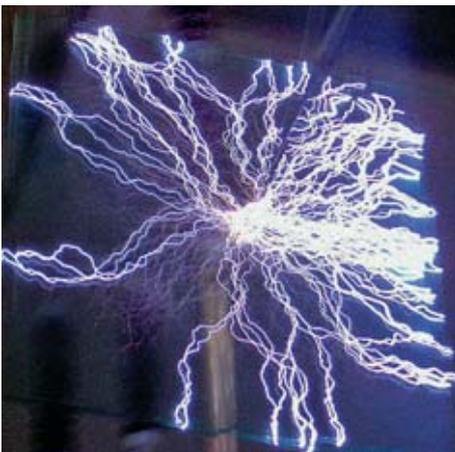
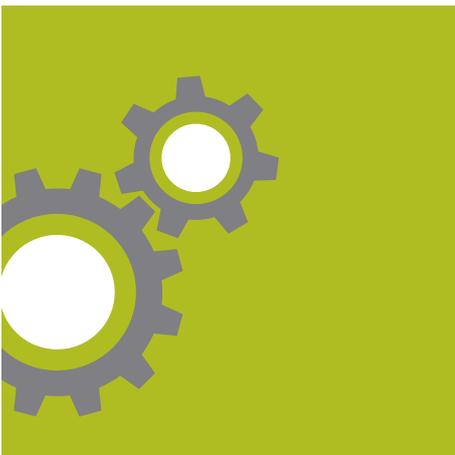
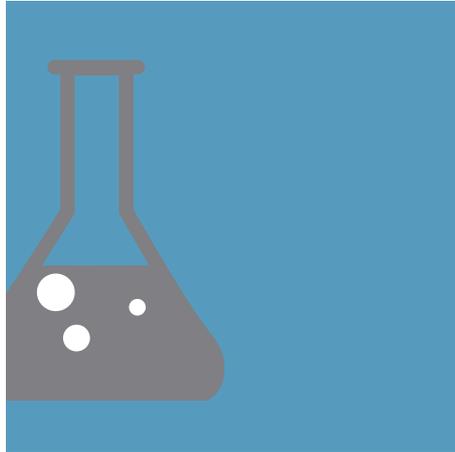


Vermeiden wirksamer Zündquellen in explosionsgefährdeten Bereichen



issa

INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SOZIALE SICHERHEIT | IVSS

Sektion für Prävention in der chemischen Industrie

Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit



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 Rohstoffe und chemische Industrie, D-69115 Heidelberg.

Zur Verbesserung der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes in den Betrieben wurde 1975 die Internationale Sektion der IVSS für Maschinen- und Systemsicherheit gegründet. Sie behandelt Fragen zur Sicherheit von Maschinen, Anlagen und Systemen. Vorsitz und Sekretariat:
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten, D-68165 Mannheim.

IVSS Sektion Maschinen- und Systemsicherheit

Dynamostraße 7-11
D-68165 Mannheim
Deutschland
Fon: +49(0)621-4456-2213
Fax: +49(0)621-4456-2190

www.issa.int/web/prevention-machines/about

IVSS Sektion Chemie

c/o BG RCI (Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie)
Kurfürsten-Anlage 62
D-69115 Heidelberg/Germany
Fon: +49(0)6221-5108-0

www.issa.int/web/prevention-chemistry/about

Vermeiden wirksamer Zündquellen in explosionsgefährdeten Bereichen



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, wie Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten, durch Informationsaustausch, Veröffentlichungen und Kolloquien aufzuzeigen und Vorschläge zu deren Verhütung zu machen.

Die Vorstände der Sektionen «Chemie» und «Maschinen- und Systemsicherheit» der IVSS haben eine «Arbeitsgruppe Explosionsschutz» eingesetzt, um den internationalen Erfahrungsaustausch unter Fachleuten zu fördern und für bestimmte Probleme gemeinsame Lösungen zu erarbeiten. Sie wollen auf diesem Weg einen Beitrag zu einem hohen und unter Industrieländern vergleichbaren Stand der Technik auf dem Gebiet leisten. Sie sind gewillt, ihr Wissen den industriell noch weniger entwickelten Ländern weiterzugeben.

Dieses Kompendium soll projektierenden Ingenieuren, Betriebsleitern, Sicherheitsfachkräften usw. die Möglichkeit geben, ohne spezielle Kenntnisse auf dem Gebiet des Explosionsschutzes im eigenen Betrieb oder beim Bau, bei der Ausrüstung und Aufstellung von Anlagen zu beurteilen, ob Zündgefahren entstehen können. Zur Lösung der Frage, ob Schutzmassnahmen erforderlich und möglich sind, ist das Kompendium nicht gedacht, da aufgrund der sehr unterschiedlichen nationalen Vorschriften häufig keine verbindlichen Aussagen gemacht werden können. Es werden vielmehr die Probleme aufgezeigt und Lösungen zur Erfüllung der Schutzziele formuliert.



T. Köhler
Vorsitzender des Vorstandes
der Sektion Chemie



N. Weis
Vorsitzender des Vorstandes
der Sektion Maschinen- und Systemsicherheit



INHALT

INHALT

Vorwort	5
Herausgeber, Arbeitsgruppe «Expositionsschutz»	7
KLEINE URSACHE – GROSSE WIRKUNG	8
EINLEITUNG	10
ZÜNDQUELLEN – ALLGEMEINE AUSSAGEN	12
EXPLOSIONSGEFÄHRDETE BEREICHE: ZONEN	18
ZÜNDQUELLEN – BESCHREIBUNG UND MASSNAHMEN	20
Heisse Oberflächen	20
Flammen	23
Glimmnester	25
Mechanisch erzeugte Funken	27
Elektrische Betriebsmittel	29
Statische Elektrizität	32
Blitzschlag	35
ORGANISATORISCHE MASSNAHMEN	36
INSTANDHALTUNG	40
ANHANG	42
Zonen – Definitionen und Erläuterungen	42
Stichwortverzeichnis	44
Literatur	46
Bildnachweis	48

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-RCI-Haus);
D-69115 Heidelberg,
www.issa.int, www.issa.int/prevention-chemistry

Internationale Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit der Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS),
Dynamostrasse 7-11, 68165 Mannheim

Arbeitsgruppe «Explosionsschutz»

Mitarbeit

K. Kopia, AUVA, Wien (A)
G. Nied, AZO GmbH & CO KG, Osterburken (D)
Dr. K. Stahmer, IFA, Sankt Augustin (D)
Dr. O. Losert, B. Poga, BG RCI, Heidelberg (D)
Dr. A. Arnold, M. Gehrke, Dr. F. Hauert, BGN, Mannheim (D)
R. Siwek, FireEx Consultant GmbH, Giebenach (CH)
Prof. Dr. S. Radandt, Dr. B. Strocka, FSA, Mannheim (D)
G. Van Laar, Inburex Consulting GmbH, Hamm-Breda (D/NL)
J.-M. Petit, B. Sallé, F. Marc, INRS, Paris (F)
A. Harmanny, ISMA, Kontich (B)
F. Pera, ISPELS, Roma (I)
Dr. G. Pellmont, Pellmont Explosionsschutz, Binningen/Basel (CH)
W. Witvoet, SABIC EuroPetroChemicals, Geleen (NL)
Dr. M. Glor, Swiss Process Safety Consulting GmbH, Allschwil
Dr. Z. Kramar, SIQ, Ljubljana (SI)
Ch. Bosshard, Dr. M. Gschwind (Vorsitz), M. von Arx, Suva, Luzern (CH)
H. J. Gibbon, N. Jaeger, Dr. M. Scheid, Syngenta, Huddersfield/Basel (UK/CH)
Prof. Dr. A. Fiumara, Milano (I)
Dr. R. Ott, Meggen (CH)

Autoren

Dr. B. Dyrba, Heidelberg (D)
F. Scheller, Luzern (CH)

Gestaltung und Grafik

Dr. G. Pellmont, Binningen/Basel (CH)
Josef Wechsler, Luzern (CH)



KLEINE URSACHE – GROSSE WIRKUNG

KLEINE URSACHE – GROSSE WIRKUNG

Wie oft kommt es zu Explosionen und welche Auswirkungen können sie haben?

Explosionen ereignen sich häufiger als allgemein angenommen. Beispielsweise in Europa ereignen sich täglich mehrere Staubexplosionen. Explosionen sind oft mit grossen Sachschäden in Millionenhöhe, aber auch mit Verletzten und zum Teil sogar mit Toten verbunden.

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 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. Vorbeugende und konstruktive Explosionsschutzmassnahmen sollen stets von organisatorischen und gegebenenfalls baulichen Massnahmen begleitet werden.

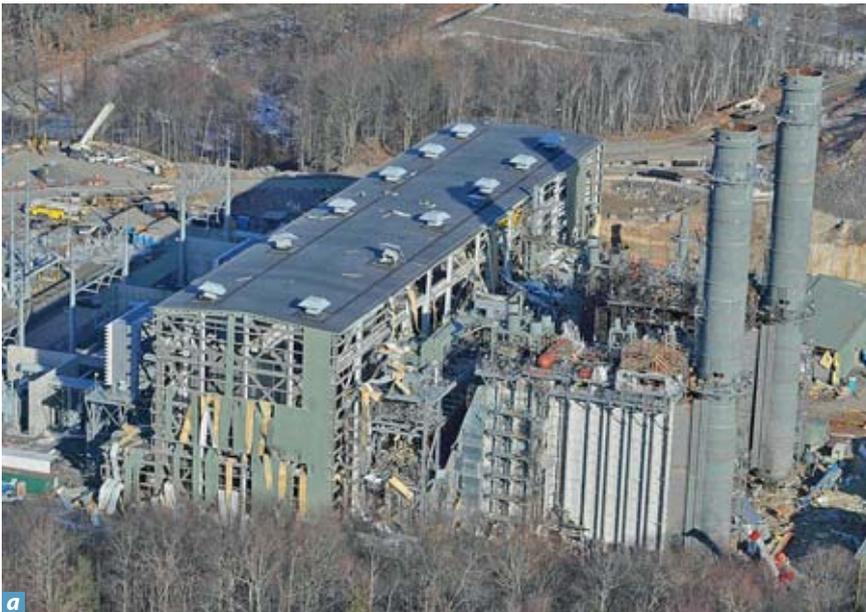


Bild 1 Explosionsauswirkungen: **a)** Auswirkungen nach einer Gasexplosion in einem Kraftwerk. **b)** Nach einer Staubexplosion standen von 44 Silozellen einer Kornsilanlage nur noch wenige, jedoch schwer beschädigte Zellen



EINLEITUNG

EINLEITUNG

Wann besteht in meinem Betrieb Explosionsgefahr durch brennbare Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube?

Explosionsgefahr kann bestehen, wenn im Betrieb brennbare Gase, Flüssigkeiten oder Feststoffe hergestellt, gelagert oder verarbeitet werden und dabei Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube im Gemisch mit Luft (explosionsfähige Atmosphäre) auftreten und beim Entzünden Schaden zu erwarten ist (siehe IVSS-Broschüren «Gasexplosionen» und «Staubexplosionen»)¹. In diesem Fall spricht man von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre.

Wann kommt es zu einer Explosion?

Zu einer Explosion kommt es (Bild 2), wenn gleichzeitig und am selben Ort

- eine explosionsfähige Atmosphäre, d.h.
 - brennbarer Stoff (Gas, Dampf, Nebel oder Staub) in hinreichender Menge und Verteilung innerhalb der Explosionsgrenzen sowie
 - für die Verbrennung ausreichend Sauerstoff (in der Regel Luft)

und

- eine wirksame Zündquelle vorliegen.

Sicheres Vermeiden einer der Hauptvoraussetzungen Brennstoff, Luft (Sauerstoff) oder Zündquelle kann Explosionen verhindern.

¹ Vgl. IVSS-Broschüren «Gasexplosionen» (Nr. 2032) und «Staubexplosionen» (Nr. 2044)



Bild 2 Brennstoff {**a**) Gas, **b**) Dampf, **c**) Nebel oder **d**) Staub} + **e**) Luft → **f**) explosionsfähige Atmosphäre + **g**) wirksame Zündquelle → Explosion

Wie kann eine Explosion verhindert werden?

Eine Explosion kann verhindert werden, indem mindestens eine der genannten Voraussetzungen beseitigt oder verhindert wird. Dies kann z. B. der Ausschluss wirksamer Zündquellen sein. Das Vermeiden von Zündquellen als alleinige Schutzmassnahme ist oftmals nicht ausreichend (z. B. bei extrem niedriger Mindestzündenergie, Bild 18) oder sogar nicht möglich (z. B. betriebsmässige Schleifvorgänge, Bild 19).

Welche sicherheitstechnischen Kenngrössen sind zur Beurteilung der Wirksamkeit von Zündquellen von Bedeutung?

Für Gase und Dämpfe sind folgende sicherheitstechnische Kenngrössen zur Beurteilung der Wirksamkeit von Zündquellen heranzuziehen:

- Mindestzündenergie (Bild 18),
- Zündtemperatur eines brennbaren Gases oder einer brennbaren Flüssigkeit (Bild 10),
- Explosionsgruppe (Normspaltweite [NSW/MESG] und Mindestzündstromverhältnis [MIC]).

Für Stäube sind folgende sicherheitstechnische Kenngrössen² zur Beurteilung der Wirksamkeit von Zündquellen heranzuziehen:

- Mindestzündenergie (Bild 18),
- Mindestzündtemperatur einer Staubwolke (Bild 10),
- Mindestzündtemperatur einer Staubschicht,
- Selbstentzündungstemperatur einer Staubschüttung.

