



Gas- explosionen

*Schutz vor Explosionen
durch brennbare Gase,
Dämpfe oder Nebel
im Gemisch
mit Luft*



suva

**Schweizerische
Unfallversicherungsanstalt
Postfach 4358
CH-6002 Luzern
Schweiz**



DIE INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SOZIALE SICHERHEIT (IVSS)

hat über 300 Mitglieder (Regierungsbehörden und Anstalten) in mehr als 120 Staaten, von denen sich die Hälfte mit der Arbeitssicherheit befassen. Sitz der IVSS ist Genf, beim Internationalen Arbeitsamt. Ihr Hauptziel ist die Förderung und der Ausbau der **SOZIALEN SICHERHEIT** in allen Teilen der Welt.

Zur Intensivierung der Arbeitssicherheit in den Betrieben ist seit 1970 für den Bereich der chemischen Industrie einschliesslich der Kunststoff-, Sprengstoff-, Mineralöl- und Gummiindustrie die



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS FÜR DIE VERHÜTUNG VON ARBEITSUNFÄLLEN UND BERUFSKRANKHEITEN IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE

gebildet worden. Vorsitz und Sekretariat liegen bei der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, D-69115 Heidelberg.

Zur Verbesserung der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes in den Betrieben wurde 1975 die



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS FÜR MASCHINENSICHERHEIT

gegründet. Sie behandelt Fragen zur Sicherheit von Maschinen, Anlagen und Systemen. Vorsitz und Sekretariat: Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten, D-68165 Mannheim.

Gasexplosionen

Schutz vor Explosionen durch brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel im Gemisch mit Luft

Kompendium für die Praxis

2. überarbeitete Auflage, 1999

Herausgeber

Internationale Sektion für die Verhütung von Arbeitsunfällen und
Berufskrankheiten in der chemischen Industrie der
Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS)
Kurfürsten Anlage 62 (BG-Chemie-Haus)
D-69 115 Heidelberg
Deutschland

Vorwort

Die internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) hat sich zum Ziel gesetzt, durch fachlich orientierte Sektionen die Risiken, die in der sozialen Sicherheit wahrgenommen werden, z.B. Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten, durch Informationsaustausch, Veröffentlichungen und Kolloquien aufzuzeigen und Vorschläge zu deren Verhütung zu machen.

Der Vorstand der «Sektion Chemie» der IVSS hat eine «Arbeitsgruppe Explosionsschutz» eingesetzt, um den internationalen Erfahrungsaustausch unter Fachleuten zu fördern und für bestimmte Probleme gemeinsam Lösungen zu erarbeiten. Sie will auf diesem Weg einen Beitrag zu einem hohen und unter Industrieländern vergleichbaren Stand der Technik auf dem Gebiet des Explosionsschutzes leisten. Sie ist gewillt, ihr Wissen den industriell noch weniger entwickelten Ländern weiterzugeben. Diese Broschüre wurde in enger Zusammenarbeit mit der «Sektion Maschinensicherheit» der IVSS erarbeitet.

Dieses Kompendium soll Betriebsleitern, Sicherheitsfachkräften usw. die Möglichkeit geben, ohne spezielle Kenntnisse auf dem Gebiet des Explosionsschutzes im eigenen Betrieb zu beurteilen, ob Explosionsgefahren durch brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel im Gemisch mit Luft bestehen können. Zur Lösung der Frage, ob Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich und möglich sind, ist das Kompendium nicht gedacht, hierfür ist das Wissen der Experten erforderlich.

Die Fragen des Gesundheitsschutzes werden in dieser Broschüre nicht behandelt.



Dr. E. Radek
Vorsitzender des Vorstandes
der Sektion Chemie

Mitarbeiter und Autoren

Vorsitz

Dr. R. J. Ott, Suva

Unter Mitarbeit von

Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA), Wien	(A)
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (BIA), Sankt Augustin	(D)
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg	(D)
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten (BGN), Mannheim	(D)
European Commission, Occupational accident and injuries, Luxembourg	(L)
Inburex GmbH, Hamm	(D)
Institut national de recherche et de sécurité (INRS), Paris	(F)
Pellmont Explosionsschutz, Binningen, Basel	(CH)
Sicherheitsinstitut, Basel	(CH)
Stazione Sperimentale per i Combustibili (SSC), San Donato Milanese	(I)
Suva (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt), Luzern	(CH)

Autoren

Dipl.-Ing.H. Beck, Sankt Augustin	(D)	Dr. G. Pellmont Binningen/Basel	(CH)
Dr. B. Dyrba, Heidelberg	(D)	Ing. J.-M. Petit, Paris	(F)
Prof. Dr. A. Fiumara, San Donato Milanese	(I)	Prof. Dr. S. Radandt, Mannheim	(D)
Dr. M. Glor, Basel	(CH)	Dr. H. Rainbauer, Wien	(A)
Dr. R.J. Ott, Luzern	(CH)	Dr. R.L. Rogers, Hamm	(D)
P.C. Parlevliet, Luxembourg	(L)	Dr. L. Rossinelli, Luzern	(CH)
		Dipl. Chem. F. Scheller, Luzern	(CH)

Gestaltung und Grafik

Dr. R. J. Ott, Luzern	(CH)
Dipl.-Designer D. Settele, Mannheim	(D)

Inhalt

Voraussetzungen für das Auftreten von Explosionen ...	S. 10
Schutzmassnahmen	S. 17
Verhindern des Eintretens einer Explosion	S. 18
Vermeiden gefährlicher Auswirkungen einer Explosion	S. 25
Organisatorische Massnahmen	S. 30
Bauliche Massnahmen	S. 33
Sicherheitstechnische Kenngrössen	S. 34
Weiterführende Literatur	S. 36
Schriftenreihe IVSS-Explosionsschutz	S. 37

Voraussetzungen für das Auftreten von Explosionen

Was ist eine Explosion?

Eine Explosion ist eine sehr schnell ablaufende chemische Reaktion eines brennbaren Stoffes, bei der grosse Energiemengen freigesetzt werden.

Was ist eine Detonation?

Eine Detonation ist eine Explosion, bei der die Ausbreitung der chemischen Reaktion bzw. der Flamme durch das Reaktionsgemisch zu einer Geschwindigkeit über der Schallgeschwindigkeit beschleunigt wird. Eine Explosion kann sich z.B. in einer langen Rohrleitung zu einer Detonation entwickeln.

Wann kann in meinem Betrieb Explosionsgefahr durch brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel bestehen? ¹⁾

Eine solche Gefahr kann bestehen, wenn im Betrieb brennbare Flüssigkeiten oder brennbare Gase hergestellt und gelagert werden oder damit umgegangen wird und dabei Gase, Dämpfe oder Nebel entstehen.

Was versteht man unter brennbaren Flüssigkeiten?

Dies sind Flüssigkeiten, deren Dämpfe oder Nebel mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden können.

Brennbare Dämpfe entstehen aus Flüssigkeiten, deren Temperatur über dem Flammpunkt liegt.

Nebel können beim Versprühen von Flüssigkeiten gebildet werden.

¹⁾ Explosionsgefahren durch brennbare Stäube vergleiche IVSS-Broschüre: «Schutz vor Staubexplosionen», S. 37.

