Quelle: https://www.arbeitssicherheit.de//document/cec27d83-57ac-3ccf-84f1-476204ac39c7

Bibliografie	
Titel	Technische Regeln für Gefahrstoffe - Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische (TRGS 722)
Amtliche Abkürzung	TRGS 722
Normtyp	Technische Regel
Normgeber	Bund
Gliederungs-Nr.	Keine FN

Abschnitt 4 TRGS 722 - Maßnahmen, die gefährliche explosionsfähige Gemische verhindern oder einschränken

4.1
Vermeiden von Gefahrstoffen, die gefährliche explosionsfähige Gemische zu bilden vermögen

Es ist zu prüfen, ob brennbare Gefahrstoffe durch solche ersetzbar sind, die keine explosionsfähigen Gemische zu bilden vermögen. Beispiele für Ersatzmöglichkeiten sind:

1. Einsatz wässriger Lösungen statt brennbarer Löse- und Reinigungsmittel,

2. Einsatz von Reinstoffen oder Gemischen mit hohem unterem Explosionspunkt (UEP), der ausreichend sicher über Raum- oder Verarbeitungstemperatur liegt, statt Reinstoffen oder Gemischen mit einem niedrigen UEP,

3. Einsatz von nicht brennbaren Füllstoffen statt brennbarer staubförmiger Füllstoffe,

4. Zusatz von nicht brennbaren Stäuben z. B. Steinsalz, Natriumsulfat oder Phosphat zu brennbaren Stäuben, wenn der Anteil der nicht brennbaren Stäube oberhalb von 90 Gew.-% liegt und eine Entmischung vermieden ist, oder

5. Einsatz von Pasten statt Pulvern.

4.2
Konzentrationsbegrenzung

4.2.1
Allgemeines

(1) Durch Maßnahmen zur Konzentrationsbegrenzung soll die Konzentration der brennbaren Gefahrstoffe unterhalb der unteren oder oberhalb der oberen Explosionsgrenze gehalten werden. Beim Anfahren und Abfahren kann der Explosionsbereich durchfahren werden. Dieses ist im Explosionsschutzkonzept zu berücksichtigen.

(2) Bei nicht atmosphärischen Bedingungen ist die Konzentration in der Gasphase für die Beurteilung maßgebend. Einflüsse von Druck und Temperatur auf die Explosionsgrenzen oder abweichende Oxidationsmittel sind dabei zu berücksichtigen (s. a. TRGS 721 "Gefährliche explosionsfähige Gemische - Beurteilung der Explosionsgefährdung").

4.2.2
Gase und Dämpfe

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

(1) In den folgenden Abschnitten sind relevante Eigenschaften und Maßnahmen zur Konzentrationsbegrenzung aufgeführt.

(2) Bei brennbaren Flüssigkeiten wird die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre vermieden, wenn die Temperatur an der Flüssigkeitsoberfläche sicher unter dem UEP gehalten wird (bei Aerosolen s. aber Absätze 5 und 6). Liegt z. B. die maximale Verarbeitungstemperatur über dem UEP der Flüssigkeit, so können explosionsfähige Dampf/Luft-Gemische vorhanden sein.

(3) Sofern der jeweilige UEP nicht bekannt ist, kann er in den folgenden beiden Fällen für Umgebungsdruck und Luft als Bestandteil des explosionsfähigen Gas- bzw. Dampf/Luft-Gemisches abgeschätzt werden:

1. bei reinen, nicht halogenierten Flüssigkeiten 5 K unter dem Flammpunkt,

2. bei Lösemittel-Gemischen ohne halogenierte Komponente 15 K unter dem Flammpunkt.

(4) Für explosionsfähige Gemische mit anderen Sauerstoffvolumenanteilen als Luft sowie Drücken kleiner Umgebungsdruck kann dieses Abschätzverfahren nicht angewendet werden.

(5) Bei Gemischen aus Kohlenwasserstoffen und niedrigsiedenden nicht- oder schwerbrennbaren Halogenkohlenwasserstoffen wird der Flammpunkt dieser Gemische heraufgesetzt oder das Gemisch ist als nicht brennbar eingestuft. In diesen Fällen kann allerdings aufgrund des unterschiedlichen Verdampfungsverhaltens der Anteil von Halogenkohlenwasserstoffen in der Flüssigkeit so stark abnehmen, dass die später freiwerdenden Dämpfe wieder explosionsfähige Atmosphäre bilden können.

(6) Explosionsfähige Gemische können auch durch Aerosol/Luft-Gemische gebildet werden. Für den Begriff Aerosol werden im Sprachgebrauch häufig auch die Begriffe Spray, Sprühstrahl oder Nebel verwendet. Wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung eines explosionsfähigen Aerosol/Luft-Gemisches hat die Tropfengrößenverteilung und die Tropfenverteilung (lokale Konzentration). Ein Aerosol ist bei ansonsten gleichen Randbedingungen mit sinkendem Tropfendurchmesser leichter entzündbar.

(7) Für Aerosol/Luft-Gemische kann angenommen werden, dass sie ab einer Konzentration von ca. 40 g/m^3 gezündet werden können, wenn es sich um reine Tröpfchen/Luft-Gemische handelt. Wenn es gleichzeitig zu Verdampfungsprozessen kommt, so können hybride Gemische aus Tröpfchen/Dampf/Luft-Gemischen entstehen. Bei Tropfengrößen kleiner 20 µm ist davon auszugehen, dass das Aerosol Kenngrößen aufweist, die den zugehörigen Gasen/Dämpfen entsprechen.

(8) Liegt die Konzentration in einem Arbeitsmittel einschließlich Anlagen und Anlagenteilen über der oberen Explosionsgrenze, besteht zwar im Inneren keine Explosionsgefahr; austretende Gemische können jedoch durch Vermischung mit Luft Explosionsgefahr außerhalb des Anlagenteils hervorrufen.

(9) Liegt die Temperatur einer Flüssigkeitsoberfläche in einem Anlagenteil oberhalb des oberen Explosionspunktes, so ist innerhalb des Anlagenteils nicht notwendigerweise von Gemischkonzentrationen oberhalb der oberen Explosionsgrenze auszugehen. Hierbei sind auch die Randbedingungen des Prozesses, wie z. B. Möglichkeiten der Konzentrationsänderung durch Kondensation, zu berücksichtigen.

