegoedkeuring

Aangemelde instantie met betrekking tot EG-typegoedkeuring

Instrumentcategorieën en veiligheidseisen

Instrumentgroep	Categorie	Beschermingsniveau
I (Mijnbouw)	M1	Zeer Hoog
	M2	Hoog
II (Industrie)	1	Zeer Hoog
	2	Hoog
	3	Normaal



Ook bekend als ATEX 137 (voorheen ATEX 118a), in de Europese Unie (EU) sinds 30.06.2006 verplicht. Heeft betrekking op de minimumvoorschriften voor de verbetering van de gezondheidsbescherming en van de veiligheid van werknemers die door explosieve atmosferen gevaar kunnen lopen.

Definitie van zones:

Gas, damp	Stof	Explosieve atmosfeer is aanwezig...
Zone 0	Zone 20	contiu, langdurig, zeer regelmatig
Zone 1	Zone 21	regelmatig
Zone 2	Zone 22	soms, zeer kort

Keuze van de apparatuur (deze tabel is de link tussen de categorieën van ATEX 95 en de zones van ATEX 137):

Toelaatbaar gebruik	Gas, damp (G)	Stof (D)
Apparatuur met categorie 1	Zone 0, 1, 2	Zone 20, 21, 22
Apparatuur met categorie 2	Zone 1, 2	Zone 21, 22
Apparatuur met categorie 3	Zone 2	Zone 22

Voorbeeld: in zone 21, waar een explosieve atmosfeer veroorzaakt door stof te verwachten is, moet gebruikte apparatuur getypeerd zijn als **II 2D** of **II 1D**.

Vereiste maatregelen:

- Beoordeling van het explosierisico
- Indeling van de het gevaarlijk gebied in zones
- Aanduiding van de gevarenzone door driehoekig waarschuwingsbord "Ex"
- Veiligheidsstrategieën van de operator
- Uitwerken van een explosieveiligheidsdocument
- Kwalificatie van de werknemers
- Criteria voor het toestaan van werkzaamheden in de gevarenzone

Beveiligingsleidraad:

- Het voorkomen van het ontstaan van explosieve atmosferen.
Wanneer dat niet mogelijk is:
- Het vermijden van de ontsteking van explosieve atmosferen.
Wanneer dat niet mogelijk is:
- Het beperken van de schadelijke gevolgen van een explosie, teneinde de gezondheid en de veiligheid van de werknemers de verzekeren.

Eisen aan gasmeetinstrumenten

Sinds gasmeetinstrumenten tot producten van de veiligheidstechniek behoren, moeten zij niet alleen voldoen aan de wettelijke voorschriften (explosieveilgheid, elektromagnetische compatibiliteit), maar ook aan verdere eisen, zodat ook onder zware gebruiksomstandigheden de productkwaliteit en de betrouwbaarheid van de gasmeetinstrumenten gewaarborgd blijft.

Normen voor explosieveilgheid:

Eisen aan de constructie zorgen ervoor dat het gasmeetinstrument geen ontstekingsbron wordt. Internationaal geaccepteerde normen zijn CENELEC (ATEX), CSA, UL, GOST enz.

Beschermingsklassen conform EN 60529 (IP code)

De IP code geeft informatie over de mate van beveiliging van de behuizing ten opzichte van vreemde voorwerpen en water.