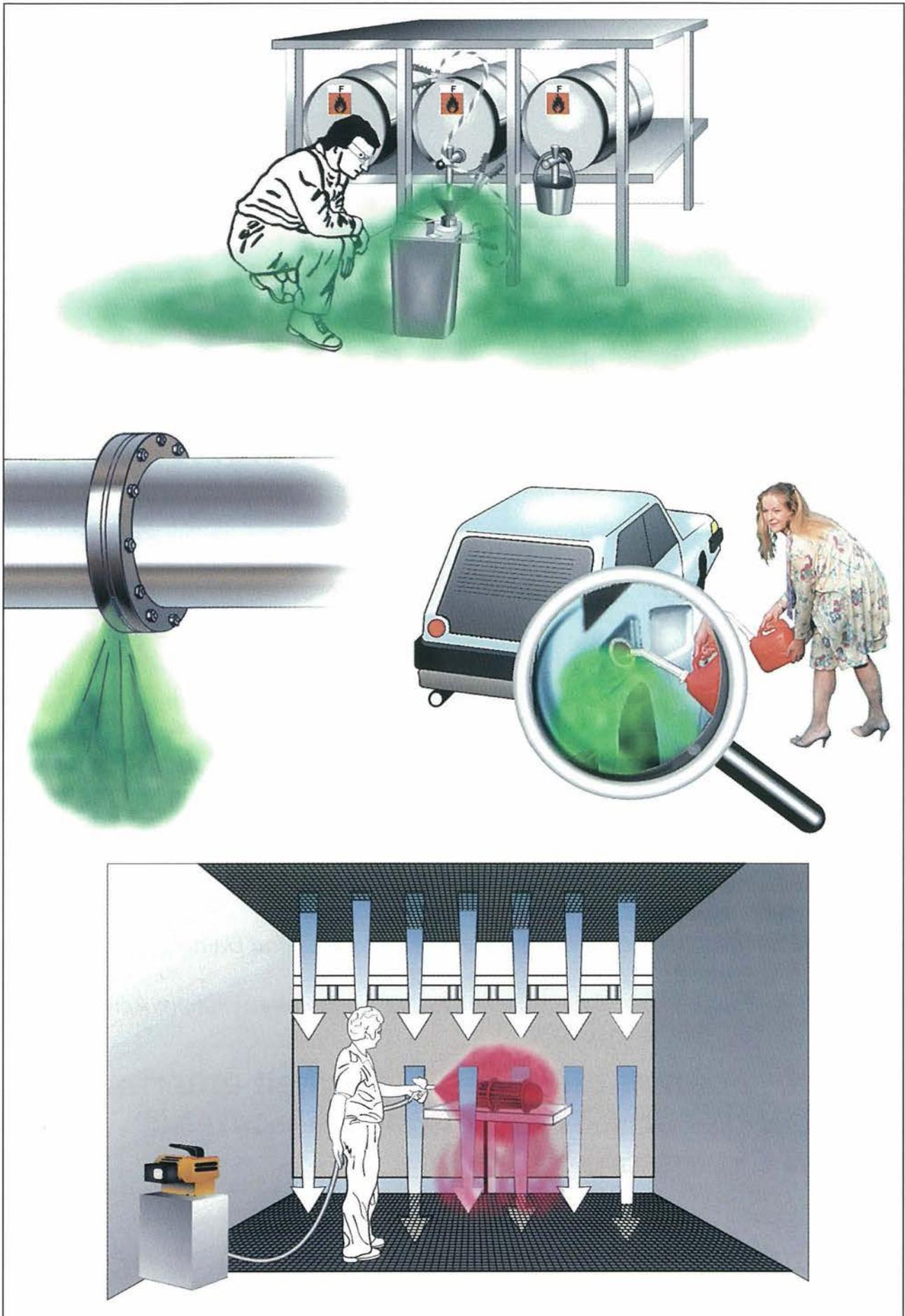


Bild 1: Beispiele der Bildung von Dämpfen und Nebeln aus brennbaren Flüssigkeiten

Was ist der Flammpunkt einer Flüssigkeit?

Der Flammpunkt einer brennbaren Flüssigkeit ist die niedrigste Temperatur, bei der sich aus dieser Flüssigkeit unter festgelegten Bedingungen Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass diese beim Annähern einer wirksamen Zündquelle sofort entflammen.

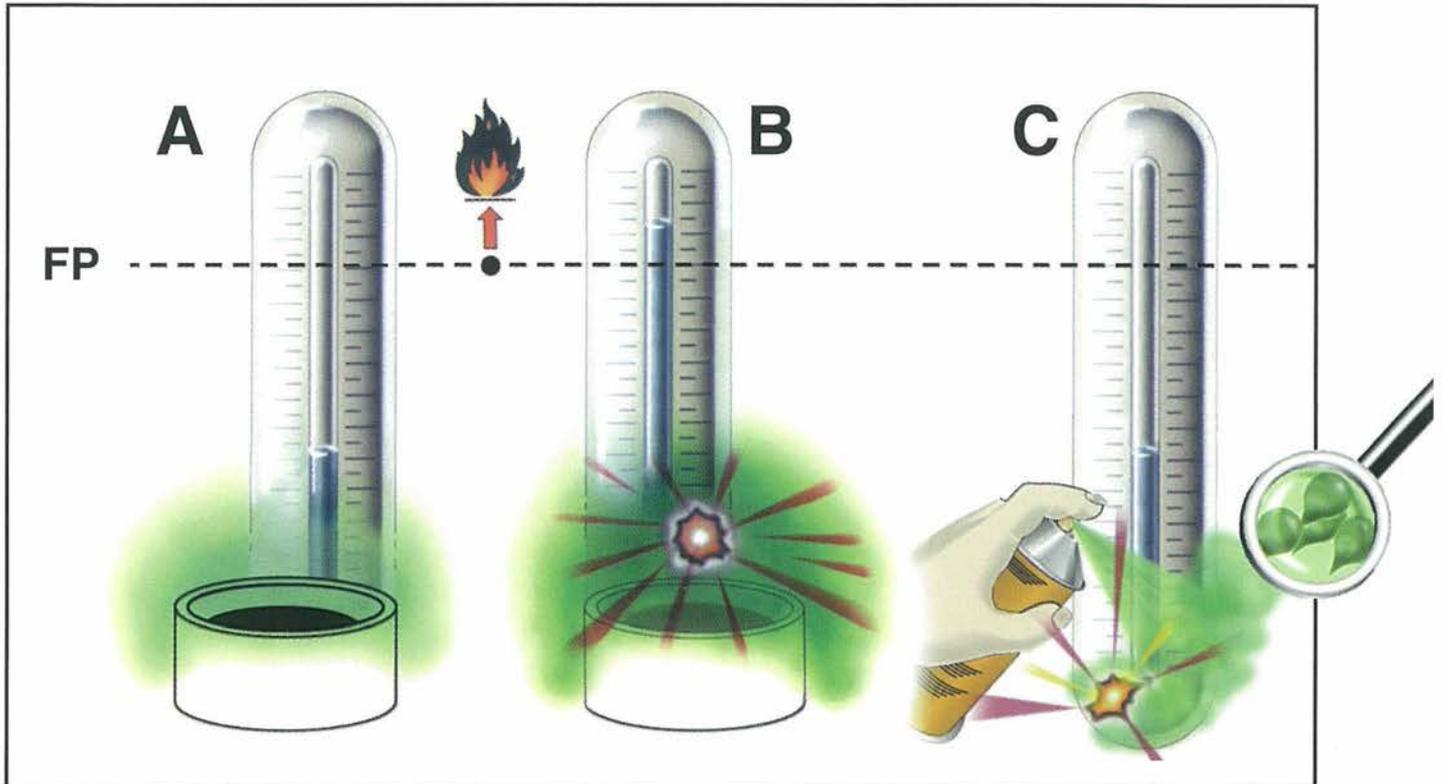


Bild 2: Bedeutung des Flammpunktes (FP)

- A: Flammpunkt über der Arbeitstemperatur; zu wenig Dämpfe, keine Explosionsgefahr
- B: Flammpunkt unter der Arbeitstemperatur: genügend Dämpfe, Explosionsgefahr
- C: Flammpunkt über der Arbeitstemperatur, jedoch Versprühen: Aerosol (Nebel), Explosionsgefahr

Liegt der Flammpunkt der Flüssigkeit unterhalb der Umgebungs- bzw. Verarbeitungstemperatur, besteht Explosionsgefahr!

Nebel brennbarer Flüssigkeiten können eine Brand- und Explosionsgefahr auch unterhalb des Flammpunktes hervorrufen!

Was ist eine explosionsfähige Atmosphäre?

Eine explosionsfähige Atmosphäre liegt dann vor, wenn brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel in solchen Mengen in Luft vorhanden sind (innerhalb der Explosionsgrenzen), dass sich nach erfolgter Entzündung eine Reaktion selbständig fortpflanzt.

Wann kommt es zu einer Explosion?

Zu einer Explosion durch brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel kann es kommen, wenn gleichzeitig und gleichräumig folgende Voraussetzungen vorliegen (vgl. Bild 3):

- brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel im Gemisch mit Luft innerhalb der Explosionsgrenzen, d.h.
 - ausreichender Brennstoffanteil und
 - ausreichender Sauerstoffanteil sowie
- eine wirksame Zündquelle.

Sicheres Vermeiden einer dieser Voraussetzungen kann eine Explosion verhindern!

Was sind Explosionsgrenzen?

Brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel sind im Gemisch mit Luft nur innerhalb eines bestimmten Konzentrationsbereichs explosionsfähig (vgl. Bild 4).

Unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) ist zu wenig brennbarer Stoff vorhanden: das Gemisch ist zu *mager*. Oberhalb der oberen Explosionsgrenze (OEG) ist zuviel brennbarer Stoff vorhanden: das Gemisch ist zu *fett*. Der Konzentrationsbereich zwischen der unteren und oberen Explosionsgrenze ist der Explosionsbereich. In diesem Konzentrationsbereich ist ein Gemisch explosionsfähig, d.h. es herrscht Explosionsgefahr. Die Explosionsgrenzen werden in Vol.-% oder aber in g/m^3 angegeben. Die Explosionsgrenzen sind stoffbezogene Werte. Sind sie nicht bekannt, können sie experimentell ermittelt werden.