(10) Durch Zugabe von brennbaren Gasen ist es möglich, die Gesamtkonzentration der brennbaren Komponenten in Arbeitsmitteln einschließlich Anlagen und Anlagenteilen stets oberhalb der für das gesamte Gemisch gültigen oberen Explosionsgrenze zu halten.

4.2.3
Stäube

(1) In den folgenden Abschnitten sind Maßnahmen zur Konzentrationsbegrenzung und relevante Informationen zu deren Eignung aufgeführt.

(2) Für die Beurteilung von staubexplosionsfähigen Gemischen ist die Angabe einer mittleren Konzentration innerhalb einer Anlage nicht aussagekräftig, da von einer inhomogenen Staubverteilung innerhalb der Anlage ausgegangen werden muss. Daher kann in Teilen von Anlagen, Behältern oder Räumen auch dann Explosionsgefahr bestehen, wenn die auf das Gesamtvolumen bezogene Staubmenge unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) liegt.

(3) Bei der Bewertung explosionsfähiger Gemische ist zu berücksichtigen, dass abgelagerter Staub wieder aufgewirbelt werden kann.

(4) Auch bei hohen mittleren Konzentrationen, wie zum Beispiel in Mühlen und Mischern, muss davon ausgegangen werden, dass innerhalb des Apparates auf Grund der inhomogenen Staubverteilung Explosionsgefahr besteht.

(5) Beim Austritt brennbarer Stäube aus Öffnungen, undichten Stellen usw. können sich außerhalb der Anlagen und Anlagenteile

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

gefährliche explosionsfähige Atmosphäre und auch Ablagerungen bilden. Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Anlagenteile und Behälter sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Unerwünschte Staubablagerungen können sich auch entfernt von der Austrittsstelle bilden, insbesondere wenn es sich um sehr feinkörnigen Staub handelt.

(6) Durch organisatorische Maßnahmen kann bei Stäuben die Auftrittswahrscheinlichkeit explosionsfähiger Atmosphäre z. B. durch Staubablagerungen infolge von verfahrens- oder störungsbedingten Austritten verringert werden. Damit ist ggf. eine Reduzierung der Zoneneinstufung bzw. deren Ausdehnung möglich.

(7) Auftretende Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Anlagenteile und Behälter sind regelmäßig ohne Aufwirbeln zu beseitigen z. B. durch Aufsaugen oder Nassreinigung. Die erforderlichen Reinigungsmaßnahmen sind hinsichtlich Art, Umfang, Häufigkeit und Verantwortlichkeiten festzulegen.

(8) Die individuellen Verhältnisse sind zu berücksichtigen, insbesondere auch schlecht einsehbare z. B. höher gelegene oder schwer zugängliche Oberflächen, auf denen sich im Lauf der Zeit erhebliche Staubmengen ablagern können.

(9) Ist eine größere Staubfreisetzung infolge von Betriebsstörungen möglich z. B. Beschädigen oder Platzen von Gebinden oder Leckagen, sind zusätzliche Maßnahmen zur unverzüglichen Beseitigung der Staubablagerungen zu treffen.

4.3
Inertisierung für das Innere von Anlagen

(1) Bei der Inertisierung kann durch Zugabe von Stoffen, die mit dem Brennstoff nicht reagieren (Inertstoff), die Bildung explosionsfähiger Gemische verhindert werden. Beispiele für gasförmige Inertstoffe sind Stickstoff, Kohlendioxid, Edelgase oder Wasserdampf. Bei Inertisierung mit Wasserdampf ist die Auswirkung einer möglichen Kondensation zu berücksichtigen.

(2) Da viele Leichtmetallstäube mit Kohlendioxid, mit Wasser und zum Teil auch mit Stickstoff reagieren können, sind Kohlendioxid, Wasserdampf und Stickstoff in diesen Fällen als Inertstoffe nicht geeignet. In solchen Fällen können z. B. Edelgase eingesetzt werden.

(3) Die Sauerstoffgrenzkonzentration (vgl. Abschnitt 2.3 Absatz 4 der TRGS 720) ist vom brennbaren Gefahrstoff und vom Inertgas abhängig. Beim Einsatz von Kohlendioxid als Inertgas werden für die Sauerstoffgrenzkonzentration höhere Werte gemessen als beim Einsatz von Stickstoff.

(4) Im Anhang 2 sind für einige brennbare Gase und Dämpfe (Tabelle 1) und für einige brennbare Stäube (Tabelle 3) die maßgeblichen Grenzwerte tabellarisch aufgeführt.

(5) Die Sauerstoffgrenzkonzentration fällt mit zunehmender Temperatur und steigendem Druck ab. In Anhang 2 ist eine Abschätzformel für den Einfluss der Temperatur (Anhang 2 Abschnitt 1.1 Absatz 5) und die zugehörigen Temperaturkoeffizienten (Anhang 2 Tabelle 2) aufgeführt. Eine Abschätzformel für den Einfluss des Drucks liegt auf Grund der geringen Datenlage nicht vor.

(6) Bei gleichzeitigem Vorhandensein gasförmiger und staub- oder nebelförmiger brennbarer Gefahrstoffe (hybride Gemische) ist zur Ermittlung der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration die Komponente mit der niedrigsten Sauerstoffgrenzkonzentration zugrunde zu legen.

(7) Hybride Gemische sind in der Regel nicht zu unterstellen, wenn bei brennbaren Schüttgütern die Konzentration brennbarer Gase und Dämpfe sicher unterhalb 20 % der UEG des Gases/Dampfes liegt. Diese Bedingung ist oft erfüllt, wenn z. B. unmittelbar nach einem Trocknungsprozess der restliche Anteil eines brennbaren Lösemittels weniger als 0,5 Gew.-% des Schüttgutes beträgt.

(8) In der Praxis bewährte Inertisierungsmethoden mit Inertgasen sind das Druckwechselverfahren mit oder ohne Vakuumanwendung und die Durchflussspülung. In der Gefährdungsbeurteilung ist festzulegen, wie die Aufrechterhaltung der Inertisierung erfolgt. Die Vorgehensweise für eine Druckwechselinertisierung (Druckwechselverfahren ohne Vakuumanwendung) ist in Anhang 2 Abschnitt 2 beschrieben.