² Vgl. IVSS-Broschüre «Bestimmen der Brenn- und Explosionsgrössen von Stäuben» (Nr. 2018)



ZÜNDQUELLEN ALLGEMEINE AUSSAGEN

ZÜNDQUELLEN – ALLGEMEINE AUSSAGEN SAGEN

Was sind Zündquellen?³

Eine Zündquelle ist eine Energiequelle, die eine explosionsfähige Atmosphäre entzünden kann. Die Zündquellen unterscheiden sich aufgrund ihrer Energie (Zündwirksamkeit) voneinander. Die explosionsfähige Atmosphäre ist ausserdem unterschiedlich zündempfindlich. Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen Zündquellen. Eine Zündquelle wird als wirksam bezeichnet, wenn sie die betrachtete explosionsfähige Atmosphäre entzünden kann.

Die wichtigsten Zündquellen lassen sich grundsätzlich auf die Formen Flammen, Funken und heisse Oberflächen zurückführen.

³ EN 1127-1; Explosionsfähige Atmosphären –
Explosionsschutz – Teil 1: Grundlagen und Methodik

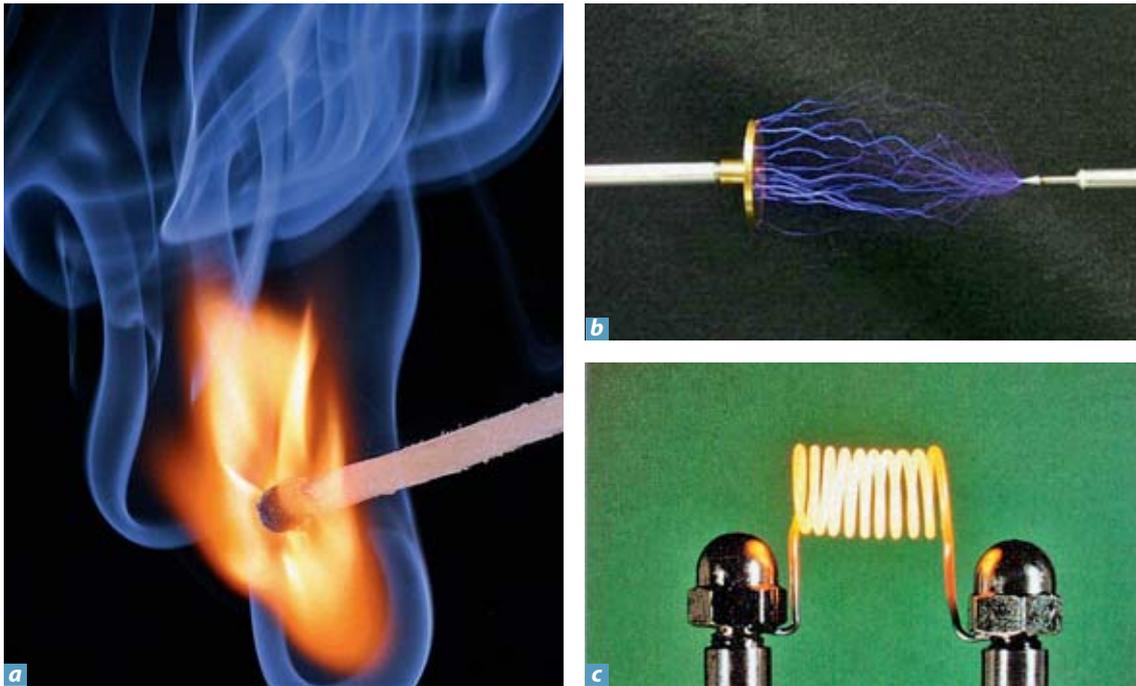


Bild 3 Formen der Zündquellen: **a)** Flammen **b)** Funken **c)** heisse Oberflächen

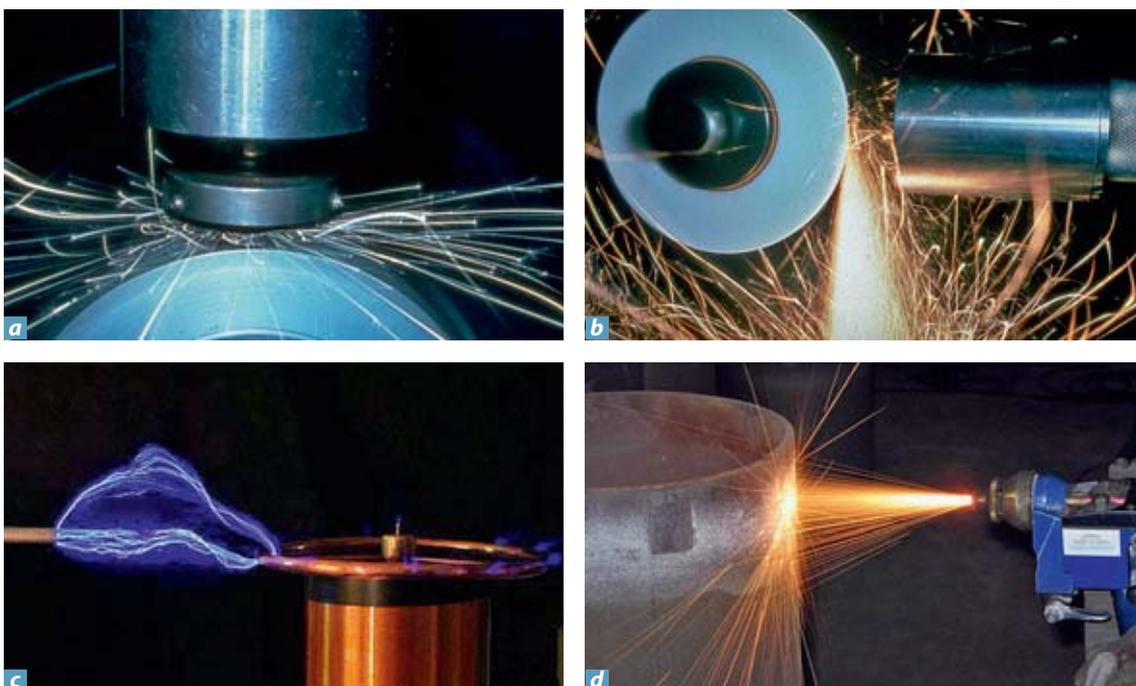


Bild 4 Beispiele von Funken: **a)** Schlagfunken **b)** Garbe von Reibfunken **c)** elektrostatischer Funken
d) Schweißfunken/Flammspritzen

ZÜNDQUELLEN ALLGEMEINE AUSSAGEN

Welche Zündquellen sind in der Praxis von besonderer Bedeutung?

Die in der Praxis bedeutendsten Zündquellen sind (Bild 5):

- Heisse Oberflächen,
- Flammen,
- Glimmnester,
- Mechanisch erzeugte Funken,
- Elektrische Betriebsmittel (elektrische Arbeitsmittel),
- Statische Elektrizität,
- Blitzschlag.



Bild 5 Beispiele für die in der Praxis bedeutendsten Zündquellen: **a)** heisse Oberfläche **b)** Glimmnest **c)** mechanisch erzeugter Funke **d)** elektrostatischer Funke **e)** Flamme **f)** elektrischer Funke **g)** Gewitterblitz

Welche weiteren Zündquellen gibt es?

Je nach Verfahren und Standort können von Bedeutung sein (Bild 6):

- Elektrische Ausgleichsströme,
- kathodischer Korrosionsschutz,
- Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von 10^4 Hz bis $3 \cdot 10^{12}$ Hz (Hochfrequenz),
- Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von $3 \cdot 10^{11}$ Hz bis $3 \cdot 10^{15}$ Hz (Spektralbereich),
- Ionisierende Strahlung,
- Ultraschall,
- Adiabatische Kompression und
- Stosswellen,
- exotherme, chemische Reaktionen.

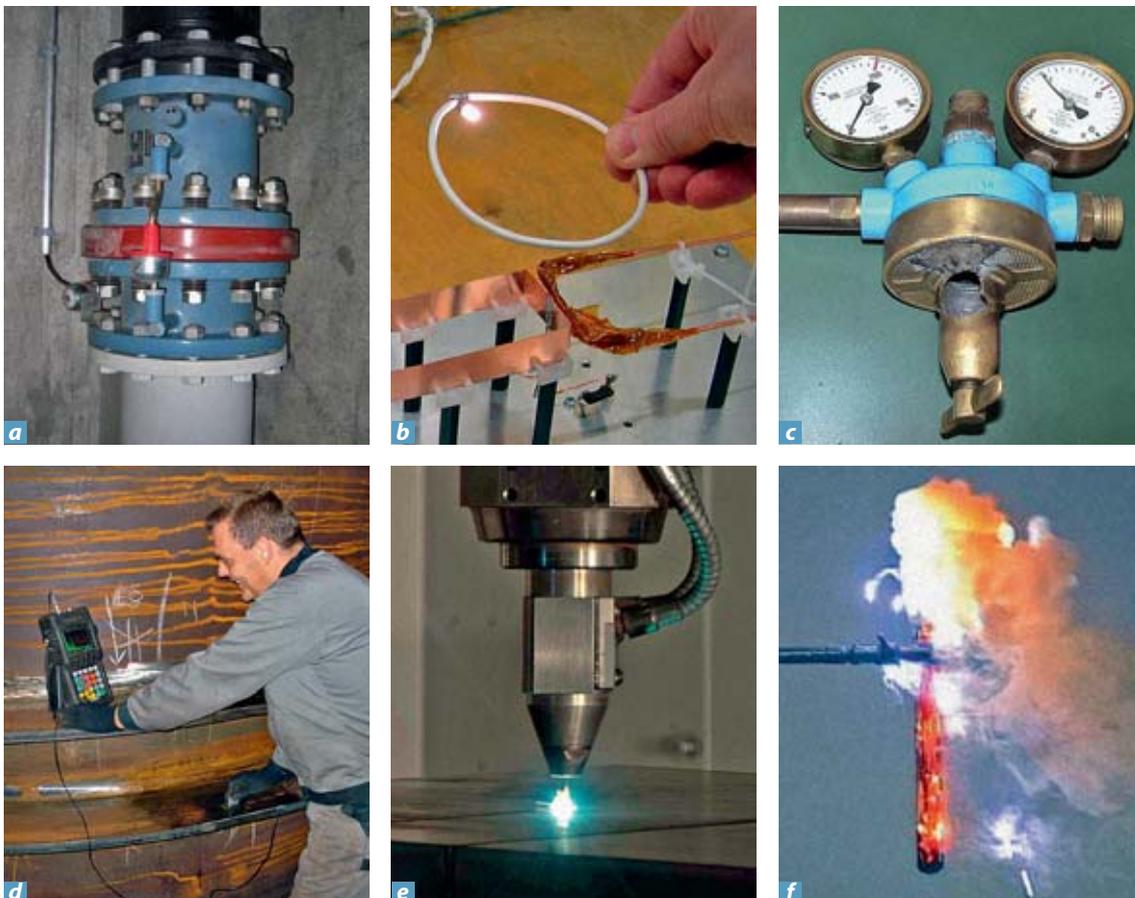


Bild 6 Beispiele für das Auftreten weiterer Zündquellen: **a)** Fehlender Potentialausgleich (im Bild vorhanden) **b)** elektromagnetische Wellen (durch Induktion veranschaulicht) **c)** nach einer Stosswelle ausgebrannter Druckminderer **d)** Ultraschall **e)** Laser (Strahlung im Spektralbereich) **f)** exotherme chemische Reaktion



ZÜNDQUELLEN ALLGEMEINE AUSSAGEN

Wie wirkt eine Zündquelle?

- Funken und Flammen übertragen ihre Energie auf ein kleines Teilvolumen explosionsfähiger Atmosphäre, und leiten dort ggf. eine Verbrennung/exotherme Reaktion ein. Zur Explosion kommt es, wenn so viel Wärme durch die Reaktion in diesem kleinen Volumen freigesetzt wird, dass eine Flammenfortpflanzung durch das vorhandene explosionsfähige Gemisch möglich wird. Ist die durch Funken und Flammen freigesetzte Energie zu klein, kommt es zu keiner Verbrennung/Explosion.
- Bei heißen Oberflächen dagegen wird insbesondere bei Vorhandensein einer grösseren Fläche ein grösseres Teilvolumen einer explosionsfähigen Atmosphäre derart erwärmt, dass eine Verbrennung/exotherme Reaktion gestartet wird und sich explosionsartig fort-pflanzen kann.

Wie können wirksame Zündquellen vermieden werden?

Wirksame Zündquellen können vermieden werden durch Entfernen aus dem explosionsgefährdeten Bereich. Ist dies nicht möglich:

- sind die Zündquellen in ihren Auswirkungen unwirksam zu machen (z.B. druckfeste Kapselung, Bild 7)
- oder
- ist die Wirksamkeit durch Begrenzen der Energiefreisetzung (z.B. Reduzierung der Umfangsgeschwindigkeit, Temperaturbegrenzung) zu vermeiden.



Bild 7 Beispiel wie wirksame Zündquellen unwirksam gemacht werden können: Explosionsgeschützter Schaltschrank, Zündschutzart «druckfest gekapselt» mit Klemmenkasten in Zündschutzart «erhöhte Sicherheit» **a)** geschlossener Schaltschrank **b)** geöffneter Schaltschrank

Wo müssen wirksame Zündquellen vermieden werden?

Wirksame Zündquellen müssen in Bereichen vermieden werden, wo gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist oder auftreten kann (Bild 8).



a



b



c



d

Bild 8 Explosionsgefährdete Bereiche (Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre): **a)** Flüssiggas beim Füllen von Flaschen **b)** Dämpfe beim Umfüllen von Lösemitteln mit niedrigem Flammpunkt **c)** brennbare Stäube beim Einschütten **d)** Nebel beim Farbspritzen



EXPLOSIONSGEFÄHRDETE BEREICHE: ZONEN

EXPLOSIONS- GEFÄHRDETE BEREICHE: ZONEN

Was sind Zonen?

Explosionsgefährdete Bereiche sind nach Häufigkeit und Dauer des Vorhandenseins gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen zu unterteilen (siehe Anhang).

Wozu dienen Zonen?