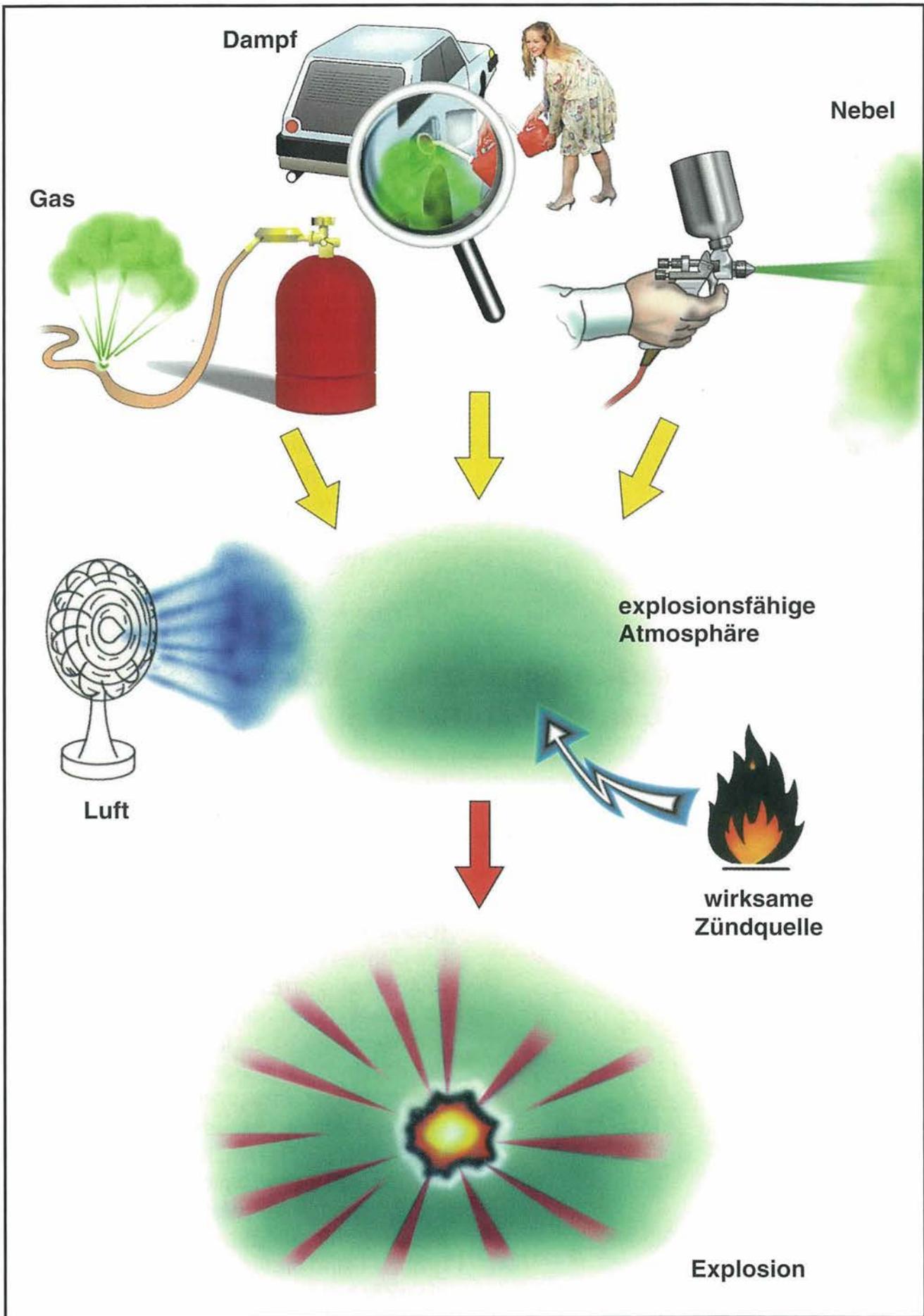


Bild 3: Voraussetzungen für das Zustandekommen von Explosionen

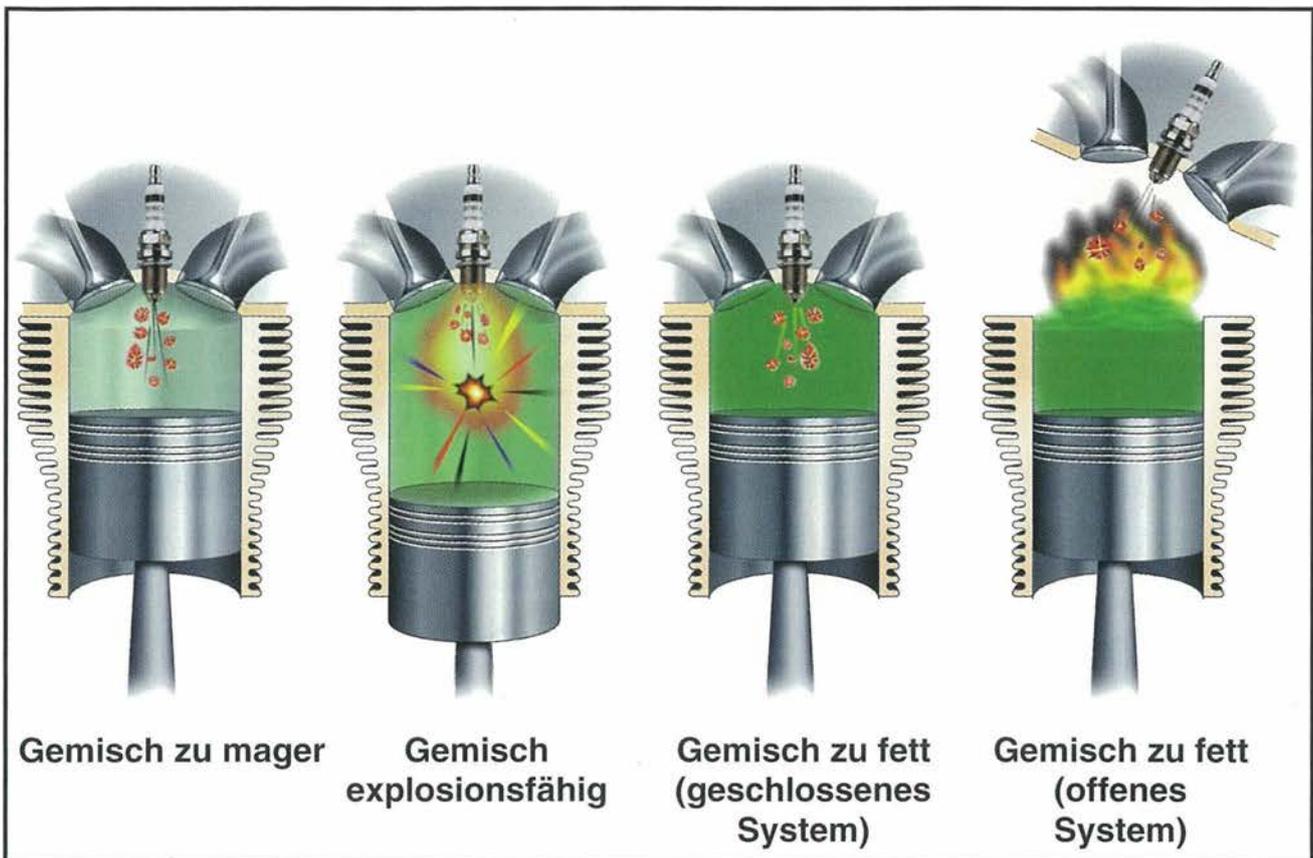


Bild 4: Explosionsgrenzen

Welche Sauerstoffmengen sind für eine Explosion ausreichend?

Der Sauerstoffgehalt der Luft ist als ausreichend zu betrachten.

Brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel sind aber noch bei vermindertem Sauerstoffgehalt explosionsfähig.

Der höchste Sauerstoffgehalt, bei dem eine Explosion nicht mehr möglich ist, ist die Sauerstoffgrenzkonzentration.

Bei höherem Sauerstoffanteil als in der Luft kommt es zu heftigeren Explosionen.

Was sind Zündquellen?

Von vielen Möglichkeiten haben in der betrieblichen Praxis folgende Zündquellen¹⁾ eine grosse Bedeutung (vgl. Bild 5):

- Heisse Oberflächen
- Feuer, Flammen, Glut
- Mechanisch erzeugte Funken
- Elektrisch erzeugte Funken
- Elektrostatische Entladungsfunken

¹⁾ Vgl. IVSS-Broschüre «Zündquellen», S. 37.

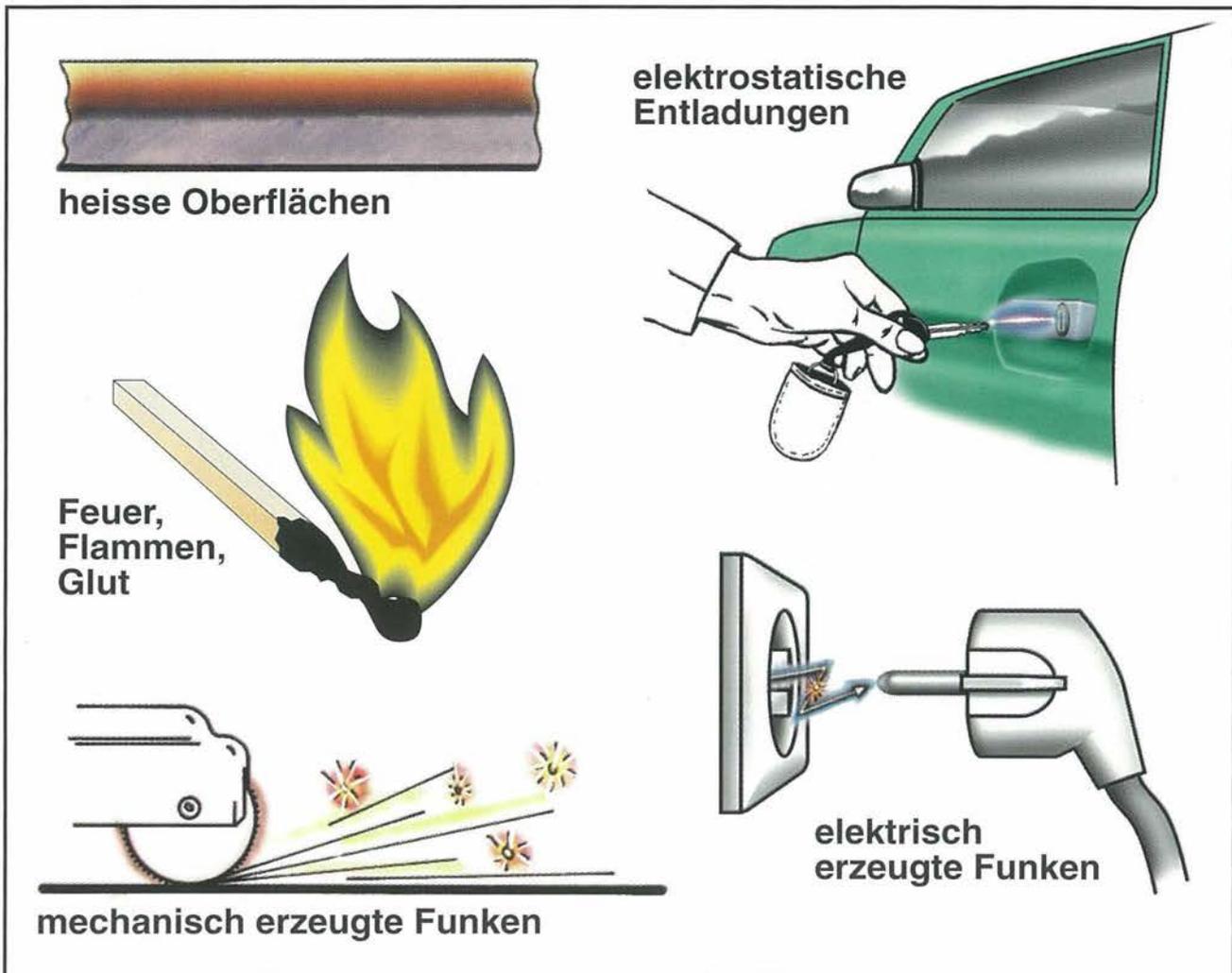


Bild 5: Mögliche Zündquellen

Was ist eine wirksame Zündquelle¹⁾?