(9) Die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration für die Inertisierung ergibt sich aus der experimentell bestimmten Sauerstoffgrenzkonzentration durch Abzug eines Sicherheitsabschlags. Der Sicherheitsabschlag zwischen der experimentell bestimmten Sauerstoffgrenzkonzentration und der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration ist unter Berücksichtigung der betriebs- und störungsbedingten örtlichen und zeitlichen Schwankungen der Sauerstoffkonzentration und der Zeitspanne für das Wirksamwerden von Maßnahmen festzulegen.

(10) Wird als Explosionsschutzmaßnahme eine Inertisierung verwendet, sind für deren Umsetzung die erforderliche Absenkung der Sauerstoffkonzentration sowie die notwendigen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Inertisierung festzulegen. In Abhängigkeit des Konzeptes können MSR-Einrichtungen zur Aufrechterhaltung der Inertisierung erforderlich sein. Dies können z. B. sein:

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

1. Sauerstoffkonzentrationsmessungen,

2. Messungen der Inertgaskonzentration,

3. Druckmessungen oder

4. Durchflussmessungen.

(11) Die Anforderungen an die Zuverlässigkeit der MSR-Einrichtungen für die Inertisierung sind in Übereinstimmung mit TRGS 725 festzulegen.

4.4
Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Gemische durch Druckabsenkung oder Reduzierung der Auswirkung durch Druckabsenkung

(1) Wird der Betriebsdruck unter den Zündgrenzdruck abgesenkt, ist nicht mehr mit einer Explosion zu rechnen. Für die meisten Gefahrstoffe liegt dieser Druck unterhalb ca. 50 $mbar_a$.

(2) An- und Abfahrvorgänge sind hinsichtlich des Explosionsschutzes gesondert zu betrachten. Erforderlichenfalls sind für diese Betriebszustände zusätzliche Explosionsschutzmaßnahmen z. B. zeitweise Inertisierung oder zeitweise Vermeidung von Zündquellen vorzusehen.

(3) Betriebsstörungen z. B. Lufteinbruch sind in der Gefährdungsbeurteilung zu bewerten und ggfs. zusätzliche Explosionsschutzmaßnahmen z. B. Abschaltung von Zündquellen festzulegen.

(4) Wird der Betriebsdruck unter 100 $mbar_a$ abgesenkt, liegt der zu erwartende Explosionsdruck in der Regel unter dem Atmosphärendruck. Es sind ggfs. Explosionsschutzmaßnahmen zur Vermeidung der Fortpflanzung einer Explosion im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen.

(5) Werden im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen MSR-Einrichtungen verwendet, sind die Anforderungen an die Zuverlässigkeit in Übereinstimmung mit TRGS 725 festzulegen.

4.5
Dichtheit von Anlagenteilen

4.5.1
Allgemeines

(1) Die Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Gemischen innerhalb und außerhalb von Anlagenteilen kann durch die Dichtheit des Anlagenteils verhindert oder eingeschränkt werden.

(2) Hierbei wird unterschieden in:

1. auf Dauer technisch dichte Anlagenteile,

2. technisch dichte Anlagenteile und

3. Anlagenteile mit betriebsbedingtem Austritt brennbarer Gefahrstoffe.

(3) Bei der Konstruktion von Anlagenteilen für die Handhabung mit brennbaren Gasen, Flüssigkeiten und Stäuben sind die Werkstoffe so auszuwählen, dass sie den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen standhalten. Gefahren durch abrasive Beanspruchung sind zu berücksichtigen. Gefahren durch Reaktionen des Wandmaterials mit den brennbaren Gefahrstoffen sind auszuschließen.

(4) Bei der Auswahl der Werkstoffe ist das Korrosionsverhalten zu berücksichtigen. Bei flächenhafter Abtragung sind bei der Berechnung der Wanddicke Zuschläge zu berücksichtigen; gegen Lochfraßkorrosion sind grundsätzlich geeignete Werkstoffe

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

auszuwählen und erforderlichenfalls sachgerechte Konservierungsmaßnahmen in Stillstandsphasen durchzuführen.

4.5.2
Auf Dauer technisch dichte Anlagenteile

(1) Bei Anlagenteilen, die auf Dauer technisch dicht sind, sind keine Freisetzungen zu erwarten.

(2) Auf Dauer technisch dichte Anlagen sind vor Inbetriebnahme bzw. Wiederinbetriebnahme, nach Änderungen oder Reparaturarbeiten als Ganzes oder in betroffenen Abschnitten auf Dichtheit zu kontrollieren. Das geeignete Verfahren ist in Abhängigkeit vom Anwendungsfall festzulegen. Geeignete Verfahren können z. B. sein:

1. für Gase und Dämpfe: schaumbildende Mittel oder Lecksuchgeräte,

2. für Stäube: regelmäßige Kontrolle auf Staubaustritte und -ablagerungen sowie auf sichtbare Defekte oder Beschädigungen.

(3) Die im Folgenden bewerteten Dichtungen sind hinsichtlich der Stofffreisetzungen in die Umgebung bewertet. Ob die hier beschriebenen Dichtungsprinzipien auch zur Vermeidung des Sauerstoffeintrags in die Anlage herangezogen werden können, ist im Einzelfall zu bewerten.

(4) Anlagenteile gelten als auf Dauer technisch dicht, wenn

1. sie so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben

   oder

2. ihre technische Dichtheit durch Wartung und Überwachung ständig gewährleistet wird.

(5) Anlagenteile, die auf Dauer technisch dicht sind, verursachen durch ihre Bauart in ihrer Umgebung im ungeöffneten Zustand keine explosionsgefährdeten Bereiche.

(6) Dichtungssysteme, die nach TRGS 500 für inhalativ toxische Gefahrstoffe mit einem Verfahrensindex von 0,25 bewertet sind, gelten im Sinne des Explosionsschutzes als auf Dauer technisch dicht. Sind zum Erreichen des Verfahrensindexes Zusatzmaßnahmen erforderlich, sind diese in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Erforderliche MSR-Maßnahmen sind hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit nach TRGS 725 zu bewerten.