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

Je häufiger und je länger explosionsfähige Atmosphäre auftritt, desto grösser ist der erforderliche Aufwand zum Vermeiden von Zündquellen.

Welche Kriterien sind bei der räumlichen Ausdehnung der Zonen zu berücksichtigen?

Während die Ausdehnung der Zonen im Innern von Apparaturen/Behältern im Allgemeinen klar begrenzt ist (Behälterwandungen usw.), sind in der Umgebung von Apparaturen/Behältern eine Reihe von Kriterien, die die räumliche Ausdehnung der Zonen beeinflussen, zu beachten. Die wichtigsten Kriterien sind:

- Wirksamkeit der Massnahmen zum Vermeiden bzw. Einschränken gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (Lüftung, Inertisierung, Reinigung),
- Menge des austretenden brennbaren Stoffes,
- Ort des Austritts brennbarer Stoffe bzw. explosionsfähiger Atmosphäre,
- bauliche Gegebenheiten (z. B. Öffnungen zu Nachbarräumen),
- Dichte der brennbaren Gase und Dämpfe.

Sind allgemeingültige Aussagen zur Ausdehnung von Zonen in der Umgebung von Apparaturen möglich?

Nein!

Hilfreich könnten Beispielsammlungen sein. In Zweifelsfällen sind Experten zu befragen.

Jeder Umgang, bei dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann, ist im Einzelfall nach obigen Kriterien und nationalen Vorschriften zu beurteilen.



Bild 9 Ausbreitungsverhalten von Dämpfen, Nebeln und Gasen schwerer als Luft (Anmerkung: Gase und Dämpfe sind in der Regel nicht sichtbar)



ZÜNDQUELLEN BESCHREIBUNG UND MASSNAHMEN

ZÜNDQUELLEN BE- SCHREIBUNG UND MASSNAHMEN

Heisse Oberflächen

Wann werden heisse Oberflächen zur wirksamen Zündquelle?

Heisse Oberflächen können auf vielfältige Weise direkt oder indirekt zur Zündquelle für explosionsfähige Atmosphäre werden.

Wann können explosionsfähige Atmosphären direkt durch eine heisse Oberfläche entzündet werden?

Heisse Oberflächen können direkt zur Zündquelle werden, wenn ihre Temperatur die Mindestzündtemperatur (Bild 10) einer explosionsfähigen Atmosphäre erreicht oder überschreitet.

Wann können explosionsfähige Atmosphären indirekt durch eine heisse Oberfläche entzündet werden?

Heisse Oberflächen können indirekt zur Zündquelle werden, wenn sich auf ihnen Staubschichten ablagern und wenn ihre Temperatur die Mindestzündtemperatur der Staubschicht erreicht oder überschreitet. Auf diese Weise entzündete Staubablagerungen können ihrerseits zur Zündquelle für explosionsfähige Atmosphäre werden (siehe Flammen, Glimmnest).

Was sind Mindestzündtemperaturen?

Die Mindestzündtemperaturen (Bild 10) sind die unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelten niedrigsten Temperaturen einer heissen Oberfläche, bei der sich die explosionsfähige Atmosphäre entzündet. Bei Stäuben unterscheidet man zwischen der Mindestzündtemperatur einer Staubwolke und der Mindestzündtemperatur einer Staubschicht (siehe Glimmnest). Bei Gasen und Dämpfen spricht man von Zündtemperatur.

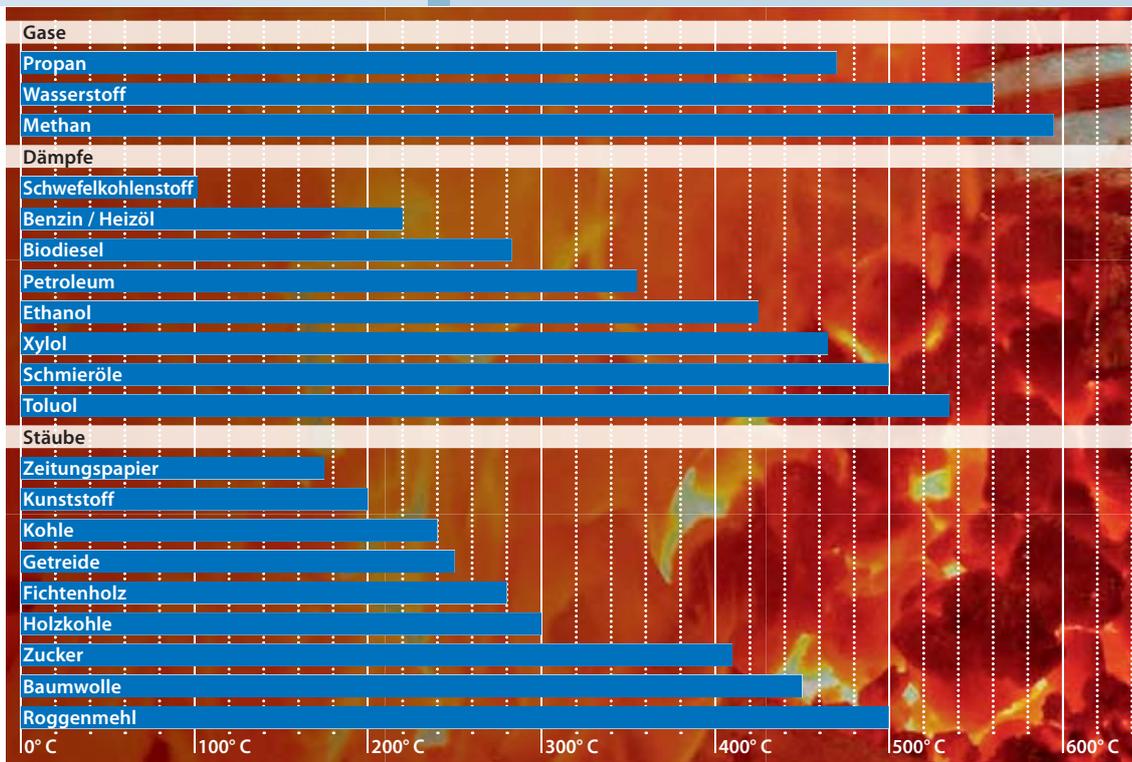


Bild 10 Mindestzündtemperaturen von ausgewählten Gasen, Dämpfen und Stäuben [Die Mindestzündtemperaturen der aufgeführten Stäube können je nach Staubzustand (z. B. Korngröße, Feuchte) deutlich von den dargestellten Werten abweichen.] (Quelle: Nabert, Schön und Redecker / BGIA)

Wo können heisse Oberflächen auftreten?

Neben leicht erkennbaren heissen Oberflächen wie elektrischen Heizkörpern, Trockenschränken, Heizspiralen, Glühlampen, Leuchtstoffröhren usw. können auch mechanische Vorgänge und spanabhebende Bearbeitung zu heissen Oberflächen führen. Hierzu gehören auch Betriebsmittel, die mechanische Energie in Wärme überführen, z. B. Reibungskupplungen und mechanisch wirkende Bremsen an Fahrzeugen und Zentrifugen (Bild 11). Weiterhin können alle sich drehenden Teile in Lagern, Wellendurchführungen, Stopfbuchsen usw. bei ungenügender Wartung (z. B. Schmierung) zu Zündquellen werden. In engen Gehäusen bewegte Teile können auch durch das Eindringen von Produkt oder Fremdkörpern sowie durch Verlagerungen von Achsen zu Reibvorgängen führen, die wiederum unter Umständen schon in recht kurzer Zeit hohe Oberflächentemperaturen hervorrufen (z. B. Mühlen oder Mischer). Beim Schweißen und Schneiden entstehende Schweissperlen sind Funken mit sehr grosser Oberfläche, die deshalb zu den wirksamsten Zündquellen gehören. Bezüglich Schweissarbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen siehe auch Kapitel «Organisatorische Massnahmen».

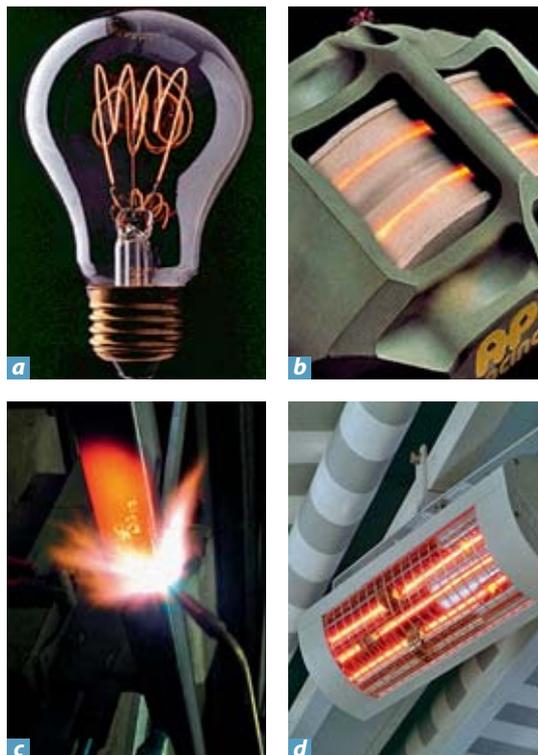


Bild 11 Beispiele für heisse Oberflächen: **a)** Glühlampe **b)** Fahrzeugbremse **c)** Hartlöten **d)** Heizstrahler

ZÜNDQUELLEN BESCHREIBUNG UND MASSNAHMEN

Wie können Entzündungen durch heiße Oberflächen vermieden werden?

Oberflächen, die mit explosionsfähiger Atmosphäre eines brennbaren Gases oder einer brennbaren Flüssigkeit in Berührung kommen können, sollten grundsätzlich 80 % der Zündtemperatur in °C nicht überschreiten. Tritt im Normalbetrieb die explosionsfähige Atmosphäre nur selten und kurzzeitig auf, darf die Oberflächentemperatur die Zündtemperatur erreichen.

Das Überschreiten der maximal zulässigen Temperatur kann verhindert werden durch z. B. (Bild 12):

- Begrenzen der maximal möglichen Temperaturen von Heizmedien wie Dampf, Wärmeträgeröl,
- Begrenzen der Energiezufuhr elektrischer Heizeinrichtungen,
- Temperaturüberwachung,
- Wärmedämmung heißer Oberflächen, die über die Zündtemperatur erwärmt werden müssen.

Oberflächen, die mit Wolken brennbaren Staubes in Berührung kommen können, dürfen 2/3 der Mindestzündtemperatur in °C des betreffenden Staubes nicht überschreiten.

Das kann erreicht werden durch z. B.:

- Begrenzen der maximal möglichen Temperaturen von Heizmedien wie Dampf oder Wärmeträgeröl,
- Temperaturüberwachung (z. B. an Lagern von Elevatoren),
- Begrenzen der Umfangsgeschwindigkeit von bewegten Teilen, (z. B. Schneckenförderer unter 1 m/s), geeignete Materialkombination, so dass vor Erreichen der Mindestzündtemperatur ein reibendes Material wegschmilzt.

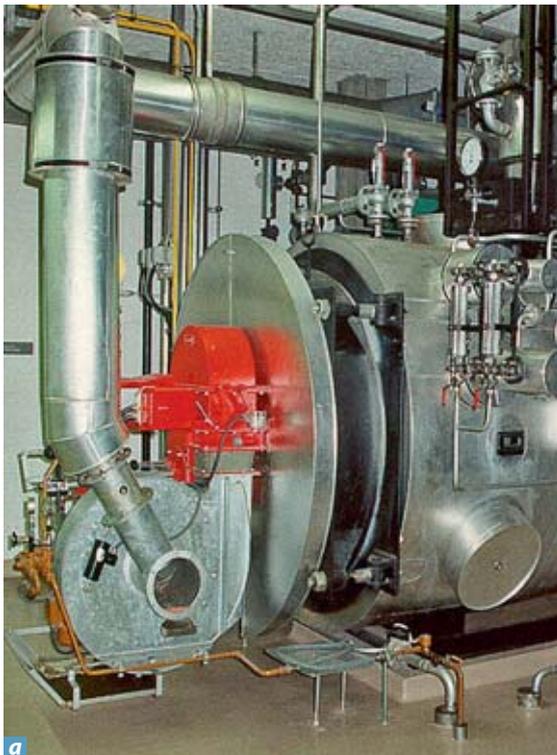


Bild 12 Beispiele für das Vermeiden heißer Oberflächen:
a) Wärmedämmung durch Isolation der Apparate

b) Reduzieren der Geschwindigkeit

Flammen

Wann werden Flammen zur Zündquelle?

Flammen sind immer als wirksame Zündquellen anzusehen. Flammen, auch solche sehr kleiner Abmessungen, zählen zu den wirksamsten Zündquellen. Sowohl die Flammen selbst als auch die heissen Reaktionsprodukte können explosionsfähige Atmosphäre entzünden.

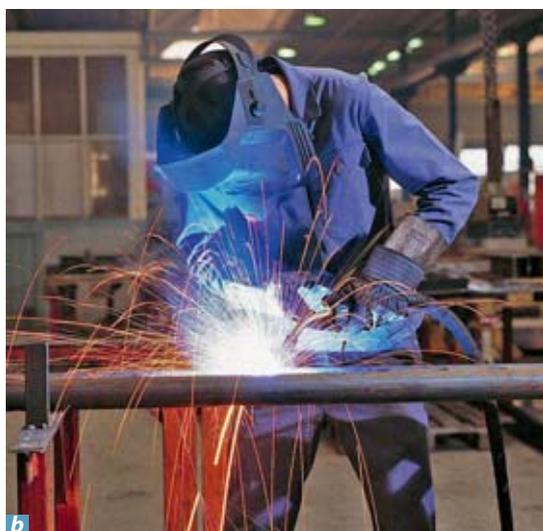


Bild 13 Beispiele für Flammen: **a)** Streichholzflamme, **b)** Schweißflamme/Schweißperle

Wo können Flammen auftreten?