IP = International Protection

Uittreksel conform DIN EN 60529:

Eerste kencijfer	Bescherming tegen vaste vreemde voorwerpen	Tweede kencijfer	Bescherming tegen water
	5 Bescherming tegen aanraking. Bescherming tegen inwendige stofophoping		5 Bescherming tegen waterstraal (spuitmond) vanuit willekeurige hoek
	6 Volledige bescherming tegen aanraking. Bescherming tegen het binnendringen van stof		6 Bescherming tegen binnendringen van water bij tijdelijke overstrooming
			7 Bescherming tegen binnendringen van water bij tijdelijke onderdompeling

D-1343-2009

Door beschermingsklasse IP 67 is een hoge mate van robuustheid gewaarborgd, hetgeen echter ook negatieve gevolgen kan hebben voor de dampdoorlaatbaarheid. De MEWAGG (werkgroep "Meet- en waarschuwingsinstrumenten voor gevaarlijke gassen") van BG Chemie adviseert gebruikers die niet alleen gassen zoals methaan of propaan willen detecteren, maar ook hogere koolwaterstoffen of oplosmiddelen, dan ook de geschiktheid van het instrument te laten bevestigen door de fabrikant. Dit kan bijvoorbeeld de meettechnische certificering conform ATEX zijn.

Kwaliteit van de meetfuncties

Aanhouden van een vooraf bepaalde meetkwaliteit, ook onder extreme omgevingsomstandigheden (temperatuur, druk, wind, vocht, trillingen, enz.)

EN 45 544 – voor toxische gassen en dampen

EN 50 100 – voor zuurstof

EN 60 079-29-1 – voor brandbare gassen en dampen
(voorheen: EN 61 779)

Elektromagnetische compatibiliteit conform EN 50270

Elektrische of elektronische apparatuur en elektrische, magnetische of elektromagnetische velden mogen elkaar niet beïnvloeden resp. storen. Dat betekent bijvoorbeeld dat door gebruik van een mobiele telefoon of een radio in de onmiddellijke nabijheid van een gasmeetinstrument het meetsignaal van het gasmeetinstrument niet mag worden gestoord en vice versa. Door EMC-richtlijnen en EMC-normen wordt het opsporen en de bevestiging van immuniteit voor interferentie en lage emissie verstrekt.



De kalibratie van gasmeetinstrumenten is uiterst belangrijk, want gasmeetinstrumenten kunnen uiteraard niet correct meten wanneer ze verkeerd zijn gekalibreerd.

Drägerbuisjes en CMS

Deze beide meetinstrumenten worden inclusief kalibratie geleverd. Tot aan de eigenlijke meting resp. tot het verstrijken van de houdbaarheidsdatum zorgt het hermetisch afgesloten glazen buisje voor de stabiliteit van de kalibratie, mits de op de banderol gedrukte opslagomstandigheden worden opgevolgd.

Sensoren / draagbare gasmeetinstrumenten

Sensoren worden gebruikt voor continu metingen. Door omgevingsinvloeden of andere gassen kan de kalibratie die bij levering van de sensor aan de klant is meegeleverd, veranderen. BG Chemie adviseert daarom in haar informatiebladen T021 (gaswaarschuwingsvoorzieningen voor toxische gassen/dampen)/T023 (gaswaarschuwingsvoorzieningen voor explosieveiligheid) periodieke controles en evt. kalibraties.

Terwijl de nulpuntkalibratie meestal eenvoudig uitvoerbaar is, omdat hiervoor zeer regelmatig de omgevingslucht kan worden gebruikt, is de kalibratie van de gevoeligheid minder vanzelfsprekend.

Juist omdat elektrochemische sensoren zeer regelmatig reactieve gassen detecteren, moeten deze ook met reactieve gassen worden gekalibreerd – en reactieve gassen reageren ook in geringe concentraties al met (vochtige) materiaaloppervlakken of kunststoffen. Daarom is het van belang de afstanden tussen testgas en instrument zo kort mogelijk te houden. De fabrikanten van gasmeetinstrumenten bieden daarom kalibratietoebehoren aan, die aan deze eisen voldoen en geoptimaliseerd zijn voor de apparatuur.