(7) Auf Dauer technisch dichte Anlagen- und Ausrüstungsteile nach Absatz 4 Nummer 1 sind z. B.

1. geschweißte Anlagenteile mit

   a) lösbaren Komponenten, wobei die hierfür erforderlichen lösbaren Verbindungen betriebsmäßig nur selten gelöst und hinsichtlich der Dichtungselemente konstruktiv entsprechend der nachstehenden Anforderungen in diesem Abschnitt ausgeführt sind,

   b) lösbaren Verbindungen zu Rohrleitungen, Armaturen oder Blinddeckeln, wobei die hierfür erforderlichen lösbaren Verbindungen nur selten gelöst und hinsichtlich der Dichtungselemente konstruktiv entsprechend der nachstehenden Anforderungen in diesem Abschnitt ausgeführt sind,

2. für Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten: Anlagenteile, die auch Dichtungselemente enthalten, wie

   a) Wellendurchführungen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung, z. B. an Pumpen, Rührwerken,

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

b) Spaltrohrmotorpumpen,

c) magnetgekuppelte Pumpen,

d) Membranpumpen mit Doppelmembran und Zwischenraumüberwachung,

e) Armaturen mit Abdichtung der Spindeldurchführung mittels Faltenbalg und Sicherheitsstopfbuchse,

f) Gasgeschmierte Dichtungen mit Überwachung des Gasflusses oder -drucks,

g) stopfbuchsenlose Armaturen mit Permanent-Magnetantrieb,

3. für Stäube: Anlagenteile, die auch Dichtungselemente enthalten können, wie

a) Wellendurchführungen mit überwachter Sperrluft, z. B. bei Labyrinth- oder Stopfbuchsdichtungen,

b) Armaturen mit üblichen Abdichtungssystemen, z. B. Scheibenventile, Schieber in geschlossener Bauart, Kugelhähne,

c) magnetisch gekuppelte, dichtungslose Antriebssysteme.

(8) Auf Dauer technisch dichte Anschlüsse für Armaturen oder Rohrleitungsverbindungen (Schlauchleitungen sind wie Rohrleitungen zu behandeln) nach Absatz 4 Nummer 1 sind z. B.

1. unlösbare Verbindungen, z. B. geschweißt, gelötet,

2. lösbare Verbindungen, die betriebsmäßig nur selten gelöst werden; dies ist für Kombinationen von Flanschverbindung mit Weichstoffdichtungen der Fall, wenn

a) Flansch und Dichtung entsprechend der Herstellervorgaben ausgewählt und montiert wurden,

b) die Kombination für die Anwendung geeignet ist,

c) der Weichstoff der Dichtung weder versprödet noch unzulässig fließt,

d) die Dichtung gegen Ausblasen sicher ist und

e) die Flächenpressung der Dichtung ausreichend über der erforderlichen Mindestpressung liegt.

Beispiele für Dichtungen, die diese Kriterien erfüllen, sind:

a) Flansche mit Schweißlippendichtungen,

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

b) Flansche mit Nut und Feder,

c) Flansche mit Vor- und Rücksprung,

d) Flansche mit V-Nuten und V-Nutdichtungen,

e) Flansche mit glatter Dichtleiste und besonderen Dichtungen, wie z. B. Weichstoffdichtungen bis PN 25 bar, metallinnenrandgefasste Dichtungen, kammprofilierte Dichtungen, wellverpresste Flachdichtungen oder metallummantelte Dichtungen, wenn bei Verwendung von Norm-Flanschen eine rechnerische Nachprüfung ausreichende Sicherheit gegen die Streckgrenze aufweist,

f) metallisch dichtende Verbindungen,

g) Schneid- und Klemmringverbindungen = DN32,

h) NPT-Gewinde (National Pipe Taper Thread, kegeliges Rohrgewinde) oder andere konische Rohrgewinde mit Abdichtung im Gewinde bis DN50, soweit sie nicht wechselnden thermischen Belastungen (T > 100 K) ausgesetzt sind.

(9) Für Stäube kann durch Flanschverbindungen mit Dichtungen oder durch Clamp-Verschlüsse eine auf Dauer technische Dichtheit erreicht werden, wenn die Anlage

1. nur geringer mechanischer oder thermischer Beanspruchung und

2. nur geringer Schwingungsbelastung ausgesetzt ist.

(10) Neben den rein konstruktiven Maßnahmen können nach Absatz 4 Nummer 2 auch technische Maßnahmen, kombiniert mit organisatorischen Maßnahmen, zu einem auf Dauer technisch dichten Anlagenteil führen. Hierunter fallen bei entsprechender vorbeugender Instandhaltung und Kontrolle z. B.

1. dynamisch beanspruchte Dichtungen, z. B. bei Wellendurchführungen an Pumpen oder selbsttätig nachstellende Stopfbuchspackungen an staubführenden Apparaten,

2. thermisch beanspruchte Dichtungen an Anlagenteilen oder

3. mechanisch beanspruchte Anlagenteile, z. B. bei Förderung von Gefahrstoffen mit abrasiven Eigenschaften.

(11) Umfang und Häufigkeit der Maßnahmen im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung richten sich im Einzelnen nach der Art der Verbindung und Konstruktion, Betriebsweise, Beanspruchung sowie Zustand und Eigenschaften der Gefahrstoffe. Sie sollen die technische Dichtheit auf Dauer gewährleisten. Es ist darauf zu achten, dass Umfang und Häufigkeit der Maßnahmen im Explosionsschutzdokument oder in dort in Bezug genommenen Unterlagen festgelegt sind, z. B. in einer zugehörigen Betriebsanweisung oder im Instandhaltungsplan.

(12) Geeignete Maßnahmen zur regelmäßigen Kontrolle der Dichtheit können sein:

1. bei Gasen und Dämpfen

a) Begehung der Anlage und Kontrolle z. B. auf Schlieren, Eisbildung, Geruch und Geräusche infolge

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

Undichtheiten,

b) Begehung der Anlage mit mobilen Leckanzeigegeräten oder tragbaren Gaswarneinrichtungen,

c) kontinuierliche oder periodische Überwachung der Atmosphäre durch selbsttätig arbeitende, fest installierte Messgeräte mit Warnfunktion,

2. bei Stäuben

Begehung der Anlage und Kontrolle auf Staubaustritte und -ablagerungen.