Flammen können auftreten z.B. beim Schweißen und Schneiden, in Feuerungsanlagen oder beim «Aufbrechen» von Glimmnestern (Bild 14).

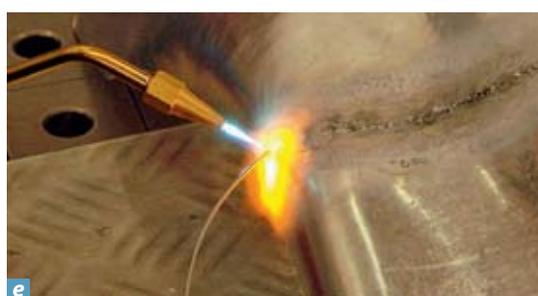


Bild 14 Entstehen von Zündflammen: **a)** Kohleglut **b)** Schneiden **c)** Flammen **d)** Glimmnest **e)** Schweißen

ZÜNDQUELLEN BESCHREIBUNG UND MASSNAHMEN

Wie kann eine Entzündung durch Flammen vermieden werden?

In allen Bereichen, in denen explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann sind offene Flammen jeglicher Art unzulässig. Ausgenommen sind hier nur solche Flammen, die sicher eingeschlossen sind. Die Zündtemperatur der explosionsfähigen Atmosphäre an den Aus-

senflächen muss ausreichend unterschritten werden. Bei Betriebsmitteln mit eingeschlossenen Flammen (z. B. spezielle Heizungssysteme) ist ferner zu gewährleisten, dass der Einschluss gegen die Einwirkung von Flammen ausreichend beständig ist und ein Flammendurchschlag in explosionsgefährdete Bereiche nicht auftreten kann (Bild 15).



Bild 15 Explosionstechnische Entkopplung von Gasen und Dämpfen durch Flammendurchschlagsicherungen: **a)** Flammensperre (Element Bandsicherung) **b)** Deflagrationssicherung (Schnittmodell) **c)** Detonationssicherung (Schnittmodell) **d)** Dauerbrandsicherung

Glimmnester

Wann werden Glimmnester zur wirksamen Zündquelle?

Gewisse brennbare Stäube können beim Einwirken von wirksamen Zündquellen Glimmnester bilden. Voraussetzungen dazu sind ein Mindestvolumen und eine Mindestdicke der Staubschicht. Die entsprechende staubspezifische Kenngröße wird als Glimmtemperatur bezeichnet.⁴ Insbesondere sind die Transportprozesse und bei hohen Staubschichten der Einfluss des Wärmestaus zu berücksichtigen.

Wie können Glimmnester entstehen?

Glimmnester können entstehen durch direktes Einwirken von Zündquellen, z.B. (Bild 16):

- in Staubablagerungen durch Schweissperlen oder Zigarettenkippen,
- in Staubablagerungen durch Funken von der mechanischen Bearbeitung,
- durch heisse Oberflächen (z.B. Schiefelauf von Gurten an Elevatoren, Heizregister),
- durch Selbstentzündung.

⁴ Vgl. IVSS-Broschüre «Bestimmen der Brenn- und Explosionsgrößen von Stäuben» (Nr. 2018)

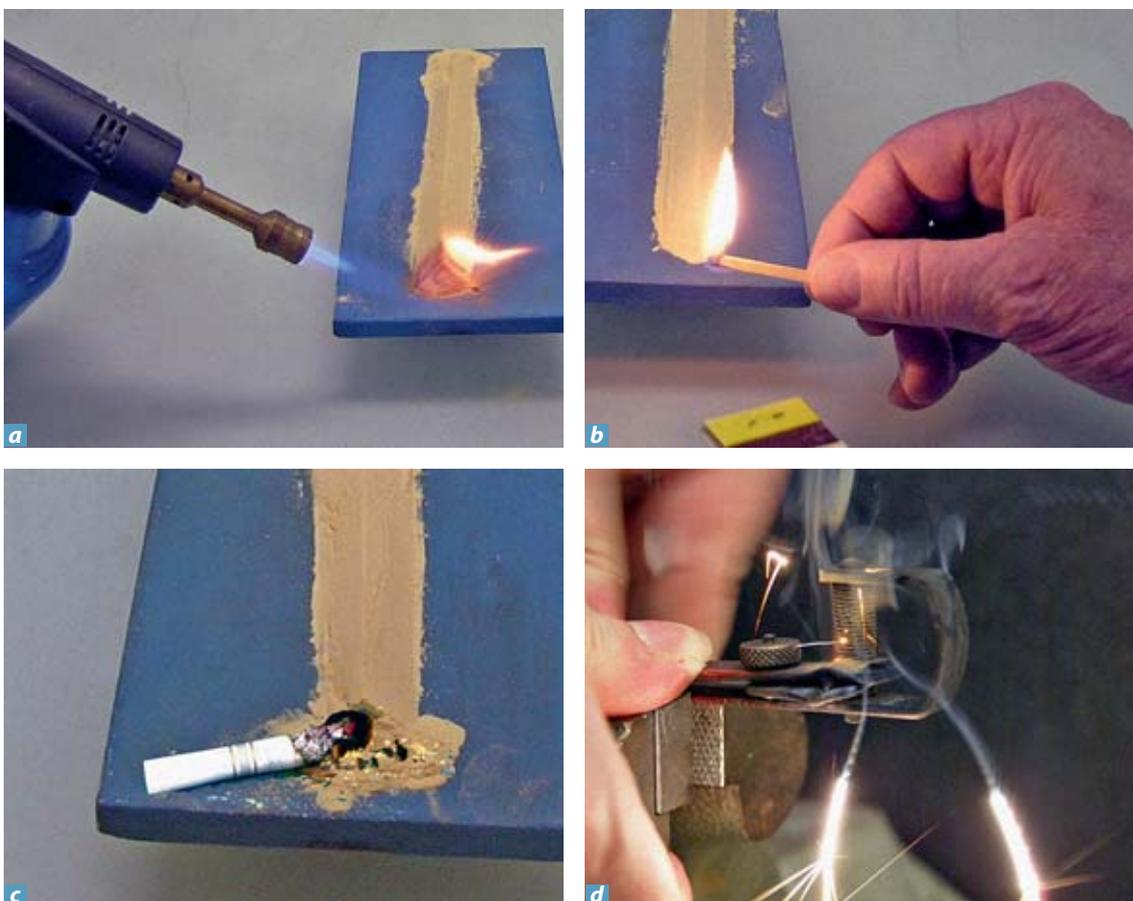


Bild 16 Prüfung der Entzündbarkeit von Staubablagerungen mit verschiedenen Zündquellen:
a) Gasflamme **b)** Streichholzflamme **c)** Zigarettenglut **d)** Cereisenanzünder

ZÜNDQUELLEN BESCHREIBUNG UND MASSNAHMEN

Welche Massnahmen können zur Vermeidung von Staubablagerungen getroffen werden?

Staubablagerungen können vermieden werden durch:

- staubdichte Bauweise,
- konstruktive und bauliche Massnahmen (Anschrägen horizontaler Flächen),
- Objektabsaugung,
- regelmässige Reinigung ohne Staubaufwirbelung (Reinigungsplan),
- Fördergeschwindigkeit in Transportleitungen über 20 m/s.

Welche Massnahmen können gegen Glimmnester getroffen werden?

Massnahmen zur Vermeidung von Glimmnestern sind z. B.:

- Reinigung von Staubablagerungen (Bild 17) vor Beginn der Schweiss- und Feuerarbeiten,
- Feuchthalten von Oberflächen,
- Verwendung von Einrichtungen gegen Schiefelauf und Schlupf,
- Verhinderung des Aufwirbelns von Glimmnestern bei Löscharbeiten,
- CO-Detektion zum Erkennen von Glimmnestern.

Darüber hinaus müssen die Temperaturen von Oberflächen, auf denen sich Staub ablagern kann, um einen Sicherheitsabstand von mindestens 75°C niedriger sein als die Mindestzündtemperatur der Schicht, die sich aus dem betreffenden Staub bilden kann.



Bild 17 Reinigung (Absaugen von Staubablagerungen)

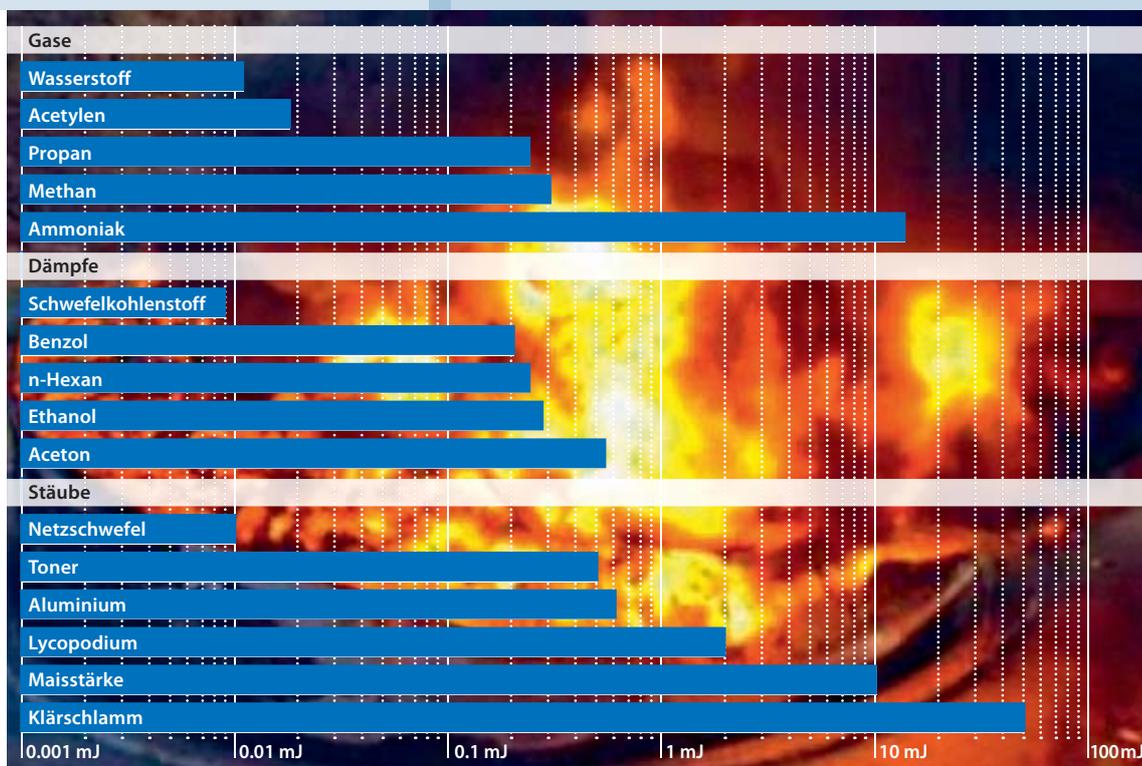


Bild 18 Mindestzündenergie: Vergleich brennbare Gase, brennbare Dämpfe und brennbare Stäube.
(Die Mindestzündenergien der aufgeführten Stäube können je nach Staubzustand [z. B. Korngrösse, Feuchte] deutlich von den dargestellten Werten abweichen.) (Quelle: IEC 60079-32 "Electrostatics", W. Bartknecht: Explosionsschutz 1993)

Mechanisch erzeugte Funken

Was versteht man unter mechanisch erzeugten Funken?

Durch Schleif-, Reib- und Schlagvorgänge (Bild 4) können aus festen Materialien Teilchen abgetrennt werden, die eine erhöhte Temperatur aufgrund der beim Trennvorgang aufgewendeten Energie annehmen. Bestehen die Teilchen aus oxidierbaren Substanzen, wie Eisen oder Stahl, können sie einen Oxidationsprozess durchlaufen, wobei sie noch höhere Temperaturen erreichen.

- Einzelfunken können sehr zündwillige brennbare Gase und Dämpfe (Acetylen, Schwefelkohlenstoff, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ethylenoxid, Kohlenmonoxid), sowie bestimmte Staub/Luft-Gemische (insbesondere Metallstaub-Luft-Gemische) entzünden.
- Erfahrungsgemäss stellen die in der Regel gleichzeitig entstehenden heissen Oberflächen eine grössere Zündgefahr dar, als die Schleif-, Reib- und Schlagfunken selbst.
- In abgelagertem Staub können durch Funken Glimmester entstehen, die dann zur Zündquelle für explosionsfähige Atmosphäre werden können.

Wo werden mechanische Funken erzeugt?

Funkengarben können z.B. beim Schleifen, beim Arbeiten mit Werkzeugen, in Mühlen wie Stiftmühlen nach Abbrechen eines Stiftes oder beim Schleifen von Ventilatorflügeln am Gehäuse auftreten. Das Eindringen von Fremdkörpern, z.B. von Steinen oder Metallstücken, in Maschinen (z.B. Mühlen oder Ventilatoren) muss als mögliche Ursache von Funken berücksichtigt werden.

Die Mindestzündenergie ist die wichtigste Kenngrösse zum Beschreiben der Zündempfindlichkeit einer explosionsfähigen Atmosphäre!



ZÜNDQUELLEN BESCHREIBUNG UND MASSNAHMEN

Wie können Entzündungen durch mechanisch erzeugte Funken vermieden werden?

Schleif-, Reib- und Schlagfunken sind in explosionsgefährdeten Bereichen zu vermeiden. Das kann erreicht werden z. B. durch (Bild 19):

- Kühlung an der Schleifstelle,
- Wasservorlagen, die zündfähige Partikel in der Abluft abscheiden können,
- Begrenzen der Umfangsgeschwindigkeiten bei Staub/Luft-Gemischen auf Werte unter 1m/s von rotierenden Anlagenteilen bei Antriebsleistungen unter 4 KW.