Nicht jede Zündquelle ist energiereich genug, um alle Arten explosionsfähiger Gemische zu entzünden, d.h. nicht jede Zündquelle ist in einer gegebenen Situation auch eine wirksame Zündquelle.

Eine wirksame Zündquelle liegt dann vor, wenn sie soviel Energie an die explosionsfähige Atmosphäre abgeben kann, dass eine selbsttätige Fortpflanzung der Verbrennung eintritt.

Wird im Betrieb mit brennbaren Gasen oder Flüssigkeiten umgegangen, kann Explosionsgefahr bestehen.

¹⁾ Vgl. IVSS-Broschüren «Zündquellen» und «Statische Elektrizität», S. 37.

Schutzmassnahmen

Muss aufgrund der angestellten Überlegungen (z.B. Sicherheitsbetrachtung) davon ausgegangen werden, dass eine Explosion möglich ist, sind Massnahmen zu treffen. Hierzu bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- Verhindern des Eintretens einer Explosion («Vorbeugender Explosionsschutz»)
 - Vermeiden oder Einschränken der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre
 - Vermeiden wirksamer Zündquellen
- Vermeiden von gefährlichen Auswirkungen einer Explosion («Konstruktiver Explosionsschutz»)

Kombinationen dieser Möglichkeiten können sinnvoll oder sogar erforderlich sein. Technische Massnahmen sollen stets von organisatorischen Massnahmen begleitet werden.

Bei brennbaren Gasen, Dämpfen und Nebeln hat das Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre gegenüber dem Vermeiden von Zündquellen und den Massnahmen des «Konstruktiven Explosionsschutzes» Vorrang, z.B.:

- Ersatz von brennbaren durch unbrennbare Stoffe
- in Form von Lüftungsmassnahmen
- durch Inertisierung von Anlagen.

Von den Massnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes ist bei brennbaren Gasen, Dämpfen und Nebeln vor allem das explosionstechnische Entkoppeln von Anlageteilen, z.B. bei Rohrleitungen und Behältern von Bedeutung.

Verhindern des Eintretens einer Explosion

Welche Massnahmen bieten sich an, um Explosionen zu verhindern?

Explosionen lassen sich verhindern, wenn

- der brennbare Stoff durch einen unbrennbaren ersetzt werden kann

oder

- die Konzentration des brennbaren Stoffes so niedrig gehalten werden kann, dass das Brennstoff/Luft-Gemisch für eine Explosion zu mager ist

oder

- der zur explosionsartigen Verbrennung des Gemisches notwendige Sauerstoff ausgeschlossen bzw. unterhalb der Sauerstoffgrenzkonzentration gehalten werden kann

oder

- wirksame Zündquellen sicher ausgeschlossen werden können.

Ersatz von brennbaren durch unbrennbare Stoffe

In einigen Fällen lassen sich z.B.:

- brennbare Löse- und Reinigungsmittel durch Wasser oder nichtbrennbare Lösemittel
- brennbare Druckübertragungsflüssigkeiten durch nichtbrennbare Flüssigkeiten
- Kohlenwasserstoffe mit niedrigem Flammpunkt durch Kohlenwasserstoffe mit einem ausreichend sicher über Umgebungs- und Verarbeitungstemperatur liegenden Flammpunkt

ersetzen.

Begrenzen der explosionsfähigen Atmosphäre

Ein Begrenzen der Menge bzw. der Ausdehnung der explosionsfähigen Atmosphäre kann z.B. erreicht werden durch:

- geschlossene Systeme (dichte Bauweise)
- automatische Absperreinrichtungen
- Lüftungsmassnahmen
- Gaswarngeräte in Verbindung mit Lüftungsmassnahmen
- sicheres Halten der Arbeitstemperatur auf einem Wert unterhalb des Flammpunktes

Lüftung

Bei der Lüftung unterscheidet man natürliche Lüftung, die meist nur im Freien ausreichend ist und technische Lüftung. Technische Lüftung ermöglicht im Vergleich zur natürlichen Lüftung den Durchsatz grösserer Luftmengen und eine gezielte Luftführung (z.B. Vermeiden von Toträumen). Ausserdem können die auftretenden Konzentrationen mit wesentlich grösserer Sicherheit vorausberechnet werden.

Gaswarngeräte (vgl. Bild 7)

Gaswarngeräte haben die Aufgabe, unter bestimmten Einsatzbedingungen Bereiche zu überwachen, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Durch den Einsatz von Gaswarngeräten können z.B. automatische Schutzmassnahmen ausgelöst oder im Notfall Anlagen stillgelegt werden. Gaswarnanlagen müssen für den vorgesehenen Einsatzzweck geeignet sein. Sofern nationale Vorschriften hierfür bestehen, müssen die Geräte auf Funktionsfähigkeit geprüft sein.

Relative Dichte der Gase oder Dämpfe - Einfluss auf die Lüftung (vgl. Bild 6)

Bei der technischen Lüftung ist die relative Dichte der brennbaren Gase oder Dämpfe zu berücksichtigen. Die relative Dichte der Dämpfe von brennbaren Flüssigkeiten ist immer grösser als die der Luft. Gleiches gilt für Gase ausser Acetylen, Ammoniak, Cyanwasserstoff, Ethylen, Kohlenmonoxid, Methan und Wasserstoff.

Bei Gasen, die schwerer als Luft sind und Dämpfen müssen die Abluftöffnungen in Bodennähe und bei Gasen, die leichter als Luft sind, in Deckennähe vorgesehen werden.



Bild 6: Ausbreitungsverhalten am Beispiel von Flüssiggas

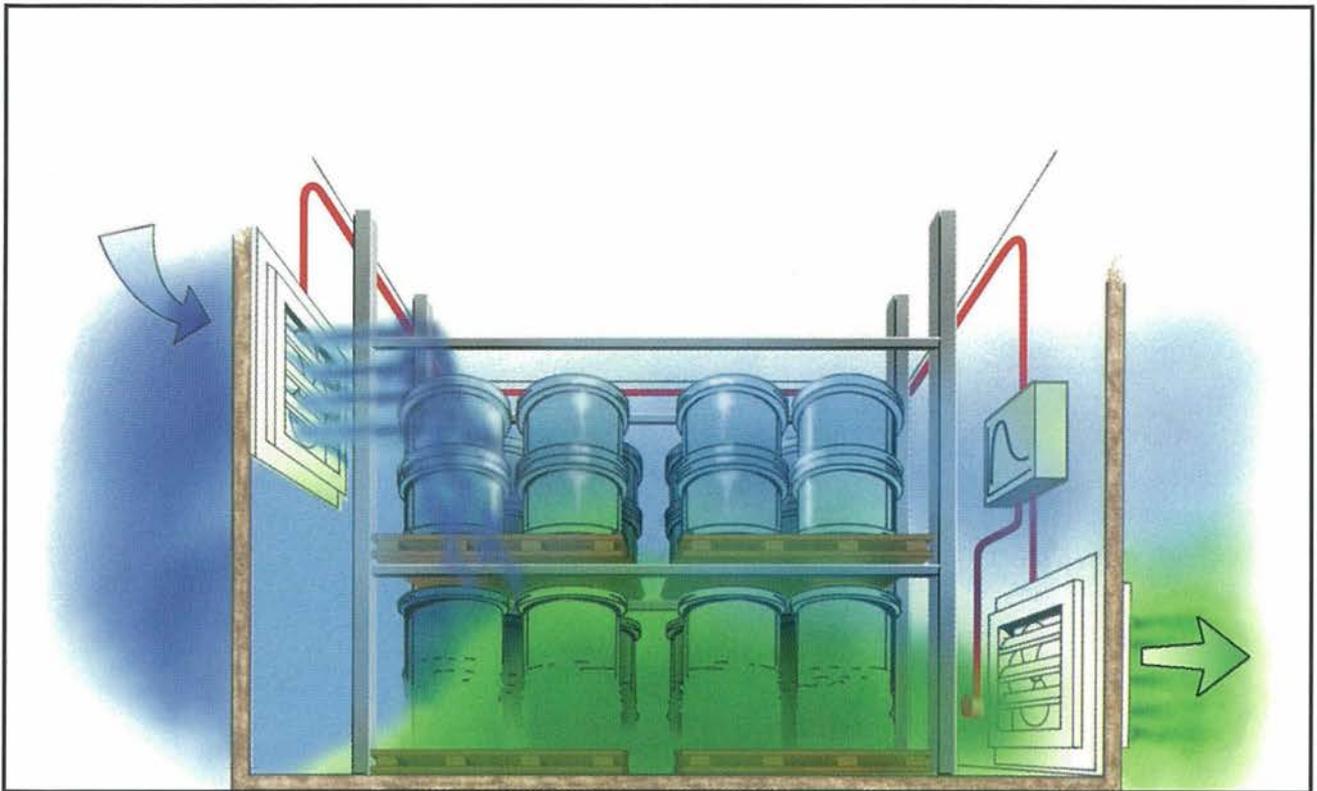


Bild 7: Einsatz eines Gaswarngerätes in einem Lösemittelager in Verbindung mit Lüftungstechnischen Massnahmen