4.5.3
Technisch dichte Anlagenteile

(1) Bei Anlagenteilen, die technisch dicht sind, können seltene Freisetzungen auftreten.

(2) Technisch dichte Anlagen sind vor Inbetriebnahme bzw. Wiederinbetriebnahme, nach Änderungen oder Reparaturarbeiten als Ganzes oder in betroffenen Abschnitten auf Dichtheit zu kontrollieren. Das geeignete Verfahren ist in Abhängigkeit vom Anwendungsfall festzulegen. Geeignete Verfahren können z. B. sein:

1. für Gase und Dämpfe: schaumbildende Mittel oder Lecksuchgeräte,

2. für Stäube: regelmäßige Kontrolle auf Staubaustritte und -ablagerungen sowie auf sichtbare Defekte oder Beschädigungen.

(3) Beispiele für technisch dichte Anlagenteile sind:

1. für Gase und Dämpfe

a) Flansch mit glatter Dichtleiste und keinen besonderen konstruktiven Anforderungen an die Dichtung,

b) Schneid- und Klemmringverbindungen > DN 32,

c) Wellendichtungen, die auf einfachen Wirkprinzipien beruhen, wie z. B. einfach wirkende Gleitringdichtungen oder Stopfbuchsen,

d) lösbare Verbindungen nach Abschnitt 4.5.2, die nicht nur selten gelöst werden,

2. für Stäube

a) Kompensatoren,

b) flexible Verbindungen,

c) Stopfbuchsenabdichtung,

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

d) lösbare Verbindungen nach Nummer 4.5.2, die nicht nur selten gelöst werden,

e) Einstiegs- und Inspektionsöffnungen, die nicht nur selten geöffnet werden.

(4) Im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltungen sind die erforderlichen Maßnahmen zu Aufrechterhaltung der technischen Dichtheit festzulegen. Eine regelmäßige Kontrolle der Dichtheit kann z. B. durch regelmäßige Begehungen der Anlage erfolgen.

4.5.4
Betriebsbedingter Austritte brennbarer Gefahrstoffe

(1) Außerhalb von Anlagenteilen, die weder auf Dauer technisch dicht noch technisch dicht sind, ist mit der Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch betriebsbedingten Austritt brennbarer Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe oder Stäube zu rechnen. Beispiele für Austrittsstellen können sein:

1. Entlüftungs- und Entspannungsleitungen,

2. Umfüllanschlussstellen,

3. Peilventile,

4. Probenahmestellen,

5. Entwässerungseinrichtungen und

6. bei Stäuben z. B. Übergabestellen.

(2) Maßnahmen zur Reduzierung betriebsbedingter Freisetzungen sind möglichst in der Planungsphase zu berücksichtigen (s. a. Abschnitt 3.1). Verbleibende betriebsbedingte Freisetzungen können durch Maßnahmen nach Abschnitt 4.6 oder 4.7 minimiert werden.

4.6
Lüftungsmaßnahmen

4.6.1
Allgemeines

(1) Werden Lüftungsmaßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung explosionsfähiger Atmosphäre eingesetzt, wird unterschieden zwischen

1. Natürlicher Lüftung,

2. Technischer Lüftung und

3. Objektabsaugung.

(2) Für die Auslegung einer geeigneten Lüftungsmaßnahme muss abgeschätzt werden, mit welcher maximalen Quellstärke Gase und Dämpfe, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen, auftreten können. Ferner müssen die Lage der Quellen sowie die Ausbreitungsbedingungen hinreichend bekannt sein. Dabei sind die Dichteverhältnisse, die Luftmengen, die Strömungsverhältnisse von Zu- und Abluft sowie etwaige "Totzonen" zu berücksichtigen. Strömungshindernisse können zu räumlichen Bereichen mit geringer Luftbewegung führen.

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

(3) Bei einer wirksamen Luftführung führen Lüftungsmaßnahmen zu einer Reduzierung der Konzentration brennbarer Gefahrstoffe in der Raumluft.

(4) Brennbare Gase und Dämpfe haben in der Regel eine von Luft verschiedene Dichte. Eine Ausbreitung von explosionsfähigen Gasen und Dämpfen erfolgt entsprechend der Dichteunterschiede z. B. "Schwergasverhalten":

1. Gase schwerer als Luft und Lösemitteldämpfe können sich in Bodennähe und unter Erdgleiche z. B. in Gruben, Rinnen oder schiefen Ebenen sammeln und in andere Bereiche ausbreiten. Insbesondere in Ecken, abgeteilten Bereichen, Bodenvertiefungen etc. kann sich gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden.

2. Gase leichter als Luft können sich im Deckenbereich sammeln. Kassettendecken, breite Querträger oder Deckenbalken können eine ausreichende Abfuhr und Verdünnung solcher Gase verhindern. Die Gestaltung von Decken und Deckenauslassöffnungen kann die Wirkung der Lüftung unterstützen. Eine glatte, gegebenenfalls zur Abluftöffnung hinaufsteigende Decke kann z. B. auch ohne technische Lüftung zur Abführung etwaiger Freisetzungen beitragen.

(5) Bei der Bewertung ist der Einfluss der Temperatur auf die Dichte zu beachten.

(6) Veränderungen der Randbedingungen können die Lüftungssituation wesentlich beeinflussen. Ist dies der Fall, ist eine Neubewertung der Lüftungssituation erforderlich.

(7) In der Regel führen Lüftungsmaßnahmen zu einer Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre z. B. Zone 2 statt Zone 1 oder zu einer Verringerung der Ausdehnung der Zonen. In günstigen Fällen können Lüftungsmaßnahmen auch zur vollständigen Vermeidung von Zonen führen (s. a. Abschnitt 4.6.4 Objektabsaugung).

(8) Bei Stäuben sind Lüftungsmaßnahmen im Allgemeinen nur dann wirksam, wenn der Staub an der Entstehungsstelle erfasst wird (s. a. Abschnitt 4.6.4 Objektabsaugung).