Tritt die explosionsfähige Atmosphäre nur selten und kurzzeitig auf, dürfen Werkzeuge verwendet werden,

bei denen nur einzelne Funken entstehen können (z.B. Schraubendreher, Schraubenschlüssel). In diesem Fall ist auch das Auftreten eines einzelnen Funkens infolge einer Betriebsstörung zulässig. Oftmals entstehen bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten in Folge von Reibung nicht nur Schleif-, Reib- und Schlagfunken sondern auch heisse Oberflächen (siehe heisse Oberflächen).

Besonderer Hinweis: Bezüglich des Einsatzes von Stahlwerkzeugen (Schraubendreher, Schraubenschlüssel) ist zu bemerken, dass ein entstehender Funke vorhandene explosionsfähige Atmosphäre nicht entzünden kann, ausser es liegt ein Gemisch aus Luft und Wasserstoff, Acetylen, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff oder Kohlenmonoxid vor (vgl. Bild 18 «Mindestzündenergie»).

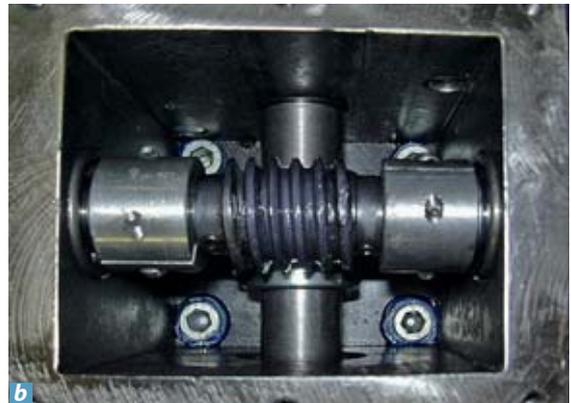


Bild 19 Vermeiden von mechanisch erzeugten Funken: **a)** Feuchthalten/Kühlung von Schleifstellen **b)** Begrenzen der Umfangsgeschwindigkeit **c)** Verwenden von funkenarmen Werkzeugen bei möglicher explosionsfähiger Atmosphäre von Stoffen mit sehr niedriger Mindestzündenergie (z. B. Acetylen)

Elektrische Betriebsmittel

Wann werden elektrische Betriebsmittel zur Zündquelle?

Bei elektrischen Betriebsmitteln bzw. elektrischen Anlagen können

- elektrische Funken und
- heiße Oberflächen (siehe Abschnitt «Heiße Oberflächen»)

als Zündquelle auftreten (Bild 20).

Hinweis: Kleinspannung (z.B. kleiner als 50 Volt) ist keine Explosionsschutzmassnahme, lediglich persönlicher Schutz gegen elektrischen Schlag und keinesfalls eine Massnahme des Explosionsschutzes. Auch bei kleineren Spannungen kann die Energie ausreichen, um explosionsfähige Atmosphäre zu entzünden.

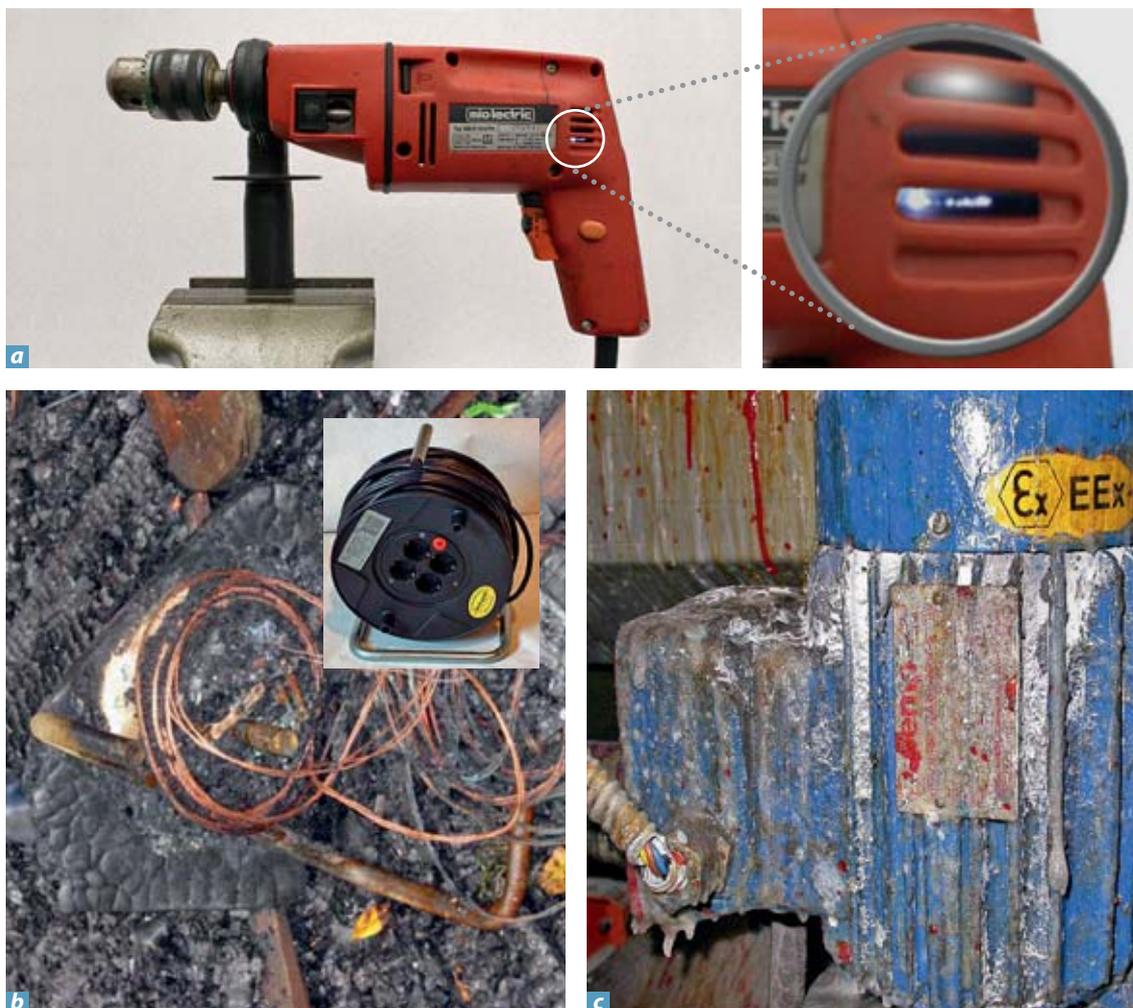


Bild 20 Zündquellen von elektrischen Betriebsmitteln: **a)** Bohrmaschine mit Funken am Kollektor **b)** Kabelrolle **c)** Mangelhafte Instandhaltung von explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln (hier noch mit alter Ex-Kennzeichnung)

ZÜNDQUELLEN BESCHREIBUNG UND MASSNAHMEN

Wie können elektrische Betriebsmittel zur Zündquelle werden?

Elektrische Funken können z.B. beim Öffnen und Schliessen elektrischer Stromkreise, durch Wackelkontakte oder bei Ausgleichsströmen erzeugt werden.

Heisse Oberflächen können z.B. durch ungenügende Wärmeabfuhr oder bei Überlastung elektrischer Betriebsmittel entstehen (vgl. auch Abschnitt «Heisse Oberflächen»).

Elektrische Betriebsmittel können auch zur Zündquelle werden bei:

- falscher Installation,
- schlechter Instandhaltung,
- Einsatz nicht explosionsgeschützter Betriebsmittel in explosionsfähiger Atmosphäre,
- falscher Auswahl explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel.

Wie können Entzündungen durch elektrische Betriebsmittel vermieden werden?

In explosionsgefährdeten Bereichen müssen elektrische Betriebsmittel gemäss den geltenden Vorschriften und Normen konzipiert, konstruiert, installiert, betrieben und instandgehalten werden.

Es gibt eine Vielzahl konstruktiver Massnahmen, um zu vermeiden, dass elektrisch erzeugte Funken oder heisse Oberflächen zur Zündquelle werden können:



funkengebende Teile werden in einem Gehäuse eingeschlossen, welches druckfest gebaut ist und einen Flammendurchschlag durch Gehäusespalte verhindert;



funkengebende Teile werden in einem Gehäuse eingeschlossen, welches mit einem Zündschutzgas, z.B. Luft unter Überdruck im Inneren gehalten wird. Hierdurch wird das Eindringen explosionsfähiger Atmosphäre verhindert;



funkengebende Teile werden in einem Medium (Öl, Vergussmasse oder Sand) so eingebettet, dass explosionsfähige



Atmosphäre durch einen Funken nicht entzündet werden kann;



Begrenzung der Energie im Stromkreis und spezielle konstruktive Massnahmen um zündfähige Funken und Erwärmung zu verhindern;



Verhindern von Funken, Lichtbögen und gefährlichen Übertemperaturen im Normalbetrieb durch konstruktive Massnahmen.

In explosionsgefährdeten Bereichen sind nur explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel zulässig (Bilder 21 und 22). In Bereichen, in denen nur selten und kurzzeitig mit explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist, sind elektrische Betriebsmittel zulässig, die bei störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb) keine wirksame Zündquelle darstellen. Die Bestimmungen der entsprechenden nationalen bzw. internationalen Regelwerke sind zu beachten.



Bild 21 Beispiele von festinstallierten explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln: **a)** Leuchte **b)** Tastatur mit Monitor **c)** Kamera **d)** Revisions-Schalter **e)** Motor



Bild 22 Beispiele von mobilen (ortsveränderlichen) explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln: **a)** LED-Arbeitsleuchte **b)** Mobilcomputer **c)** Mobiltelefon **d)** Stapler

ZÜNDQUELLEN BESCHREIBUNG UND MASSNAHMEN

Statische Elektrizität

Weitergehende Informationen über die statische Elektrizität können der IVSS-Broschüre «Statische Elektrizität» (Nr. 2017) entnommen werden.

Was versteht man unter statischer Elektrizität?

Statische Elektrizität wird in der Regel durch Trennvorgänge verursacht. Zur Aufladung kommt es, wenn mindestens eine der beteiligten Oberflächen nicht leitfähig ist. Aufladungen auf leitfähigen Oberflächen können auch durch Influenz verursacht werden. Die einzelnen Schritte, die zum Auftreten elektrostatischer Aufladungen bzw. zu Entladungen führen, sind folgende (Bild 23):

- Ladungstrennung: Durch Trennprozesse (meistens zwischen Produkt und Anlageteilen) werden die in Kontakt stehenden Oberflächen aufgeladen.

- Ladungsanhäufung: Auf Produkten, Anlageteilen, Packmitteln, Personen usw. können Ladungen angesammelt werden.
- Ladungsableitung: Sofern von den Orten der Ladungsanhäufung eine Erdverbindung mit hinreichender Leitfähigkeit vorhanden ist und die Objekte leitfähig sind, kann die Ladung gefahrlos zur Erde abfließen.
- Entladung: Wird die Ladungsanhäufung immer höher, weil die bei Trennprozessen entstehenden Ladungen nicht oder nicht genügend schnell zur Erde abfließen können, tritt eine Entladung auf.

Mit elektrostatischer Aufladung muss bei Trennprozessen immer gerechnet werden, sobald zumindest ein Kontaktpartner elektrisch isolierend ist.

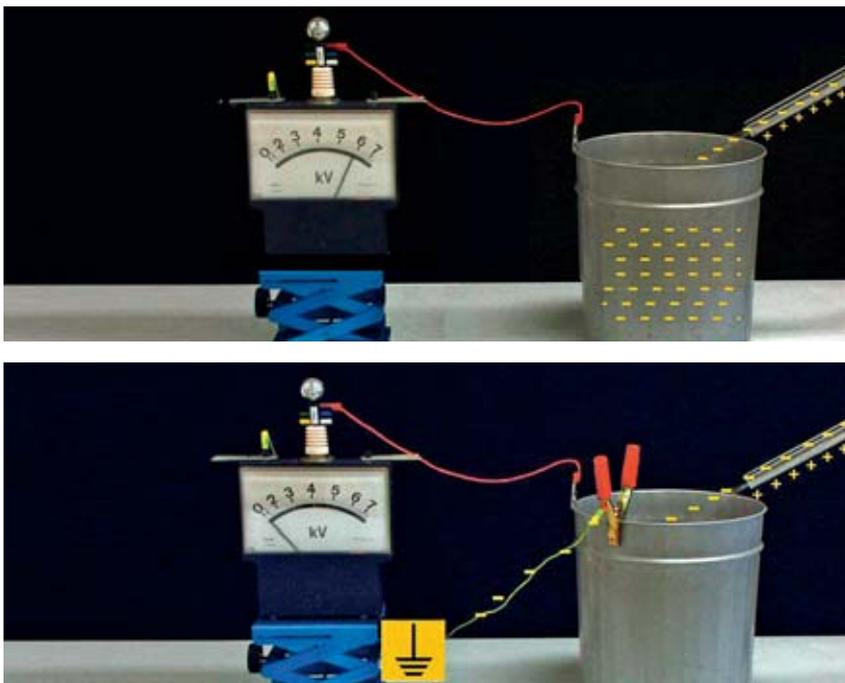


Bild 23 Grundschemata der Elektrostatik, bildliche Darstellung der Schritte:
a) Ladungstrennung und Ladungsanhäufung auf isoliertem Behälter (keine Erdung) **b)** Ladungsableitung (durch Erdung)