Beschränken der Sauerstoffkonzentration (Inertisierung)

Durch nichtbrennbare Gase wie Stickstoff oder Kohlendioxid wird der Sauerstoff soweit verdrängt, dass die Sauerstoffgrenzkonzentration unterschritten wird und somit keine Explosion mehr stattfinden kann. Diese Massnahme ist sehr sicher, aber meist nur in geschlossenen Anlageteilen anwendbar. Sie erfordert einen hohen apparativen Aufwand, muss messtechnisch überwacht werden und verursacht in Abhängigkeit von Grösse und Dichtigkeit der Anlage u.U. hohe Folgekosten (Inertgasverbrauch).

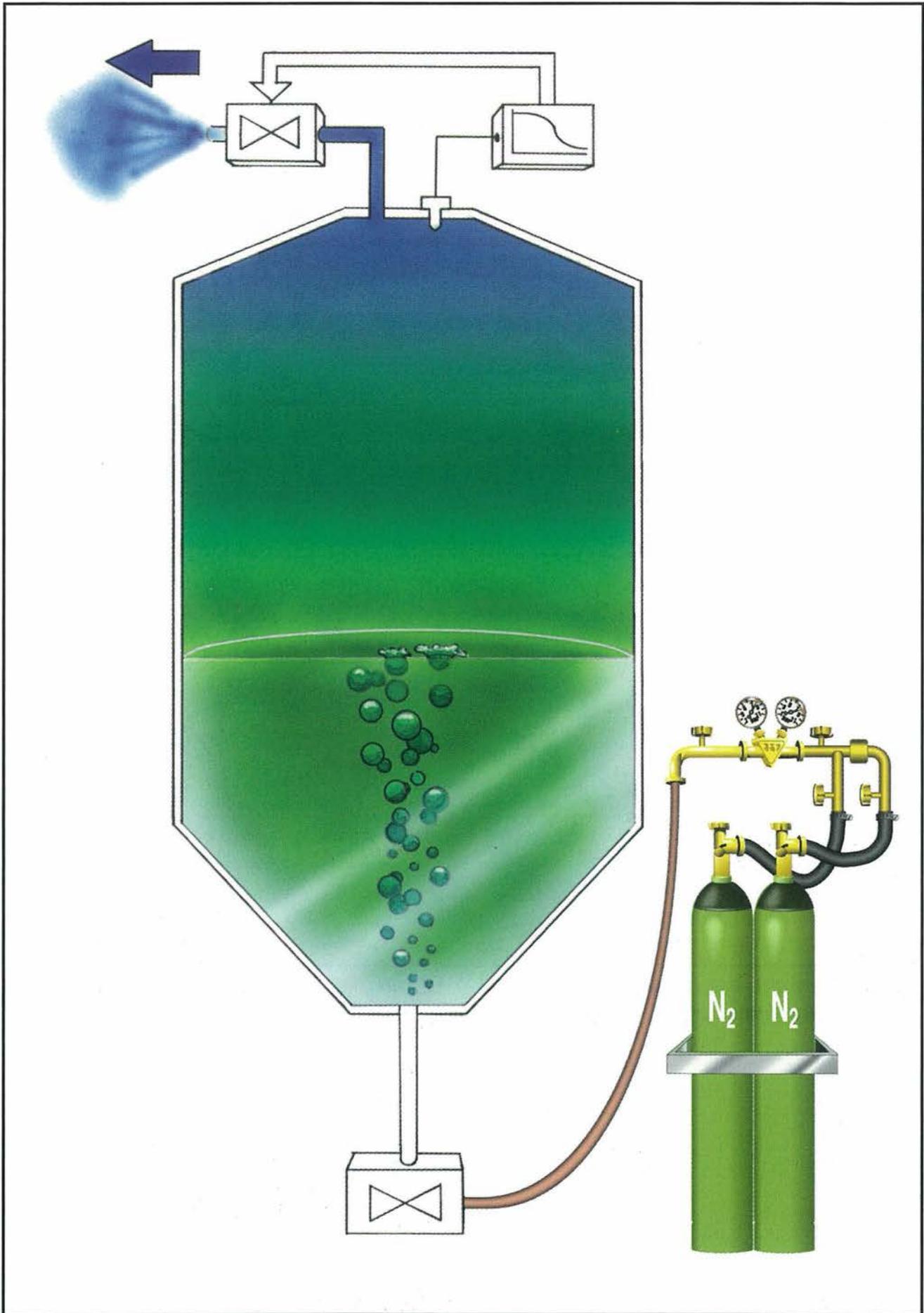


Bild 8: Inertisierung

Vermeiden von wirksamen Zündquellen

Die Massnahme «Vermeiden von wirksamen Zündquellen» soll stets - auch bei den konstruktiven Massnahmen - angewendet werden, es sei denn, die explosionsfähige Atmosphäre wird mit Sicherheit vermieden. Sie ist jedoch in der Praxis als alleinige Massnahme im allgemeinen nicht sicher genug.

Wirksame Zündquellen¹⁾ müssen dort vermieden werden, wo explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist oder auftreten kann, d. h. in explosionsgefährdeten Bereichen, die in Zonen eingeteilt werden.



Bild 9: Vermeiden von wirksamen Zündquellen

¹⁾ Vgl. IVSS-Broschüren «Zündquellen» und «Statische Elektrizität», S.37.

Was sind Zonen?

Explosionsgefährdete Bereiche werden aufgrund der Häufigkeit und der Dauer des Auftretens bzw. Vorhandenseins explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen¹⁾ unterteilt.

Zonen dienen zur Bestimmung des Umfangs der zum Vermeiden von wirksamen Zündquellen erforderlichen Massnahmen.

Vermeiden von explosionsfähiger Atmosphäre oder Ausschluss von Zündquellen verhindern eine Explosion!

Das Vermeiden von wirksamen Zündquellen ist in der Praxis meist nicht sicher genug; deshalb sind häufig weitere Schutzmassnahmen erforderlich.

¹⁾ Vgl. IVSS-Broschüre «Zündquellen», S. 37.

Vermeiden gefährlicher Auswirkungen einer Explosion

Massnahmen, welche gefährliche Auswirkungen einer Explosion vermeiden, werden auch Massnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes genannt. Behälter und Anlageteile werden dabei konstruktiv so ausgelegt oder ausgerüstet, dass durch die Explosion keine Menschen zu Schaden kommen und möglichst wenig Schäden an Gebäuden und Anlagen auftreten.

Welche Massnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes bieten sich an?

Die Auswirkungen einer Explosion lassen sich beschränken durch

- explosionsfeste Bauweise,
- Explosionsdruckentlastung,
- Explosionsunterdrückung,
- explosionstechnische Entkopplung.

Explosionsfeste Bauweise

Explosionsfeste Behälter und Anlagen, einschliesslich verbindender Rohrleitungen, Armaturen usw., müssen dem zu erwartenden Explosionsüberdruck standhalten, ohne aufzureissen.

Dabei wird unterschieden zwischen der

- explosionsdruckfesten Bauweise, bei der die Apparaturen ähnlich wie Druckbehälter ausgelegt werden, so dass infolge einer Explosionsdruckbelastung keine bleibenden Verformungen auftreten und der
- explosionsdruckstossfesten Bauweise, bei der bleibende Verformungen durchaus noch zugelassen werden und die Apparaturen nach der Explosion gegebenenfalls repariert oder ersetzt werden müssen (vgl. Bild 11).

Explosionsdruckentlastung

Bei der Explosionsdruckentlastung wird ein zu schützender Behälter mit einer Entlastungseinrichtung versehen, die bei einem definierten Druck, der deutlich unterhalb der Behälterfestigkeit liegen muss, öffnet. Einrichtungen hierfür sind z.B. Berstscheiben oder Explosionsklappen.

Druckentlastung immer in «ungefährliche Richtung», nie in den Arbeitsraum!

Explosionsunterdrückung

Eine Explosionsunterdrückungsanlage erkennt eine anlaufende Explosion mittels Flammen- oder Druckdetektoren und unterdrückt die Explosion in der Anlaufphase durch schnelles Einblasen von Löschmitteln.