4.6.2
Natürliche Lüftung

(1) Natürliche Lüftung ist Austausch von Raumluft mit Frischluft ohne gezielte technische Mittel. Der natürliche Luftaustausch erfolgt auf Grund von Dichte- und Druckdifferenzen von Luft räumlich benachbarter Bereiche, etwa durch Temperaturdifferenzen oder durch Wind. Bei Gebäuden wird die natürliche Lüftung zusätzlich durch die Dichtigkeit des Gebäudes (bestimmt z. B. durch Fenster, Türen, Tore und deren Nutzung) beeinflusst.

(2) In Räumen oberhalb Erdgleiche ohne besondere Be- und Entlüftungsöffnungen darf aufgrund von Witterungseinflüssen und baulicher Gestaltung eine Luftwechselzahl von mindestens n = 1 angenommen werden, sofern keine austauscharme Energiespar-Bauweise vorliegt.

(3) Die räumliche Anordnung der Öffnungen von Zuluft und Abluft sollte die natürliche Lüftung unterstützen. Bei kleinen Räumen wird in der Regel die beste Wirkung erzielt, wenn sich die Öffnungen raumdiagonal gegenüber befinden (Querlüftung). Werden die sich in größeren Räumen ausprägenden Konvektionswalzen durch entsprechende Abluftöffnungen im Deckenbereich unterstützt, lassen sich Luftwechselzahlen n > 1 erreichen.

(4) Wenn bauliche Maßnahmen für ungehinderten Ein- und Auslass von Luft vorgesehen werden und als treibende Kräfte für natürliche Lüftung großflächig andauernd warme Flächen mit einer Temperaturdifferenz von mindestens 5 K gegenüber Außentemperatur zur Verfügung stehen, stellt sich eine natürliche Lüftung ein, die signifikant über einer üblichen technischen Lüftung liegen kann. In diesen Fällen ist sie gleichwertig zu einer technischen Lüftung (nach Abschnitt 4.6.3).

(5) In Kellerräumen ist mit geringerer natürlicher Lüftung zu rechnen. Es stehen meist nur kleine Öffnungen und Fenster zur Verfügung, Temperaturdifferenzen im Raum können zwar zu Konvektion führen, aber der Luftaustausch mit Luft von außerhalb des betrachteten Raumes ist gering. Als Luftwechselzahl ist bei allseits unter Erdgleiche liegenden Kellerräumen als Richtwert etwa n = 0,4 anzunehmen. Durch gezielte Zu- und Abluftöffnungen lässt sich dieser Wert bis auf ungefähr das Doppelte erhöhen. Eine weitere Erhöhung ist bei großflächigen Wärmequellen (Temperaturdifferenz gegenüber Außentemperatur mind. 5 K) möglich.

4.6.3
Technische Lüftung (Raumlüftung)

(1) Technische Lüftung ist der Austausch von Raumluft mit Frischluft durch gezielte technische Mittel z. B. durch Ventilatoren oder Luftinjektoren raumlufttechnischer Anlagen. In der Regel besteht eine raumlufttechnische Anlage u. a. aus Zu- und Abluftanlage.

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

Werden nicht sowohl Zuluft als auch Abluft technisch gefördert, werden ersatzweise ausreichend dimensionierte Abluft- oder Zuluftöffnungen benötigt.

(2) Lufttechnische Anlagen müssen aus Gründen des Explosionsschutzes bezüglich der Luftführung folgenden Anforderungen genügen:

1. Die Ansaugung von Frischluft erfolgt aus einem ungefährdeten Bereich. Wird aus besonderen Gründen Zuluft aus Bereichen mit Explosionsgefährdung (Zonen) entnommen, sind zusätzliche Explosionsschutzmaßnahmen z. B. Einsatz von Gaswarneinrichtungen erforderlich, um eine Erhöhung der Gefährdung zu vermeiden.

2. Die Luftführung in Räumen soll so gewählt werden, dass die vorhandene Bewegungsrichtung der zu verdünnenden oder abzuführenden Luftströme unterstützt wird. Sofern die Luftbewegung nicht durch Thermik bestimmt wird, erfolgt die Anordnung der Öffnungen von Zu- und Abluftanlage in Abhängigkeit von der Dichte der freigesetzten Gefahrstoffe (Öffnung der Absauganlage bodennah bei Schwergasverhalten, Öffnung der Absauganlage deckennah bei Leichtgasverhalten).

3. Querlüftung

4. Ausreichende Abdeckung des Raums durch die Anordnung von An- und Absaugöffnungen

5. Vermeiden von Kurzschlüssen und Totzonen

6. gefahrlose Abführung der belasteten Abluft

7. Fortluft- und Außenluftöffnungen müssen so zueinander angeordnet sein, dass die Fortluft nicht wieder in den Raum zurückgeführt wird (Abluftwiedereintritt, "lüftungstechnischer Kurzschluss", "Re-Entrainment").

Die Luftführung kann z. B. durch Nebelfreisetzung ("Rauchröhrchen") sichtbar gemacht und so qualitativ überprüft werden.

(3) Wird Abluft aus energetischen Gründen teilweise in den Raum zurückgeführt, ist bei der Auslegung der Lüftungsanlage die Frischluftzufuhr so zu bemessen, dass eine ausreichende Verdünnung durch die Frischluft gewährleistet bleibt.

(4) Wird in einem Abluftsystem explosionsfähige Atmosphäre gefördert, ist sie in Bereiche ohne Zündgefahren abzuführen. Ist dies nicht möglich, sind in den Auslassbereichen entsprechend der im Abluftsystem vorliegenden Zone Explosionsschutzmaßnahmen gegen Zündgefahren zu treffen. Ein Flammenrückschlag in das Abluftsystem ist zu verhindern, dies betrifft insbesondere nachgeschaltete Abluftreinigungsanlagen.

(5) Werden nach Maßgabe der Gefährdungsbeurteilung MSR-Einrichtungen zur Überwachung der technischen Lüftung erforderlich, um deren Ausfall zu erkennen, sind diese entsprechend TRGS 725 zu bewerten. Um den Ausfall der Lüftung zu erkennen, kann der Luftstrom z. B. durch Strömungswächter, die Funktion z. B. durch Unterdruckmessungen oder das Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre z. B. durch Gaswarneinrichtungen an repräsentativer Stelle überwacht werden. Eine Überwachung der Funktion von Teilen der Lüftungsanlage z. B. Überwachung der Ventilatordrehzahl ist in der Regel nicht ausreichend.