Wanneer ook vanuit veiligheidstechnisch oogpunt altijd met het doelgas moet worden gekalibreerd, dus met het gas dat ook tijdens de inzet moet worden gedetecteerd, zijn er vele redenen om voor de kalibratie een vervangend testgas te gebruiken. Moeten er meerdere gassen met dezelfde sensor worden gedetecteerd, dan moet de sensor worden gekalibreerd op het gas waarop deze het minst gevoelig reageert. Men bevindt zich dan aan de veilige kant, omdat alle andere gassen qua concentratie worden overgewaardeerd. Testgassen worden als individuele gassen of als menggassen aangeboden voor de kalibratie van meervoudige gasmeetinstrumenten.

De gevaren die de mens loopt door talloze gevaarlijke stoffen op werkplekken en in de omgevingslucht nemen in onze technisch georiënteerde maatschappij steeds verder toe. Een doorslaggevende rol bij het nemen van de juiste maatregelen speelt de snelle, volledige en op elk moment opvraagbare informatie.

In de omvangrijke database Dräger VOICE worden actuele gegevens over meer dan 1.700 gevaarlijke stoffen en 11.500 synoniemen aangeboden.

Dräger VOICE kenmerkt zich met name door een directe, tijdbesparende koppeling tussen de gevaarlijke stof, mogelijke meetmiddelen, adembeschermende middelen en/of beschermende kleding. Aanwijzingen voor de omgang met de aanbevolen producten volgens de voorschriften zorgen voor extra zekerheid in de toepassing.

Voor elke geselecteerde substantie kunnen uiteenlopende en doorlopend geactualiseerde **stofgegevens worden opgevraagd, zoals:**

- actuele internationale grenswaarden
- chemisch-fysische informatie (formule, dampdruk, smelt- en kookpunt, enz.)
- brandpreventiegegevens (LEL, vlampunt, ontstekingspunt, enz.)
- Identificatienummers (CAS-nr., UN-nr., EG-nr.)

De database van gevaarlijke stoffen Dräger VOICE is op internet direct beschikbaar via www.draeger.com/voice.



ST-15126-2008

Dräger VOICE: database van gevaarlijke stoffen



Eigenschappen van gevaarlijke gassen en dampen

Brandbare en toxische gassen en dampen komen op vele terreinen voor. Het is zaak de ervan uitgaande gevaren te herkennen – daartoe dienen gasmeet- en waarschuwingsinstrumenten.

Vanuit het perspectief van de meettechnische en veiligheids-technische belangen heeft deze brochure tot doel de lezer op de hoogte te brengen van bepaalde principes van de gasmeet-technologie.



Meetprincipes

Dräger biedt talloze instrumenten met de meest uiteenlopende meetprincipes voor de detectie van gassen en dampen aan:

- Drägerbuisjes
- Dräger CMS (Chip Meet Systeem)
- Elektrochemische sensoren
- Katalytische verbrandingssensoren
- Infrarood sensoren
- Foto-ionisatiedetectoren



Gebruik van en eisen aan gasmeetinstrumenten

Draagbare gasmeetinstrumenten moeten uiteenlopende gevaarlijke stoffen onder wisselende randvoorwaarden betrouwbaar kunnen meten. Dit stelt de hoogste eisen aan de betrouwbaarheid, robuustheid en flexibiliteit, want uiteindelijk zijn meetinstrumenten rechtstreeks verantwoordelijk voor de veiligheid en gezondheid van het personeel. Niet elk instrument mag in elke werkatmosfeer worden ingezet. Voorafgaand aan het gebruik van het instrument moet duidelijk zijn of de instrumentspecificaties toereikend zijn. Deze eisen zijn vastgelegd in normen en richtlijnen.





HOOFDKANTOOR:
Dräger Safety AG & Co. KGaA
Revalstrasse 1
23560 Luebeck, Germany
Tel +49 451 882 0
Fax +49 451 882 2080
www.draeger.com

VESTIGING NEDERLAND:
Dräger Safety Nederland B.V.
Edisonstraat 53
2723 RS Zoetermeer
Tel +31 (0)79 344 46 66
Fax +31 (0)79 344 47 90