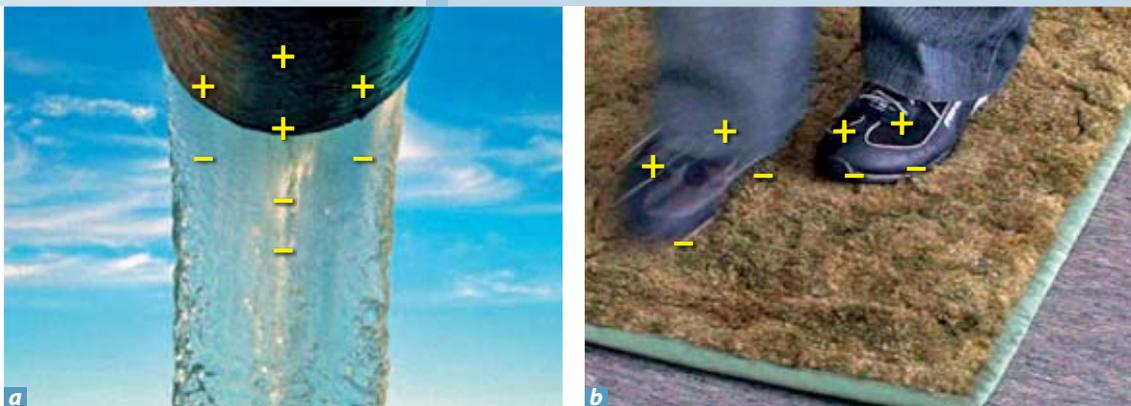


Bild 24 Trennprozesse, die in der Praxis oft zu gefährlich hohen Aufladungen führen können: **a)** Umfüllen von Flüssigkeiten (Aufladung von Anlageteilen) **b)** Gehen auf einem isolierenden Fussboden oder mit isolierenden Schuhen (Aufladung von Personen)

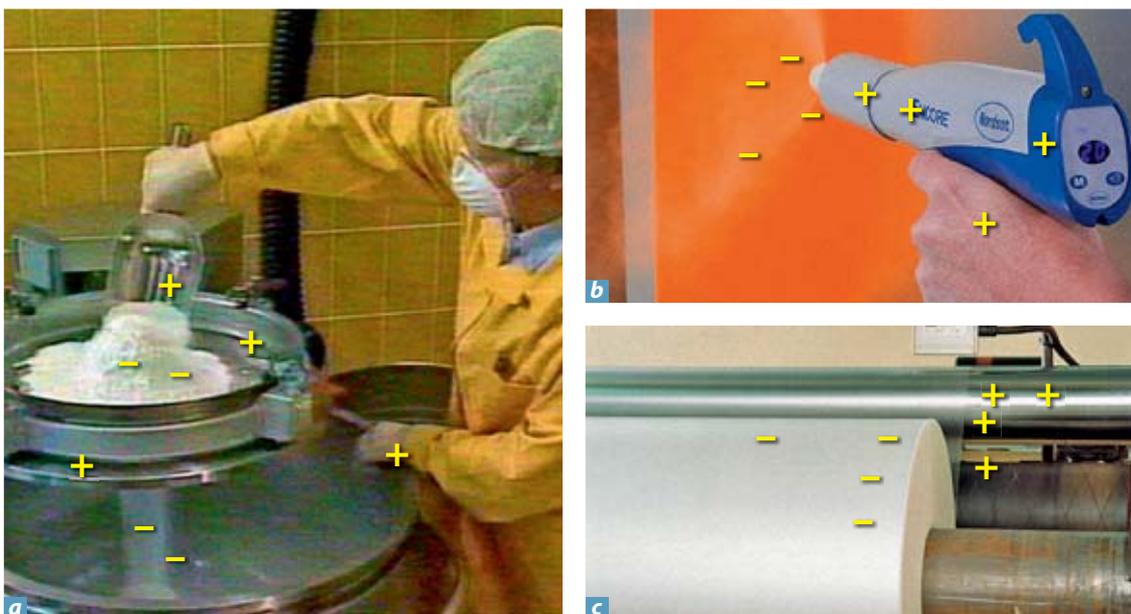


Bild 25 Beispiele von Trennprozessen: **a)** Sieben eines Schüttgutes **b)** Versprühen (Zerdüsen) einer Flüssigkeit (Elektrostatisches Spritzen) **c)** Abrollen einer Folie

Wo kann statische Elektrizität auftreten?

Statische Elektrizität kann z. B. auftreten bei:
Trennprozessen (Bild 24/25) wie

- Umfüllen von Produkten,
- Gehen des Menschen auf dem Fussboden,
- Abrollen einer Folie,
- Strömen einer Flüssigkeit durch eine Rohrleitung,
- Zerdüsen oder Versprühen einer Flüssigkeit,
- Ausschütten eines Schüttgutes aus einem Kunststoffstoffsack,
- Pneumatisches Fördern eines Schüttgutes durch eine Rohrleitung.

Eine elektrostatische Aufladung allein stellt nicht notwendigerweise eine Zündgefahr dar. Erst wenn die Aufladung so hoch wird, dass infolge des hohen elektrischen Feldes Entladungen auftreten, besteht Zündgefahr.

Erden der Personen und Erden aller leitfähigen Anlageteile ist die wichtigste Massnahme zum Vermeiden gefährlich hoher Aufladungen!

ZÜNDQUELLEN BESCHREIBUNG UND MASSNAHMEN

Wie können Entladungen bzw. Entzündungen durch statische Elektrizität vermieden werden?

Möglichkeiten (Bild 26) sind z. B.:

Vermeiden hoher Aufladungen

- Gefahrlose Ladungsableitungen durch Verwenden leitfähiger Materialien und durch Potentialausgleich und Erden,
- Aufladerate niedrig halten durch Begrenzen sämtlicher Trenn- und Fördergeschwindigkeiten,
- Ladung neutralisieren durch Verwenden aktiver oder passiver Ionisatoren.

Eine recht wirksame Methode zur Ableitung statischer Elektrizität stellt die Ionisation der Luft dar. Hierdurch wird ein Ausgleich der Ladungen durch die Luft bewirkt, bevor sich störende oder gefährliche Aufladungen bilden können. Zur Ionisation werden elektrische oder radioaktive Ionisatoren benutzt, die entweder Gegenladungen erzeugen («aktive Ionisatoren») oder die Ableitung vorhandener Ladungen fördern («passive Ionisatoren»).

Vermeiden zündwirksamer Entladungen

Die Zündenergie der möglichen Entladungen muss kleiner sein als die Zündempfindlichkeit der zu erwartenden explosionsfähigen Atmosphäre.

In Bereichen mit einer hohen Auftrittswahrscheinlichkeit der explosionsfähigen Atmosphäre müssen zündfähige Entladungen auch unter Berücksichtigung selten auftretender Betriebsstörungen ausgeschlossen werden.

In Bereichen, in denen nur selten und kurzzeitig mit explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist, sind andere Massnahmen als das Erden leitfähiger Teile in der Regel nur dann erforderlich, wenn zündfähige Entladungen häufig auftreten (z. B. bei nicht ausreichend leitfähigen Treibriemen).



a



b



c



d

Bild 26 Beispiele für das Vermeiden von Funkenentladungen: **a)** Ladungsableitung durch Erden aller leitfähigen Teile und Produkte und Tragen von ableitfähigen Schuhen **b)** Überwachung der Erdung mit Verriegelung **c)** Erden von Flanschen an Rohrleitungen **d)** Neutralisieren von Ladungen durch Ionisatoren

Blitzschlag

Welche Zündgefahren gehen vom Blitzschlag aus?

Ein Blitz entsteht durch Ladungsausgleich über einen stark ionisierenden Entladungsweg zwischen verschiedenen Wolken oder zwischen Wolke und Erde (Bild 27). Die zu Blitzerscheinungen führenden Spannungen können bis 300 Mio. Volt betragen, wobei Ströme bis 100 000 Ampère fließen können. Wenn ein Blitz in explosionsfähige Atmosphäre einschlägt, wird diese stets entzündet. Daneben besteht eine Zündmöglichkeit auch durch starke Erwärmung der Ableitwege des Blitzes.

Von Blitzeinschlagstellen aus fließen starke Ströme, die in der Nachbarschaft der Einschlagstelle Funken hervorrufen können. Selbst ohne Blitzschlag können Gewitter zu hohen induzierten Spannungen bei Anlagen und Betriebsmitteln mit der Folge von zündwirksamen Entladungen führen.



Bild 27 Blitzschlag

Wie kann eine Entzündung durch Blitzschlag vermieden werden?

Gebäude und Anlagen mit explosionsgefährdeten Bereichen können z. B. als «faraday'scher Käfig» ausgebildet sein, so dass auftretende Überspannungen gefahrlos abgeleitet werden (Bild 28).

- Tritt explosionsfähige Atmosphäre nur selten und kurzzeitig auf, sind keine Blitzschutzmassnahmen (Blitzableiter) erforderlich.

- Einwirkungen von Blitzeinschlägen auch aus Nachbarbereichen zur Zone 0/1 bzw. 20/21 sind zu verhindern. Hierzu sind an geeigneter Stelle Überspannungsableiter einzubauen.

Bei erdüberdeckten Tankanlagen oder elektrisch leitenden Anlagenteilen, die gegen den Behälter elektrisch isoliert sind, ist ein Potentialausgleich erforderlich.

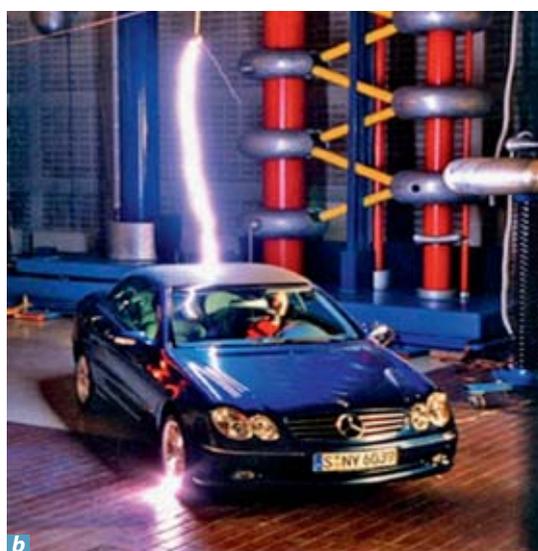


Bild 28 Blitzschutz: **a)** Blitzschutzanlage
b) «Faraday'scher Käfig»



ORGANISATORISCHE MASSNAHMEN

ORGANISATORISCHE MASSNAHMEN

Wozu sind organisatorische Massnahmen erforderlich?

Ergänzend zu den technischen Schutzmassnahmen müssen organisatorische Massnahmen getroffen werden, um einerseits die Brand- und Explosionsgefährdung zu verringern und andererseits die Wirksamkeit der technischen Schutzmassnahmen zu gewährleisten.

Was sind organisatorische Massnahmen?

In der Praxis sind im Zusammenhang mit der Vermeidung wirksamer Zündquellen u.a. folgende organisatorische Massnahmen von Bedeutung (Bild 29):

- Dokumentieren, dass der Explosionsschutz gewährleistet ist, insbesondere Festlegung der Zonen und gegebenenfalls Erstellen von Zonenplänen,
- Erstellen von Betriebsanweisungen,
- Kennzeichnen explosionsgefährdeter Bereiche,
- Regelmässiges Unterweisen der Beschäftigten,
- Sicherheitstechnisches Überwachen,
- Instandhalten der Anlagen und Einrichtungen,
- Zur Verfügung stellen und Tragen geeigneter persönlicher Schutzausrüstungen, damit der Beschäftigte nicht zur Zündquelle wird,
- Reinigungsplan z. B. in staubbelasteten Bereichen, nass reinigen oder saugen (nicht blasen),
- Freigabebescheinigung für Arbeiten mit Zündgefahren (z. B. Schweißerlaubnis).

Was ist ein Explosionsschutzdokument?

Aus dem Explosionsschutzdokument muss hervorgehen, dass:

- das Explosionsrisiko ermittelt und bewertet ist,
- angemessene Massnahmen zum Explosionsschutz festgelegt sind,
- die Zonen festgelegt und gegebenenfalls Zonenpläne erstellt sind,
- die Arbeitsplätze und die Arbeitsmittel einschliesslich der Warneinrichtungen sicher gestaltet sind und sicher betrieben und gewartet werden,
- Vorkehrungen für die sichere Benutzung von Arbeitsmitteln getroffen worden sind.



Bild 29 Beispiele von organisatorischen Massnahmen: **a)** Sicherheitstechnische Überwachung der Anlagen und Einrichtungen **b)** Regelmässiges Unterweisen der Beschäftigten **c)** Explosionsschutzdokument und Betriebsanweisung erstellen **d)** Kennzeichnen von explosionsgefährdeten Bereichen **e)** Zur Verfügung stellen und Tragen von Schuhen mit Ableitwiderstand $\leq 10^8 \Omega$



ORGANISATORISCHE MASSNAHMEN

Wann ist ein Zonenplan sinnvoll?

Ein Zonenplan ist sinnvoll bei komplexen Anlagen, nach Festlegen verschiedener Zonen und bei grossen räumlichen Ausdehnungen.

Wie müssen explosionsgefährdete Bereiche gekennzeichnet werden?

Explosionsgefährdete Bereiche müssen z.B. mittels dem Sicherheitskennzeichen «EX» (vgl. Bild 30) ausgewiesen, markiert oder abgesperrt werden.

Was soll eine Betriebsanweisung enthalten?

Eine Betriebsanweisung muss sowohl das Verhalten der Beschäftigten

- im Normalbetrieb als auch
- im Fall von Störungen regeln.

Die Verantwortlichkeiten für das Durchführen der Schutzmassnahmen müssen klar festgelegt werden. Massnahmen zur Vermeidung von Zündquellen müssen Bestandteil der Betriebsanweisung sein.

Worüber sind die Beschäftigten regelmässig zu unterweisen?

Vor der ersten Arbeitsaufnahme und in regelmässigen Abständen sind die Beschäftigten einschliesslich Mitarbeiter von Fremdfirmen über mögliche Gefahren zu informieren und auf das richtige Verhalten hinzuweisen. Zur Vermeidung von Zündquellen sind z.B. folgende Massnahmen erforderlich:

- Meldung von Beschädigungen an Anlagen oder Arbeitsmitteln, die zur Zündquelle werden können, an den Vorgesetzten,
- Instandhaltungsarbeiten nur mit Freigabebeschein durchführen,
- Einsatz geeigneter elektrischer und nicht elektrischer Arbeitsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen.