(6) Ist nach Maßgabe der Gefährdungsbeurteilung eine Überwachung der technischen Lüftung erforderlich, sind Maßnahmen festzulegen, die bei Ausfall der Lüftung den sicheren Zustand aufrechterhalten.

4.6.4
Objektabsaugung

(1) Bei einer Objektabsaugung werden die Gemische an der Entstehungsstelle/Austrittsstelle erfasst und sicher abgeführt. Voraussetzung ist, dass die Austrittstelle brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube bekannt und räumlich begrenzt ist z. B. Entlüftungs- und Beschickungsöffnungen.

(2) Die Wirksamkeit einer Objektabsaugung wird wesentlich durch den Erfassungsgrad beschrieben: je besser der Erfassungsgrad, umso kleiner ist die Ausdehnung des Bereichs, in dem noch gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorliegt.

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

(3) Bei den Erfassungselementen von Objektabsaugungen werden die geschlossene, die halboffene und die offene Bauart unterschieden:

1. Bei der geschlossenen Bauart z. B. Kapselung oder Einhausung wird die Austrittsstelle vollständig umschlossen. Der Luftaustausch am Ort der Austrittsstelle erfolgt, indem der umschlossene Raum abgesaugt wird und Luft aus der Umgebung gezielt durch Öffnungen nachströmt. Erfassungselemente geschlossener Bauart (Kapselung) ermöglichen eine nahezu vollständige Erfassung, so dass außerhalb der Einhausung keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre mehr auftreten kann.

2. Bei der halboffenen Bauart z. B. Absaugstand, Abzugschrank befindet sich die Austrittsstelle innerhalb der Erfassungseinrichtung, die abgesaugt wird. Luft soll nur aus einer Richtung (offene Seite) gezielt nachströmen.

3. Erfassungselemente halboffener Bauart liefern nur dann zufriedenstellende Erfassungsgrade, wenn die Erfassungsgeschwindigkeit im gesamten Öffnungsquerschnitt so groß ist, dass sie erzwingt, dass die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre zur Absaugöffnung strömt.

4. Bei der offenen Bauart z. B. Saugrohr mit Flansch, Absaughaube oder Badabsaugung liegt die Austritts-/ Entstehungsstelle außerhalb der Erfassungseinrichtung. Das Nachströmen der Luft erfolgt undefiniert aus verschiedenen Richtungen.

5. Bei Erfassungselementen offener Bauart sind gute Erfassungsgrade schwer zu erzielen. Die Erfassungselemente müssen möglichst nahe an der Austrittsstelle positioniert werden und erfassen die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur, wenn die Erfassungsgeschwindigkeit die Richtwerte nach BGIA-Report 5/2005 "Lufttechnik in Industriehallen", alternativ nach VDI 2262-4, erreicht oder überschreitet. Diese gelten nur für die jeweiligen Einsatzbedingungen. Die Wirksamkeit dieser Erfassungselemente kann bei Auftreten von Querströmungen z. B. durch Öffnen von Hallentoren sehr stark reduziert werden.

(4) Allgemeine Anforderungen für die richtige Auswahl und Anordnung von Erfassungselementen sind:

1. Erfassungselemente müssen so gestaltet sein, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre an der Entstehungs-/Austrittsstelle möglichst vollständig erfasst wird.

2. Erfassungselemente sind räumlich so anzuordnen, dass sie weder von einer bestehenden Raumlüftung in ihrer Wirksamkeit nachteilig beeinflusst werden noch diese nachteilig beeinflussen.

(5) Daraus ergibt sich folgende Rangfolge für die Wirksamkeit der Erfassungselemente:

1. geschlossene Bauart (Kapselung),

2. halboffene Bauart,

3. offene Bauart.

(6) Bei offener Bauart kann das Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung der Austrittsstelle eingeschränkt werden, wenn zusätzlich zur Objektabsaugung eine Raumlüftung eingesetzt wird.

4.7
Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagen oder Anlagenteilen

4.7.1
Allgemeines

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

(1) Zur Erkennung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre können Gaswarneinrichtungen verwendet werden. Sie werden verwendet zur manuellen oder automatischen Auslösung weiterer Maßnahmen. Werden Gaswarneinrichtungen zur Warnung vor Gesundheitsgefahren verwendet, können diese auch zur Warnung vor Explosionsgefahr dienen. Die hierfür maßgeblichen Grenzwerte liegen um Zehnerpotenzen niedriger als die unteren Explosionsgrenzen.

(2) Für den Einsatz von Gaswarneinrichtungen gelten die folgenden Voraussetzungen:

1. genügende Kenntnisse über die zu erwartenden Gefahrstoffe, die Lage ihrer Quellen, ihre maximalen Quellstärken und die Ausbreitungsbedingungen,

2. eine den Einsatzbedingungen angemessene Funktionsfähigkeit der Geräte, insbesondere bezüglich Ansprechzeit, Ansprechwert und Querempfindlichkeit,

3. die zu erwartenden Gefahrstoffe durch geeignete Wahl von Anzahl und Ort der Messstellen ausreichend schnell und sicher zu erfassen,

4. Kenntnis des Bereiches, der bis zum Wirksamwerden der durch das Gerät auszulösenden Explosionsschutzmaßnahmen explosionsgefährdet sein wird. In diesem Bereich (abhängig von Nummer 1 bis 3) sind Explosionsschutzmaßnahmen zur Zündquellenvermeidung erforderlich,

5. ausreichend sicheres Verhindern des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre außerhalb des Bereiches in Nummer 4 durch die auszulösenden Explosionsschutzmaßnahmen und

6. durch eine Fehlauslösung dürfen keine anderweitigen Gefahren auftreten.