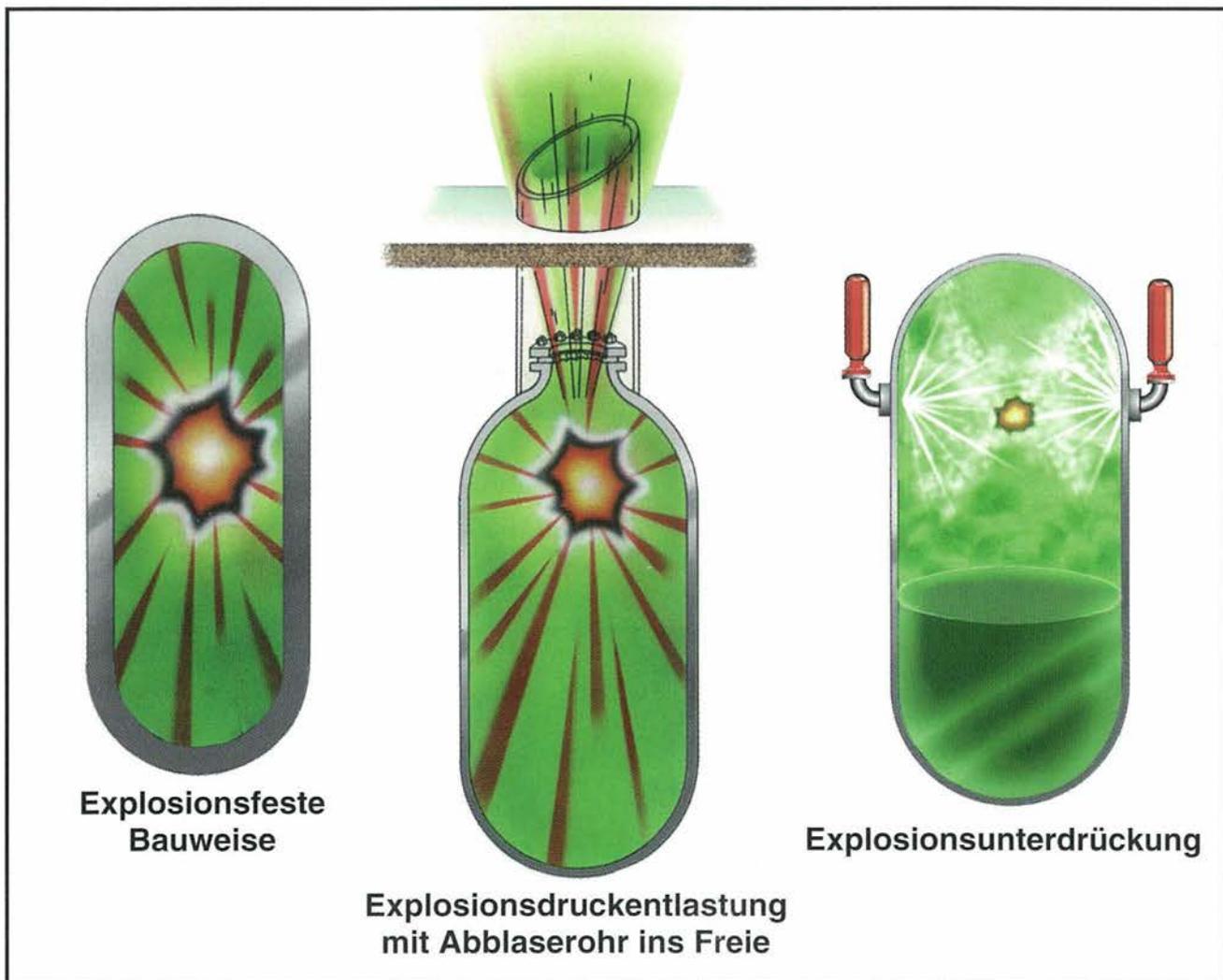


Bild 10: Beispiele von Massnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes

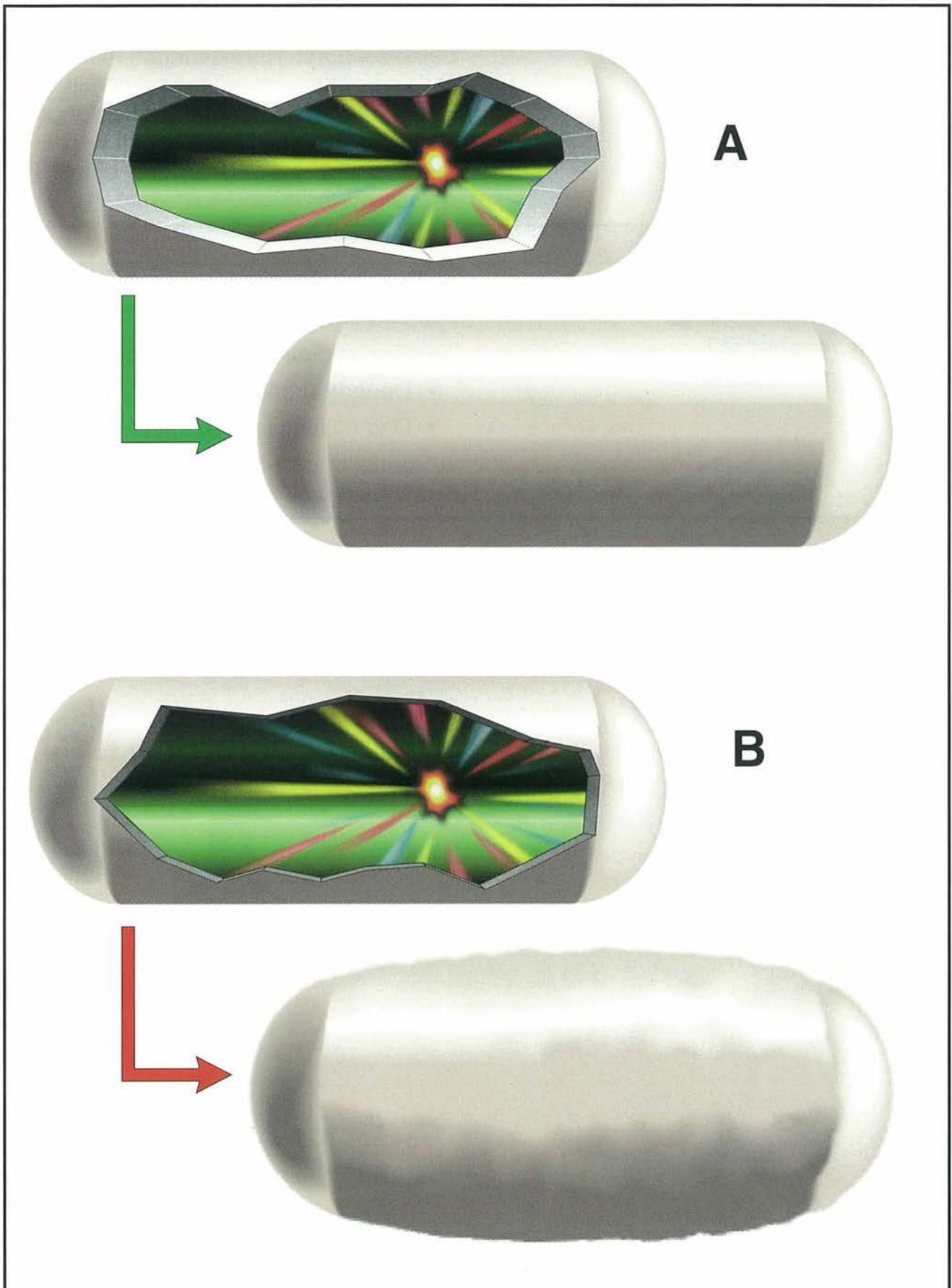


Bild 11: Beispiele von explosionsfesten Tankanlagen, vor und nach dem Explosionsereignis - A: explosionsdruckfeste Bauweise
B: explosionsdruckstossfeste Bauweise

Explosionstechnische Entkopplung

Sind explosionsgefährdete Bereiche (z.B. Behälter) durch Rohrleitungen miteinander verbunden, so müssen diese in der Regel durch geeignete Einrichtungen explosionstechnisch entkoppelt werden. Hierdurch kann die Auswirkung einer Explosion räumlich begrenzt werden.

Welche explosionstechnischen Entkopplungselemente werden verwendet?

Bei Gasen und Dämpfen sind vor allem Flammensperren wie

- Explosionsrohrsicherungen,
- Dauerbrandsicherungen,
- Detonationssicherungen

in Rohrleitungen oder auf Behältern von Bedeutung (vgl. Bild 12).

Bei der Entscheidung über die Wahl der Massnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes sind verschiedene Einflussgrössen zu berücksichtigen. Für deren Dimensionierung ist im allgemeinen Expertenwissen notwendig.