Was beinhaltet das sicherheitstechnische Überwachen?

Auf eine regelmässige Kontrolle der Anlagen, insbesondere der sicherheitstechnischen Einrichtungen, wie Flammensperren, Explosionsklappen, Messsonden, Schnellschlussschieber und derjenigen Einrichtungen bzw. Anlageteile, die zu Zündquellen werden können, wie Lager, elektrostatische Erdungseinrichtungen, ist insbesondere zu achten. Die Einführung eines «Sicherheits-Wartungs-Kontroll-Programms» (z.B. mittels Checklisten) hat sich in der Praxis gut bewährt.





INSTANDHALTUNG

INSTANDHALTUNG

Was ist bei Instandhaltungsarbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen zu beachten?

Bei Instandhaltungsarbeiten mit Zündgefahren in explosionsgefährdeten Bereichen oder in Bereichen, in denen durch die Arbeit gefährliche explosionsfähige Atmosphäre erst entstehen kann, sind folgende Schutzmassnahmen erforderlich (Bild 30):

- Das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ist zu vermeiden:
 - Gewährleistung der Gas- bzw. Staubfreiheit (Ausgasungen und Restmengen vermeiden durch Entleeren, Reinigen und Lüften; Staubaufwirbelungen z.B. durch Befeuchten vermeiden),
 - Rohrleitungen abblinden,
 - Öffnungen zu anderen Bereichen z.B. Leitungsdurchführungen, Deckendurchbrüche abdecken,
 - Ausstellen von Freigabebescheinungen (Feuer- und Schweisserlaubnisschein, Befahrerlaubnisschein),
 - Gaswarngeräte können neben ihrer Aufgabe der Warnung vor gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre auch Aufgaben der Warnung vor Gesundheitsgefahren übernehmen. Die hierfür massgebenden Konzentrationen liegen in der Regel um Zehnerpotenzen niedriger als die unteren Explosionsgrenzen.
- Gelingt es nicht, das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre zu verhindern, sind Massnahmen zur Vermeidung von Zündquellen zu treffen:
 - Auswahl von geeignetem Werkzeug,
 - Prüfung der Zulässigkeit des Einsatzes von ortsveränderlichen nicht explosionsgeschützten elektrischen Arbeitsmittel,
 - Verbot von Arbeiten in Bereichen, in denen ständig explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist,
 - Überwachung der festgelegten Schutzmassnahmen,
 - Tragen von elektrostatisch ableitfähigem Schuhwerk,
 - Verschleisssteile austauschbar machen, so dass diese ausgebaut und in der Werkstatt bearbeitet werden können, z. B. Schweißen,
 - räumliche Eingrenzung der Wirksamkeit von Zündquellen, z. B. Abdecken der Umgebung oder von Bodenöffnungen gegen die weitreichende Ausbreitung von Schweissperlen als Zündquelle, insbesondere auch für Staubablagerungen.

- Ort, Beginn, Dauer und Umfang der erforderlichen Schutzmassnahmen sind in einer Arbeitsanweisung festzulegen. Die Beschäftigten sind darüber zu unterweisen. Mit den Arbeiten darf erst begonnen werden, wenn die festgelegten Schutzmassnahmen getroffen wurden und wirksam sind. Die Wirksamkeit der Schutzmassnahmen ist während der Dauer der Arbeiten zu überwachen. Die Schutzmassnahmen dürfen

erst aufgehoben werden, wenn die Instandsetzungsarbeiten abgeschlossen sind und keine Gefahren mehr bestehen.

- Nach Abschluss der Instandsetzungsarbeiten ist sicherzustellen, dass vor Wiederinbetriebnahme der für den Normalbetrieb erforderliche Explosionsschutz gewährleistet ist.

Bewilligung für Schweiß- und Feuerarbeiten

Erlaubnis zur Durchführung folgender Feuerarbeiten (zuzuführendes ankreuzen):

<input type="checkbox"/> Schweißarbeiten	<input type="checkbox"/> Schmelzarbeiten	<input type="checkbox"/> Lötlagen
<input type="checkbox"/> Verlötlingsarbeiten	<input type="checkbox"/> Aufarbeiten	<input type="checkbox"/>

Ausführende Firma: _____
 Verantwortlicher Mitarbeiter: _____
 Verantwortliche im Betrieb: _____
 Ausführende Arbeiter: _____
 Verantwortliche Feuer: _____

Sicherheitsmassnahmen vor Beginn der Arbeiten (zuzuführendes ankreuzen):

<input type="checkbox"/> Arbeitsgegenstand vor dem Betrieb nehmen	<input type="checkbox"/> Bergungswegarten durchfahren
<input type="checkbox"/> Aufstellort abgrenzen / absperrbar	<input type="checkbox"/> Erlernen spezieller Sonderbau Gegenstände, Duffe und Überlagerungen in Ländern von Müssen
<input type="checkbox"/> Benutzte Feuerarbeiten sichern	<input type="checkbox"/> Abdecken / Bedecken massen Luft der gefährlichen, besonderen Gegenstände wie z.B. Hochdruck, Hochdruck und -Explosion, Kunststoffe, usw.
<input type="checkbox"/> Elektrische Anlagen ausschalten, sichern	<input type="checkbox"/> Abdecken / Bedecken massen Luft der gefährlichen, besonderen Gegenstände wie z.B. Hochdruck, Hochdruck und -Explosion, Kunststoffe, usw.
<input type="checkbox"/> Entfernen von Leuchtstoffröhren / Leuchtstoffröhren	<input type="checkbox"/> Abdecken / Bedecken massen Luft der gefährlichen, besonderen Gegenstände wie z.B. Hochdruck, Hochdruck und -Explosion, Kunststoffe, usw.
<input type="checkbox"/> Abstreifen / Abstreifen am Arbeitsplatz prüfen	<input type="checkbox"/> Abdecken / Bedecken massen Luft der gefährlichen, besonderen Gegenstände wie z.B. Hochdruck, Hochdruck und -Explosion, Kunststoffe, usw.
<input type="checkbox"/> Lokale Brandschutzgruppe oder Einzelweiser installieren	<input type="checkbox"/> Abdecken / Bedecken massen Luft der gefährlichen, besonderen Gegenstände wie z.B. Hochdruck, Hochdruck und -Explosion, Kunststoffe, usw.
<input type="checkbox"/> Fluchtwege freihalten	<input type="checkbox"/> Abdecken / Bedecken massen Luft der gefährlichen, besonderen Gegenstände wie z.B. Hochdruck, Hochdruck und -Explosion, Kunststoffe, usw.
<input type="checkbox"/> Anzeigelicht einrichten und betriebsbereit	<input type="checkbox"/> Abdecken / Bedecken massen Luft der gefährlichen, besonderen Gegenstände wie z.B. Hochdruck, Hochdruck und -Explosion, Kunststoffe, usw.
<input type="checkbox"/> Gefährdung signalisieren	<input type="checkbox"/> Abdecken / Bedecken massen Luft der gefährlichen, besonderen Gegenstände wie z.B. Hochdruck, Hochdruck und -Explosion, Kunststoffe, usw.
<input type="checkbox"/> Sicherheitsverantwortlichen über den Beginn informieren	<input type="checkbox"/> Abdecken / Bedecken massen Luft der gefährlichen, besonderen Gegenstände wie z.B. Hochdruck, Hochdruck und -Explosion, Kunststoffe, usw.

Feuerlöscher bereithalten
 Wasser bereithalten

Die Arbeiten dürfen erst begonnen werden, wenn die ... sind und die Einträge durch Unterschrift bestätigt sind.

Sicherheitsmassnahmen während der Arbeiten (zuzuführendes ankreuzen):

<input type="checkbox"/> Keulen
<input type="checkbox"/> Abstreifen / Abstreifen am Arbeitsplatz prüfen
<input type="checkbox"/> Abstreifen / Abstreifen am Arbeitsplatz prüfen
<input type="checkbox"/> Sicherheitsbeauftragte / Gefährdungsbeauftragte

Sicherheitsmassnahmen am Schluss der Arbeiten (zuzuführendes ankreuzen):

<input type="checkbox"/> Der Arbeitsplatz ist sauber gehalten (z.B. verschmutzt)
<input type="checkbox"/> Verschmutzte umgeben abstellen
<input type="checkbox"/> Verschmutzte umgeben abstellen
<input type="checkbox"/> Der Arbeitsplatz ist bis ... Stunden nach Arbeitsende Wasser messen.

Verantwortliche Person der ausführenden Firma: _____
 Datum / Unterschrift der verantwortlichen Person: _____
 Verantwortlicher Sicherheitsbeauftragter des Betriebes: _____
 Datum / Unterschrift des verantwortlichen Sicherheitsbeauftragten: _____

	Feuerwehr: 112	Wiev. mobil?
	Beruf: 144	Wiev. ist gearbeitet?
	Winterruf: _____	Wo ist es gearbeitet?
	Sicherheitsbeauftragter: _____	Notruf des Sicherheitsbeauftragten:

1 von 1



Bild 30 Beispiele von Instandhaltungsmassnahmen: **a)** Schweißserlaubnischein; **b)** Gaswarngerät zum Personenschutz; **c)** Messen der möglichen explosionsfähigen Atmosphäre; **d)** Steckscheibe; **e)** Kontrolle der Schutzmassnahmen in den Zonen



ANHANG

ANHANG

Zonen – Definitionen⁵ und Erläuterungen⁶

Zone 0

Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist. Diese Bedingungen sind im Allgemeinen nur im Inneren von Behältern, Rohrleitungen, Apparaturen usw. anzutreffen. Zündquellen, die im normalen Betrieb, bei vorhersehbaren Störungen und selbst bei selten auftretenden Störungen wirksam werden können, müssen vermieden werden. Der Aufenthalt von Arbeitnehmern und die Durchführung von Arbeiten sind nur im Einzelfall, unter Einhaltung von besonderen Massnahmen zulässig.

Zone 1

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann. Hierzu können u.a. gehören

- die nähere Umgebung der Zone 0;
- die nähere Umgebung von Beschickungsöffnungen;
- der nähere Bereich um Einfüll- und Entleerungsöffnungen;
- der nähere Bereich um leicht zerbrechliche Geräte aus Glas, Keramik und der gleichen;
- der nähere Bereich um nicht ausreichend dichtende Stopfbuchsen, z.B. an Pumpen und Schiebern mit Stopfbuchsen.

Zündquellen, die im normalen Betrieb und bei vorhersehbaren Störungen wirksam werden können, müssen vermieden werden. Die Durchführung von Arbeiten, bei denen Zündquellen bei normalem Betrieb auftreten können, ist nur dann zulässig, wenn die im Explosionsschutzdokument für diese Zone vorgesehenen Schutzmassnahmen angewandt werden.

⁵ Definition gemäss 1999/92/EG

⁶ Erläuterungen gemäss «Praxishilfen zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes» (Nr. 2050, dt./engl./fr.) (2006)

Zone 2

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt. Hierzu können u.a. Bereiche gehören, welche die Zonen 0 oder 1 umgeben. Zündquellen, die im normalen Betrieb wirksam werden können, müssen vermieden werden. Die Durchführung von Arbeiten, bei denen Zündquellen bei normalem Betrieb auftreten können, ist nur dann zulässig, wenn die im Explosionsschutzdokument für diese Zone vorgesehenen Schutzmassnahmen angewandt werden können, ist nur dann zulässig, wenn die im Explosionsschutzdokument für diese Zone vorgesehenen Schutzmassnahmen angewandt werden.

Zone 20

Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist. Diese Bedingungen sind im Allgemeinen nur im Inneren von Behältern, Rohrleitungen, Apparaturen usw. anzutreffen. Zündquellen, die im normalen Betrieb und bei vorhersehbaren Störungen selbst bei selten auftretenden Störungen wirksam werden können, müssen vermieden werden. Der Aufenthalt von Arbeitnehmern und die Durchführung von Arbeiten sind nur im Einzelfall, unter Einhaltung von besonderen Massnahmen zulässig.

Zone 21

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann. Hierzu können u.a. Bereiche in der unmittelbaren Umgebung von z.B. Staubentnahmestellen oder Füllstationen gehören und Bereiche, wo Staubablagerungen auftreten und bei normalem Betrieb gelegentlich eine explosionsfähige Konzentration von brennbarem Staub im Gemisch mit Luft bilden können. Zündquellen, die im normalen Betrieb und bei vorhersehbaren Störungen

wirksam werden können, müssen vermieden werden. Die Durchführung von Arbeiten, bei denen Zündquellen bei normalem Betrieb auftreten können, ist nur dann zulässig, wenn die im Explosionsschutzdokument für diese Zone vorgesehenen Schutzmassnahmen angewandt werden.

Zone 22

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt. Hierzu können u.a. Bereiche in der Umgebung Staub enthaltender Apparaturen gehören, in denen Staub aus Undichtheiten austreten und Staubablagerungen bilden kann (z.B. Mühlenräume, in denen Staub aus den Mühlen austritt und sich ablagert). Zündquellen, die im normalen Betrieb wirksam werden können, müssen vermieden werden. Die Durchführung von Arbeiten, bei denen Zündquellen bei normalem Betrieb auftreten können, ist nur dann zulässig, wenn die im Explosionsschutzdokument für diese Zone vorgesehenen Schutzmassnahmen angewandt werden. Anmerkungen:

1. Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen.
2. Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden.