(3) Gaswarneinrichtungen für den Einsatz im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen gemäß dieser TRGS sind hinsichtlich der messtechnischen Funktionsfähigkeit und der funktionalen Sicherheit für den vorgesehenen Einsatzfall geeignet auszuwählen. Hierbei sind die in der Betriebsanleitung durch den Hersteller getroffenen Festlegungen zur bestimmungsgemäßen Verwendung zu berücksichtigen. Die in der von der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und Chemische Industrie herausgegebenen "Liste funktionsgeprüfter Gaswarngeräte" aufgeführten Gaswarngeräte gelten als geeignet. Dies gilt auch für andere Gaswarngeräte, wenn die Messfunktion von einer in der EU dafür notifizierten Stelle (EN 60079-29-1) geprüft ist. Hilfestellungen zur Gewährleistung der erforderlichen Funktionsfähigkeit können den DKE-Rundschreiben K966.1_2018-0112 entnommen werden.

(4) Anforderungen an die Zuverlässigkeit von Gaswarneinrichtungen und damit ggfs. verbundener Schaltfunktionen können der TRGS 725 entnommen werden. Hilfestellungen zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit können dem DKE-Rundschreiben K966.1_2019-0028 entnommen werden.

(5) Beim Einsatz von Gaswarneinrichtungen muss berücksichtigt werden, dass auch während der Phasen, in denen die Einrichtung temporär nicht funktionsbereit ist, z. B. im Rahmen von Kalibrierung oder Wartung, die Explosionssicherheit der Anlage gewährleistet bleibt.

(6) Die Funktion der Gaswarneinrichtungen ist vor Inbetriebnahme und wiederkehrend zu prüfen. Die wiederkehrende Prüfung kann entfallen, wenn ein Instandhaltungskonzept nach TRBS 1201-1 angewendet wird; nähere Informationen siehe DGUV Information 213-057 (Merkblatt T 023 der BG RCI).

(7) Gaswarneinrichtungen müssen so installiert und betrieben werden, dass jederzeit ein Eingreifen von Hand in den von der Gaswarneinrichtung gesteuerten automatischen Ablauf möglich ist. Dieser Eingriff darf nicht zum Verlust der Explosionssicherheit führen und darf nur von hierfür befugten Personen vorgenommen werden.

4.7.2
Gaswarneinrichtungen mit Alarmierung

(1) Die Messstellen der Gaswarngeräte sind in der Nähe der Stellen anzubringen, an denen mit dem Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist. Die Alarmschwelle des Gerätes muss auf eine Konzentration mindestens so weit unterhalb der unteren Explosionsgrenze eingestellt sein, dass nach Alarmierung die in der Betriebsanweisung festgelegten Maßnahmen rechtzeitig wirksam werden können. Es empfiehlt sich, die Alarmschwelle bei so niedrigen Konzentrationen festzusetzen, wie es aus betriebstechnischen Gründen gerade noch sinnvoll ist.

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH

4.7.3
Gaswarneinrichtungen mit automatischen Schaltfunktionen

(1) Gaswarneinrichtungen können neben der Alarmierung noch zusätzliche Funktionen übernehmen. Die verfahrenstechnische Anlage bleibt dabei in Betrieb. Die Maßnahmen können sich entweder auf die Atmosphäre außerhalb oder auf das Innere der Anlagenteile beziehen. Beim Erreichen einer Schaltschwelle oder bei darüber liegenden, aber noch unbedenklichen Konzentrationen löst die Gaswarneinrichtung über automatische Schaltvorgänge Maßnahmen aus, die erfahrungsgemäß eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre sicher verhindern. Beispielsweise können beim Erreichen der Schaltschwelle besondere Lüftungseinrichtungen durch die Gaswarneinrichtung in Betrieb gesetzt werden. In dem Anlagenteil können weitere Maßnahmen ausgelöst werden, z. B. Herabsetzung des Innendruckes, Absperren der undichten Anlagenteile, Inertisierung, Abschalten von wirksamen Zündquellen.

4.7.4
Gaswarneinrichtungen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen

(1) Erreicht die Konzentration eine festzulegende Schaltschwelle, die üblicherweise oberhalb der Schaltschwelle nach Abschnitt 4.7.2 oder Abschnitt 4.7.3 liegt, werden durch die Gaswarneinrichtung über die in Abschnitt 4.7.3 beschriebenen Maßnahmen hinaus automatische Abschaltvorgänge ausgelöst, die ein gefahrloses Abfahren der gefährdeten Anlagen oder Anlagenteile bewirken.

Literaturhinweise

[1] TRGS 720 "Gefährliche explosionsfähige Gemische - Allgemeines"

[2] TRGS 721 "Gefährliche explosionsfähige Gemische - Beurteilung der Explosionsgefährdung"

[3] TRGS 723 "Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische"

[4] TRGS 724 "Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken"

[5] TRGS 725 "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen"

[6] TRGS 727 "Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen"

[7] BGIA-Report 5/2005 "Lufttechnik in Industriehallen"; *https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/rep/pdf/rep05/biar0505/reportgesamt.pdf*

[8] DIN EN 60079-29-1:2017-09: Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 29-1: Gasmessgeräte - Anforderungen an das Betriebsverhalten von Geräten für die Messung brennbarer Gase

[9] Liste funktionsgeprüfter Gaswarngeräte;

https://www.bgrci.de/exinfode/dokumente/gaswarneinrichtungen-und-geraete/funktionsgepruefte-gaswarngeraete

[10] Leitlinie für Vielstoff-Anwendungen von Gaswarngeräten für brennbare Gase und Dämpfe (DKE-Rundschreiben K966.1_2018-0112);

https://www.bgrci.de/exinfode/dokumente/gaswarneinrichtungen-und-geraete/anwendungshinweise/

[11] Einsatz und Betrieb von speicherprogrammierbaren Steuerungen (PLS, SPS, SSPS) als Steuereinheiten von ortsfesten Gaswarneinrichtungen (DKE-Rundschreiben K966.1_2019-0028);

https://www.bgrci.de/exinfode/dokumente/gaswarneinrichtungen-und-geraete/anwendungshinweise/

[12] DGUV Information 213-057 (Merkblatt T 023 der BG RCI) "Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz - Einsatz und Betrieb"

https://downloadcenter.bgrci.de/resource/downloadcenter/downloads/T023_Gesamtdokument.pdf

[13] Sicherheitstechnische Kenngrößen von Gasen und Dämpfen bei nicht-atmosphärischen Bedingungen, W. Hirsch, E. Brandes, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig 2014

© 2024 Wolters Kluwer Deutschland GmbH