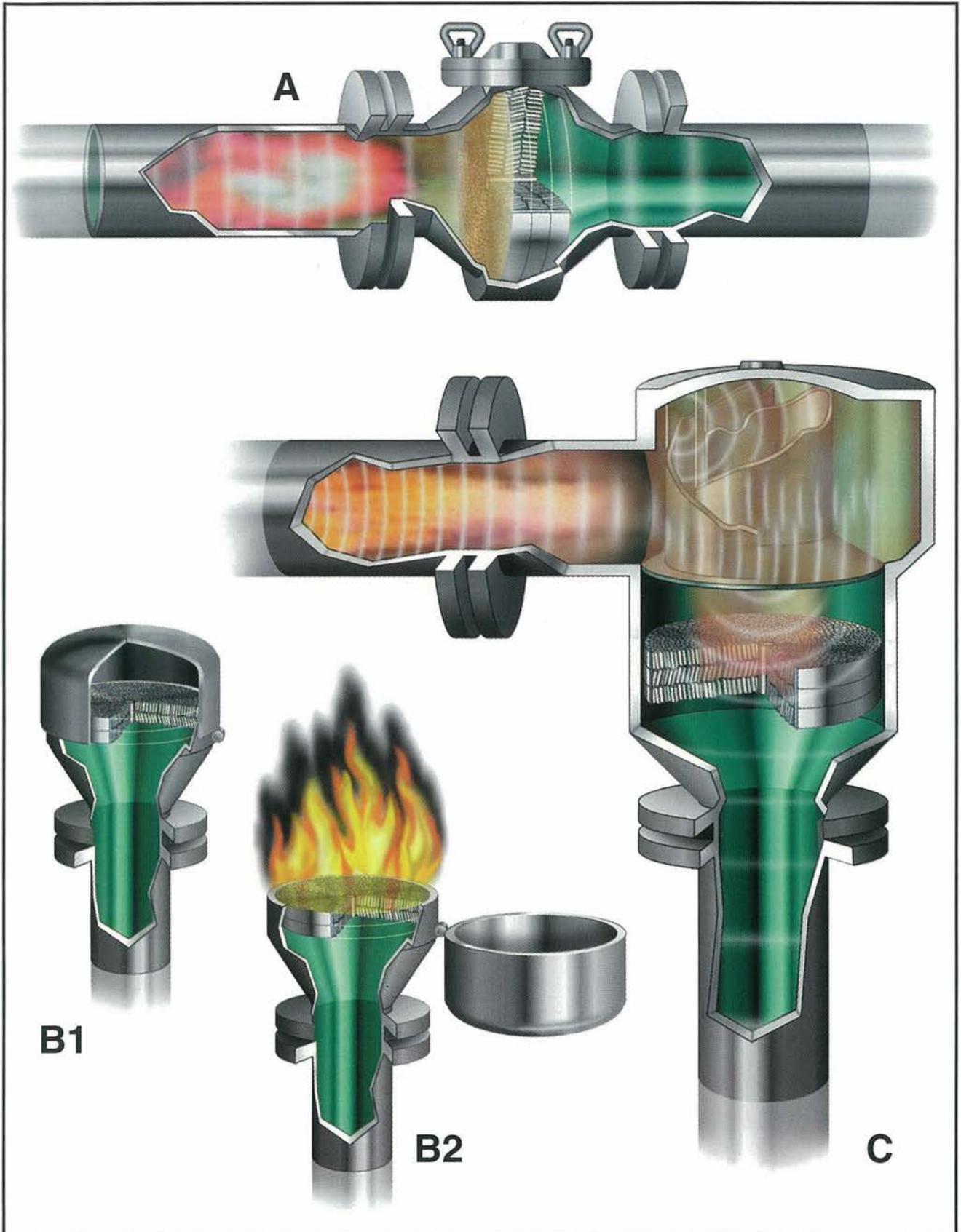


Bild 12: Explosionstechnische Entkopplung durch
 A: Explosionsrohrsicherung
 B 1: Dauerbrandsicherung ohne Brandeinwirkung
 B 2: Dauerbrandsicherung im Falle eines Brandes
 C: Detonationssicherung

Organisatorische Massnahmen

Ergänzend zu den vorbeugenden und konstruktiven Explosionsschutzmassnahmen müssen organisatorische Massnahmen getroffen werden, um einerseits das Brand- und Explosionsrisiko zu verringern und andererseits die Wirksamkeit der technischen Massnahmen auf Dauer zu gewährleisten.

Was sind organisatorische Massnahmen?

Von vielen Möglichkeiten haben in der betrieblichen Praxis u.a. folgende organisatorische Massnahmen eine besondere Bedeutung:

- Erstellen von Betriebsanweisungen,
- Unterweisen der Beschäftigten,
- Überwachen und Instandhalten der Anlagen und Einrichtungen,
- Tragen der persönlichen Schutzausrüstung,
- Durchführen von besonderen Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen nur mit entsprechender Erlaubnis,
- Kennzeichnen oder Absperren von gefährdeten Bereichen.

Organisatorische Massnahmen erhöhen und ergänzen die Wirksamkeit der vorbeugenden und konstruktiven Explosionsschutzmassnahmen.

Erstellen von Betriebsanweisungen

Die Betriebsanweisungen müssen sowohl das Verhalten der Beschäftigten im Normalbetrieb als auch im Fall von Störungen regeln. Die Verantwortlichkeiten für das Durchführen der Massnahmen müssen klar festgelegt werden.



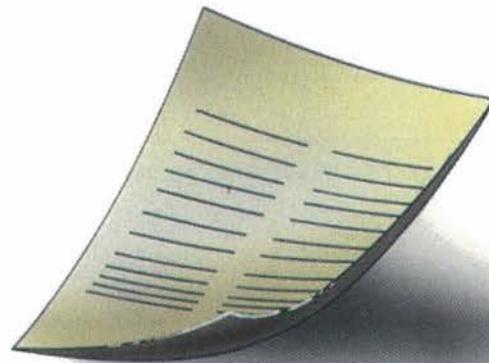
Messen



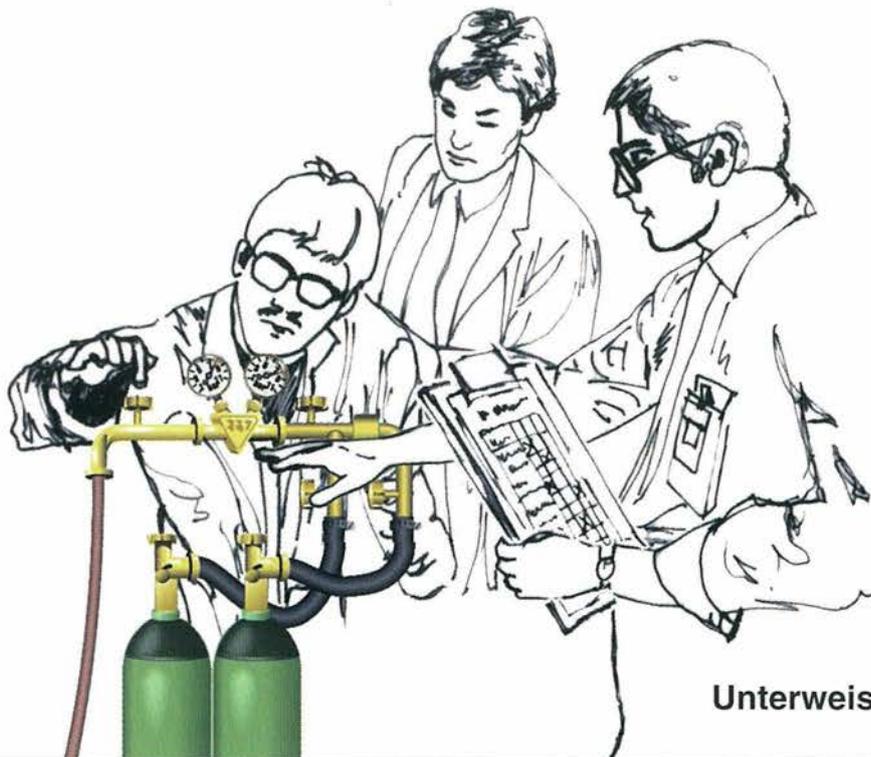
Instandhalten



Markieren, Absperrn



Betriebsanweisungen



Unterweisen

Bild 13: Beispiele von organisatorischen Massnahmen

Unterweisen der Beschäftigten

In regelmässigen Abständen sind die Beschäftigten über mögliche Gefahren zu informieren und auf das richtige Verhalten hinzuweisen.

Überwachen und Instandhalten

Auf eine regelmässige Kontrolle und Instandhaltung der Anlage, insbesondere der sicherheitstechnischen Einrichtungen wie Flammensperren, Mess-Sonden und derjenigen Einrichtungen/Anlageteile, die zu Zündquellen werden können, ist zu achten. Die Einführung eines «Sicherheits-Wartungs-Kontroll-Programms» (Checkliste) hat sich in der Praxis gut bewährt.

Tragen der persönlichen Schutzausrüstung

Die erforderliche persönliche Schutzausrüstung z.B. leitfähige Schuhe ist bereitzustellen, zu benutzen und funktionsfähig zu erhalten.

Durchführen von besonderen Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen

Für besondere Arbeiten wie Schweiessen, Schleifen, Instandsetzen von elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind Freigabebescheine (Feuer-, Schweiss- und Befahrerlaubnisschein) auszustellen.

Kennzeichnen oder Absperren von gefährdeten Bereichen

Explosionsgefährdete Bereiche (Zonen) wie die Umgebung von Befüll- und Entleerungsöffnungen, Füllanlagen, Pumpen, Schiebern, müssen gegebenenfalls gekennzeichnet und abgesperrt werden. Dies gilt auch für solche Bereiche, in denen Gefahren durch Explosionsdruckentlastungsvorgänge (Druck- und Flammenwirkungen) oder durch den Einsatz von Inertgasen (Erstickungsgefahr) bestehen.

Bauliche Massnahmen

Durch bauliche Massnahmen können einerseits Gefährdungen durch Explosionen durch brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel begrenzt und andererseits deren Auswirkung auf das Gebäude vermindert werden.

Wie kann die Sicherheit durch bauliche Massnahmen erhöht werden?

Beispiele für bauliche Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheit sind:

- Brandabschnitte
- Durchführungen für Kabel, Rohre, Behälter usw. aus explosionsgefährdeten Bereichen sind so abzudichten, dass das Ausbreiten von Gasen und brennbaren Flüssigkeiten bzw. deren Dämpfe verhindert wird.
- Kanaleinläufe (z.B. Fussbodenentwässerung) in explosionsgefährdeten Bereichen mit Siphon ausrüsten.
- Das Trennen von gefährdeten Anlageteilen von den weniger gefährdeten, z.B. Abfüllstationen für brennbare Flüssigkeiten, Pumpenräume für brennbare Flüssigkeiten, Verdichterstationen von Lagerbereichen.
- Die explosionstechnische Entkopplung von Räumen zum Verhindern der Explosionsausbreitung.