ANHANG

Stichwortverzeichnis

A

adiabatische Kompression 15
 Ausbreitungsverhalten 21
 Ausdehnung von Zonen 20f, 38
 Auswirkungen 8f, 16

B

bauliche Massnahmen 8, 26
 Betriebsanweisungen 36, 38
 Betriebsmittel 14, 21, 24, 29f, 37f
 Blitz 14, 35f
 Bohrmaschine 29

C

chemische Reaktion 15f

D

Dauerbrandsicherung 24
 Deflagrationssicherung 24
 Detonationssicherung 24
 Dichte von Gasen 18
 druckfeste Kapselung 16

E

elektrische Ausgleichsströme 15, 30
 elektrische Betriebsmittel 14, 29f
 elektrischer Funke 14, 29f
 Elektromagnetische Wellen 15f
 Elektrostatik 32f
 elektrostatischer Funke 13f
 Energie 12, 16, 21, 27, 29, 30, 37, 39
 Erden 33ff
 exotherme Reaktion 15
 Explosion 8ff, 11, 16
 explosionsfähige Atmosphäre 8f, 18ff, 27
 Explosionsgefahr 10
 explosionsgefährdete Bereiche 18ff, 38
 explosionsgeschützt 29ff
 Explosionsschutzdokument 36f, 42f

F

Fahrzeugbremse 21
 Faradayscher Käfig 35
 Feuchthalten 26, 28
 Flammen 13, 14, 23ff
 Flammendurchschlagsicherung 24
 Flammenfortpflanzung 16
 Flammensperre 24, 38
 Freigabeschein 36, 40f
 Funken 12f, 16, 27ff, 35
 Funkengarbe 27

G

Gewitterblitz 14
 Glimmnester 25ff
 Glühlampe 21f

H

Handlampe / Arbeitsleuchte 31
 Hartlöten 21
 Heisse Oberflächen 13, 14, 20ff, 25, 29ff
 Heizstrahler 21
 Hochfrequenz 15

I

Instandhaltung 30, 38, 40ff
 Ionisierende Strahlung 15

K

Kabelrolle 29
 Kathodischer Korrosionsschutz 15
 Kenngrössen 11, 25, 27
 Kennzeichnen 36f
 Kleinspannung 29
 Klemmenkasten 16

L

Ladungsableitung 32ff
 Ladungstrennung 32ff
 Laser 15
 leitfähig 32, 33

M

Massnahmen 8, 18, 26f, 30, 34, 36ff, 40ff
mechanisch erzeugte Funken 14, 28ff
Mindestzündenergie 11, 27
Mindestzündtemperatur 11, 20, 21, 22, 26
mobile elektrische Betriebsmittel 31
Mühlen 21, 27, 43

O

organisatorische Massnahmen 36ff

P

Personenaufladungen 33
Persönliche Schutzausrüstung 36
Potentialausgleich 15, 34, 35

R

Reaktion 15
Reibfunken 14
Reinigung 18, 26, 36

S

Schaltschrank 16
Schlagfunken 13, 27, 28
Schleifen 11, 27
Schleiffunken 27, 28
Schuhe 33, 34, 37
Schweisserlaubnis 36, 38
Schweissfunken 13
Schweissperle 21, 23, 25, 40
Stapler 31
Statische Elektrizität 14, 32ff
Staubablagerung 20, 25ff, 40, 43
Stosswellen 15

T

Telefon 31
Temperaturbegrenzung 16
Temperaturüberwachung 26
Trennprozesse 32ff

U

Überdruck 30
Ultraschall 15
Umfangsgeschwindigkeit 16, 22, 28
Unterweisen 36, 37, 38, 41

V

Vermeiden hoher Aufladungen 33, 34

W

Wärmedämmung 22
Werkzeuge 27, 28, 41

Z

Zonen 18, 19, 36, 38, 42ff
Zonenplan 38
Zündquellen, bedeutendste 14
Zündquellen, weitere 15
Zündquellen, Wirksamkeit 16
Zündtemperatur 11, 21, 22, 24
Zündwirksamkeit 12



ANHANG

Literatur

IEC- und CENELEC-Normen

- «Explosionsfähige Atmosphäre», IEC/EN 60079-:
- Teil 0: «Geräte – Allgemeine Anforderungen» (IEC/EN 60079-0)
- Teil 1: «Geräteschutz durch druckfeste Kapselung,d'» (IEC/EN 60079-1)
- Teil 2: «Geräteschutz durch Überdruckkapselung,p'» (IEC/EN 60079-2)
- Teil 5: «Geräteschutz durch Sandkapselung,q'» (IEC/EN 60079-5)
- Teil 6: «Geräteschutz durch Ölkapselung,o'» (IEC/EN 60079-6)
- Teil 7: «Geräteschutz durch erhöhte Sicherheit,e'» (IEC/EN 60079-7)
- Teil 10-1: «Einteilung der Bereiche – Gasexplosionsgefährdete Bereiche» (IEC/EN 60079-10-1)
- Teil 10-2: «Einteilung der Bereiche – Staubexplosionsgefährdeten Bereiche» (IEC/EN 60079-10-2)
- Teil 11: «Geräteschutz durch Eigensicherheit,i'» (IEC/EN 60079-11)
- Teil 13: «Geräteschutz durch Überdruckräume,p'» (IEC/EN 60079-13)
- Teil 14: «Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen» (IEC/EN 60079-14)
- Teil 15: «Geräteschutz durch Zündschutzart,n'» (IEC/EN 60079-15)
- Teil 17: «Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen» (IEC/EN 60079-17)
- Teil 18: «Geräteschutz durch Vergusskapselung,m'» (IEC/EN 60079-18)
- Teil 19: «Geräte-reparatur, Überholung und Regenerierung» (IEC/EN 60079-19)
- Teil 20-1: «Stoffliche Eigenschaften zur Klassifizierung von Gasen und Dämpfen - Prüfmetho-den und Daten» (IEC/EN 60079-20-1)
- Teil 20-2: «Brennbare Stäube – Prüfmetho-den und Daten» (prIEC 60079-20-2)
- Teil 25: «Eigensichere Systeme» (IEC/EN 60079-25)
- Teil 26: «Betriebsmittel mit Geräteschutz-niveau (EPL) Ga» (IEC/EN 60079-26)
- Teil 27: «Konzepte für eigensichere Feldbussysteme (FISCO)» (IEC/EN 60079-27)
- Teil 28: «Schutz von Einrichtungen und Übertragungssystemen, die mit optischer Strahlung arbeiten» (IEC/EN 60079-28)
- Teil 29-1: «Gasmessgeräte – Anforderungen an das Betriebsverhalten von Geräten für die Messung brennbarer Gase» (IEC/EN 60079-29-1)
- Teil 29-2: «Gasmessgeräte – Auswahl, Installation, Einsatz und Wartung für die Messung von brennbaren Gasen und Sauerstoff» (IEC/EN 60079-29-2)
- Teil 30-1: «Elektrische Widerstands-Begleit-heizungen – Allgemeine Anforderungen und Prüfanforderungen» (IEC/EN 60079-30-1)
- Teil 30-2: «Elektrische Widerstands-Begleit-heizungen – Anwendungsleit-faden für Entwurf, Installation und Instandhal-tung» (IEC/EN 60079-30-2)
- Teil 31: «Geräte – Staubexplosionsschutz durch Gehäuse»,t' (IEC/EN 60079-31)
- «Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub. Teil 4: Zündschutzart,pD'» (IEC/EN 61241-4)
- «Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)» (IEC/EN 60529).

CEN-Normen

- «Explosionsfähigen Atmosphären – Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik» (EN 1127-1)
- «Explosionsgefährdete Bereiche – Begriffe für Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen» (EN 13237)
- «Explosionsgefährdete Bereiche – Anwendung von Qualitätsmanagementsystemen» (EN 13980)
- «Methodik zur Risikobewertung für nicht-elektrische Geräte und Komponenten zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen» (EN 15198)
- «Nichtelektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen» EN 13463-:
- Teil 1: «Grundlagen und Anforderungen» (EN 13463-1)
- Teil 2: «Schutz durch schwadenhemmende Kapselung,fr'» (EN 13463-2)
- Teil 3: «Schutz durch druckfeste Kapselung,d'» (EN 13463-3)
- Teil 5: «Schutz durch konstruktive Sicherheit,c'» (EN 13463-5)
- Teil 6: «Schutz durch Zündquellenüberwachung,b'» (EN 13463-6)
- Teil 8: «Schutz durch Flüssigkeitskapselung,k'» (EN 13463-8)
- «Konstruktion von Ventilatoren für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen» (EN 14986)
- «Sicherheit von Maschinen – Brandschutz» (EN 13478)
- «Methodik zur Bewertung der funktionalen Sicherheit von Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche» (EN 15233)

CENELEC-Report «Electrostatics – Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity» (CLC/TR 50404: 2003)

IEC-Report «Electrostatics» (IEC TR 60079-32)

«Internationales elektrotechnisches Vokabular - Teil 426: Geräte für explosionsgefährdete Bereiche» (IEC 60050-426)

Schriftenreihe IVSS-Explosionsschutz

IVSS Sektion für die chemische Industrie Arbeitsgruppe «Explosionsschutz» und

IVSS Sektion Maschinenschutz Arbeitskreis «Staubexplosionen»:

- Gasexplosionen – Schutz vor Explosionen durch brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel im Gemisch mit Luft (Nr. 2032, dt./engl./it.) (1999)
- Staubexplosionen – Schutz vor Explosionen durch brennbare Stäube (Nr. 2044, dt./engl./it.) (2002)
- Bestimmen der Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben (Nr. 2018, dt./engl.) (1995)
- Statische Elektrizität – Zündgefahren und Schutzmassnahmen (Nr. 2017, dt./engl./fr./it.) (1995)
- Staubexplosionsereignisse – Analysen von Staubexplosionen in Industrie und Gewerbe (Nr. 2051, dt./engl.) (2005)
- Praxishilfen zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes (Nr. 2050, dt./engl./fr.) (2006)
- Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten - Grundlagen (Nr. 2033, dt./engl.) (1998)
- Beispielsammlung «Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten», Teil 1 (Nr. 2057, dt./engl.) (2012)



ANHANG

Bildnachweis

Besonderen Dank gebührt u.a. den nachstehend aufgeführten Firmen und Institutionen, welche das Bildmaterial zur Verfügung gestellt haben:

Acima AG, CH-9470 Buchs
 AP Racing, Coventry CV34LB, UK
 Aral Aktiengesellschaft, D-44789 Bochum
 BARTEC Schweiz AG, CH-6330 Cham
 BCI, CH-4002 Basel
 Bühler AG, CH-9240 Uzwil
 cemp, I-20030 Senago (Milano)
 Cofra S.r.l., I-70051 Barletta
 Deutsches Museum, D-80538 München
 Dräger Safety Schweiz AG, CH-8305 Dietlikon
 ecom instruments GmbH, CH-6210 Sursee
 ECO SWISS, CH-8006 Zürich
 electricworld, D-12681 Berlin
 Eltex-Elektrostatik-GmbH, D- 79576 Weil am Rhein
 Esso Schweiz GmbH, CH-4612 Wangen
 F. Hoffmann - La Roche AG, CH-4070 Basel
 Flammer GmbH, D-74389 Cleeborn
 Handte ILG Lasertechnik GmbH, D-78564 Wehingen
 Knoch-Lichttechnik GmbH, D-07937 Zeulenroda
 Nilfisk-Advance, DK-2605 Broendby
 Nordson Deutschland GmbH, D-40699 Erkrath
 Pellmont Explosionsschutz, CH-4102 Binningen,
 PROTEGO, D-38110 Braunschweig
 Rudolf Ripka Blitzschutzanlagen GmbH, D-24887 Silberstedt
 R. STAHL Schweiz AG, CH-4312 Magden
 SevenOne Intermedia GmbH, D-85774 Unterföhring
 SICPA SA, CH-3270 Aarberg
 SIQ, SI-1000 Ljubljana
 Suva, CH-6002 Luzern
 SVS, CH-4052 Basel
 SVTI, CH-8304 Wallisellen
 Tankanlagen AG, CH-5507 Mellingen
 thuba Ltd, CH-4015 Basel
 Toyota Deutschland GmbH, D-30853 Langenhagen
 Tyczka GmbH, D-82538 Geretsried
 UBMb, D-12459 Berlin
 Werkstoffzentrum Rheinbach GmbH, D-53359 Rheinbach
 WGB GmbH, D-58339 Breckerfeld
 Wikimedia Foundation, San Francisco CA 94107-8350 USA





**An der Broschüre haben sich die folgenden IVSS Sektionen für Prävention beteiligt.
Diese sind zugleich Ihre Ansprechpartner:**

IVSS Sektion für Prävention in der chemischen Industrie

c/o Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie – BG RCI
Kurfürsten-Anlage 62
D - 69115 Heidelberg
Deutschland
Fon: +49(0)6221/523-460
Fax: +49(0)6221/523-372
E: niels.schurreit@bgrci.de

IVSS Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit

Dynamostraße 7-11
D-68165 Mannheim
Deutschland
Fon: +49(0)621-4456-2213
Fax: +49(0)621-4456-2190
E: info@ivss.org

www.issa.int

Klick auf «Sektionen für Prävention» unter «Direkte Links»





Besuchen Sie den Internetauftritt der internationalen Sektionen:

Bauwirtschaft: <http://www.issa.int/web/prevention-construction/about>

Bergbau: <http://www.issa.int/web/prevention-mining/about>

Chemische Industrie: <http://www.issa.int/web/prevention-chemistry/about>

Eisen- und Metallindustrie: <http://www.issa.int/web/prevention-metal/about>

Elektrizität: <http://www.issa.int/web/prevention-electricity/about>

Erziehung und Ausbildung: <http://www.issa.int/web/prevention-education/about>

Forschung: <http://www.issa.int/web/prevention-research/about>

Gesundheitswesen: <http://www.issa.int/web/prevention-health/about>

Information: <http://www.issa.int/web/prevention-information/about>

Landwirtschaft: <http://www.issa.int/web/prevention-agriculture/about>

Maschinen- und Systemsicherheit: <http://www.issa.int/web/prevention-machines/about>

Präventionskultur: <http://www.issa.int/web/prevention-culture/about>

Transport: <http://www.issa.int/web/prevention-transportation/about>