Durch bauliche Massnahmen kann die Sicherheit wesentlich erhöht werden.

Sicherheitstechnische Kenngrößen

Zur Anwendung der genannten Schutzmassnahmen ist die Kenntnis von explosions-technischen Kenngrößen der verwendeten brennbaren Gase bzw. der Flüssigkeiten notwendig.

Beim Vorliegen von Gemischen brennbarer Flüssigkeiten können die sicherheitstechnischen Kenngrößen der einzelnen Komponenten alleine für das Beurteilen der Explosionsgefahr nicht zugrunde gelegt werden. Besondere Bedeutung kommen in diesem Zusammenhang den niedrigsiedenden Beimengungen zu, die z.B. den Flammpunkt und die untere Explosionsgrenze herabsetzen.

Für die Auslegung der einzelnen Schutzmassnahmen müssen jeweils die auf der nachstehenden Seite genannten Kenngrößen bekannt sein.

Deutung und Anwendung sicherheitstechnischer Kenngrößen müssen dem Experten vorbehalten bleiben.

Schutzmassnahme	Kenngrosse
Vorbeugender Explosionsschutz	
Ersatz	Brennverhalten Flammpunkt
Konzentrationsbegrenzung	Flammpunkt Untere Explosionsgrenze Obere Explosionsgrenze Dichte bezogen auf Luft
Inertisierung	Sauerstoffgrenzkonzentration
Vermeiden von Zündquellen	Mindestzündtemperatur Mindestzündenergie Leitfähigkeit (elektrostatisches Verhalten)
Konstruktiver Explosionsschutz	
Explosionsfeste Bauweise	Maximaler Explosionsüberdruck
Explosionsunterdrückung	Maximaler zeitlicher Druckanstieg und maximaler Explosionsüberdruck
Explosionsdruckentlastung	Maximaler zeitlicher Druckanstieg und maximaler Explosionsüberdruck
Explosionstechnische Entkopplung	Grenzspaltweite

Weiterführende Literatur

- [1] EN (Europäische Norm), *Explosionsfähige Atmosphäre - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik*, EN 1127-1, August 1997.
- [2] Bartknecht W., *Explosionsschutz, Grundlagen und Anwendung*, Springer Verlag, D-10969 Berlin, 1993.
- [3] ESCIS (Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie der Schweiz), *Sicherheitstests für Chemikalien*, ESCIS-Heft 1, Suva Bereich Chemie, CH-6002 Luzern, 1998.
- [4] VDI, *Inertisierung*, VDI-Richtlinie 2263 - Blatt 2, VDI Verlag, D-40239 Düsseldorf, 1992.
- [5] ESCIS, *Inertisierung*, ESCIS-Heft 3, Suva Bereich Chemie, CH-6002 Luzern, 1995.
- [6] ESCIS, *Statische Elektrizität - Regeln für die betriebliche Sicherheit*, ESCIS-Heft 2 Suva Bereich Chemie, CH-6002 Luzern, 1997.
- [7] VDI, *Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate - Berechnung, Bau und Prüfung*, VDI-Richtlinie 2263 - Blatt 3, VDI Verlag, D-40239 Düsseldorf, 1980.

Schriftenreihe IVSS - Explosionsschutz

IVSS

Sektion für die chemische Industrie
Arbeitsgruppe «Explosionsschutz»:

Schutz vor Staubexplosionen (dt./engl./fr./it./span.)
(1987) (Neuaufgabe in Vorbereitung)

Schutz vor Explosionen durch brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel im Gemisch mit Luft
(dt./engl./fr./it.)
(1999)

Sicherheit von Flüssiggasanlagen (Propan und Butan) (dt./engl./fr./it./span.)
(1992)

Statische Elektrizität - Zündgefahren und Schutzmassnahmen (dt./engl./fr./it.)
(1995)

Zündquellen (in Vorbereitung)

Bestelladresse: IVSS Sektion Chemie
Kurfürsten Anlage 62
D-69115 Heidelberg
Deutschland

IVSS

Sektion Maschinensicherheit
Arbeitskreis «Staubexplosionen»

Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten

- Grundlagen (dt./engl.)
(1998)
- Beispielsammlung (dt./engl./fr.)
(1990)

Explosionsunterdrückung (dt./engl./fr.)
(1990)

Bestimmen der Brenn- und Explosionskenngrossen von Stäuben (dt./engl.).
(1995)

Explosionstechnische Entkopplung (dt./engl.)
(1999)

Bestelladresse: IVSS Sektion Maschinensicherheit
Dynamostr. 7-11
D-68165 Mannheim
Deutschland

DIE IVSS UND DIE VERHÜTUNG VON ARBEITSUNFÄLLEN UND BERUFSKRANKHEITEN

Der ständige Fachausschuss der IVSS für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten bringt Arbeitsschutzspezialisten aus aller Welt zusammen. Er fördert das internationale Vorgehen in diesem Bereich und unternimmt Sonderstudien über Themen wie die Rolle von Presse, Rundfunk und Fernsehen im Arbeitsschutz und integrierte Sicherheitsstrategien für den Arbeitsplatz, den Strassenverkehr und den häuslichen Bereich. Er koordiniert ferner die Tätigkeiten der sieben internationalen Sektionen für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten, die in verschiedenen Industrien und der Landwirtschaft tätig sind und ihre Sekretariate in verschiedenen Ländern haben. Zwei weitere Sektionen befassen sich mit Informationstechniken im Bereich des Arbeitsschutzes und mit der einschlägigen Forschung.

Die Tätigkeiten der internationalen Sektionen der IVSS bestehen aus

- dem Austausch von internationalen Informationen zwischen den an der Verhütung von Berufsgefahren interessierten Gremien,
- der Organisation der Tagungen von Fachausschüssen und Arbeitsgruppen, Rundtischgesprächen und Kolloquien auf internationaler Ebene,
- der Durchführung von Erhebungen und Untersuchungen,
- der Förderung der Forschungsarbeit,
- der Veröffentlichung einschlägiger Informationen.

Weitere Informationen über diese Tätigkeiten und die allgemeine Arbeit der IVSS auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes finden Sie in dem Faltblatt «Sicherheit weltweit». Es ist in deutscher, englischer, französischer und spanischer Fassung beim Sekretariat der Sektion erhältlich.

DIE MITGLIEDER DER INTERNATIONALEN SEKTIONEN

Jede internationale Sektion der IVSS hat drei Kategorien von Mitgliedern:

- **Vollmitglied:** Vollmitglieder und assoziierte Mitglieder der IVSS, Genf, und andere Organisationen ohne Gewinnstreben können die Aufnahme als Vollmitglied beantragen.
- **Assoziiertes Mitglied:** Andere Organisationen und gewerbliche Unternehmen können assoziierte Mitglieder einer Sektion werden, wenn sie über Sachkenntnisse im Aufgabenbereich der Sektion verfügen.
- **Korrespondent:** Individuelle Experten können korrespondierende Mitglieder einer Sektion werden.

Weitere Informationen und Aufnahmeformulare sind direkt beim Sekretariat der einzelnen Sektion erhältlich.

**MINDESTENS EINE DIESER ARBEITSSCHUTZSEKTIONEN DER IVSS
ENTSPRICHT AUCH IHREM EIGENEN FACHBEREICH: ZÖGERN SIE NICHT,
MIT IHR KONTAKT AUFZUNEHMEN**



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS
für die LANDWIRTSCHAFT
Bundesverband der landwirtschaftlichen
Berufsgenossenschaften
Weissensteinstrasse 72
D-34131 KASSEL-WILHELMSHÖHE
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS
für MASCHINENSICHERHEIT
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und
Gaststätten
Dynamostrasse 7-11
D-68165 MANNHEIM
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS
für die CHEMISCHE INDUSTRIE
Berufsgenossenschaft
der chemischen Industrie
Kurfürsten Anlage 62
D-69115 HEIDELBERG
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS
für den BERGBAU
Bergbau-Berufsgenossenschaft
Hunschedtstrasse 18
D-44789 Bochum
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS
für den HOCH- UND TIEFBAU
Caisse régionale d'assurance-maladie
d'Île de France
17-19, place de l'Argonne
F-75019 PARIS
Frankreich



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für
FORSCHUNG
Institut National de Recherche et de Sécurité
(INRS)
30, rue Olivier-Noyer
F-75680 PARIS CEDEX 14
Frankreich



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS
für ELEKTRIZITÄT - GAS - FERNWÄRME -
WASSER
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und
Elektrotechnik
Gustav Heinemann Ufer 130
D-50968 KÖLN
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS
für ERZIEHUNG und AUSBILDUNG
Institut National de Recherche et de
Sécurité (INRS)
30, rue Olivier-Noyer
F-75680 PARIS CEDEX 14
Frankreich



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS
für INFORMATION
Institut pour la prévention, la protection
et le bien-être au travail (PREVENT)
88, rue Gachard, Boîte 4
B-1050 BRUXELLES
Belgien



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS
für das GESUNDHEITSWESEN
Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst
und Wohlfahrtspflege (BGW)
Pappelallee 35-37
D-22089 Hamburg
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für
die EISEN UND METALLINDUSTRIE
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
Adalbert-Stifter-Strasse 65
A-1200 WIEN XX
Österreich