

**VDSI-
Informationen
7 / 2002**

**Hinweise zur Erstellung eines
Explosionsschutzdokumentes**

Explosionsschutz – Hinweise zur Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes

1. Rechtsforderungen

Die Anforderungen zum betrieblichen Explosionsschutz werden im Rahmen der Europäischen Union durch die **Richtlinie 1999/92/EG** [1] geregelt. Die Umsetzung dieser Forderungen in das nationale Recht erfolgt im Wesentlichen durch die **Betriebssicherheitsverordnung** [2].

Danach muss der Arbeitgeber beurteilen, ob durch die Bildung von Brennstoff-Luft-Gemischen am Arbeitsplatz bzw. in der Arbeitsumwelt eine Gefährdung für die Beschäftigten hervorgerufen werden kann.

Auf der Grundlage dieser **Gefährdungsbeurteilung** hat der Arbeitgeber **Maßnahmen** zu ergreifen, die die Sicherheit der Beschäftigten gewährleisten. Zu diesen Maßnahmen gehört auch die Bereitstellung explosionsgeschützter Arbeitsmittel, die den Anforderungen der **11. GSGV** [3] genügen müssen.

Die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung sowie die daraus abzuleitenden Sicherheitsmaßnahmen sind durch den Arbeitgeber in einem **Explosionsschutzdokument** darzustellen.

2. Gefährdungsbeurteilung

Gegenstand der Betriebssicherheitsverordnung sind u.a. Explosionsgefahren, die durch „**explosionsfähige Atmosphäre**“ hervorgerufen werden. Darunter versteht man Brennstoff-Luft-Gemische unter atmosphärischen Bedingungen. Als Brennstoff treten auf:

- Gase
- Dämpfe
- Nebel
- aufgewirbelte Stäube.
-

Explosionsfähige Atmosphäre kann hervorgerufen werden:

- in Arbeitsstätten, infolge Freisetzung von Brennstoffen aus technologischen Einrichtungen
- in Brennstoffen enthaltenden technologischen Einrichtungen bei Anwesenheit bzw. nach Zutritt von Luft.
-

Bezüglich der Explosionsgefahren, die durch physikalische Prozesse oder andere als die hier behandelten chemischen Reaktionssysteme hervorgerufen werden, sind spezifische Gefährdungsbeurteilungen und Schutzmaßnahmen erforderlich. Entsprechende Hinweise sind in der Literatur zu finden (z.B. [4,5,6]).

Gemäß § 3 der Betriebssicherheitsverordnung sind **bei der Gefährdungsbeurteilung folgende Aspekte zu berücksichtigen:**

- Die Wahrscheinlichkeit des **Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre** bzw. die **Dauer** deren Existenz.

Anhand dieser Kriterien werden örtliche **dreidimensionale Bereiche (Zonen)**, getrennt für Gase, Dämpfe, Nebel bzw. Stäube, gemäß Tab. 1 festgelegt. In diesen Zonen sind Zündquellen auszuschließen bzw. explosionsgeschützte Arbeitsmittel einzusetzen.

Zone	Brennstoffart	Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre Existenzdauer
0 20	Gase, Dämpfe, Nebel Staubwolken	ständig, häufig, über längere Zeiträume
1 21	Gase, Dämpfe, Nebel Staubwolken	gelegentlich bei Normalbetrieb
2 22	Gase, Dämpfe, Nebel Staubwolken	im Normalbetrieb nicht zu erwarten; bei Abweichungen davon, kurzzeitiges Auftreten möglich

Tab. 1: Definition von Zonen nach der Häufigkeit des Auftretens von Brennstoff-Luft-Gemischen

- Die Existenz **potenzieller Zündquellen** und deren Zündwahrscheinlichkeit

In diesem Zusammenhang sind **alle vorhandenen Arbeitsmittel¹**, nicht nur die elektrischen, zu berücksichtigen. Dabei sind neben den bestimmungsgemäßen Betriebszuständen, auch solche Abweichungen davon zu betrachten, die vernünftigerweise nicht auszuschließen sind.

Außerdem ist zu untersuchen, inwieweit durch Arbeitsoperationen bzw. Handlungen der Beschäftigten eine Zündung von explosionsfähiger Atmosphäre verursacht werden kann.

- Das **Schadensausmaß** von Explosionen

Bei diesen Betrachtungen ist insbesondere zu prüfen:

- ❖ ob die explosionsfähige Atmosphäre eine gefahrdrohende Menge überschreitet
- ❖ inwieweit die Beschäftigten im Ereignisfall von den Auswirkungen betroffen sein können
- ❖ welche Folgewirkungen durch eine Explosion ausgelöst werden können.
- ❖

Orientierende Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung sind in Anlage 1 enthalten.

3. Schutzmaßnahmen

3.1 Grundsätze

Gemäß dem in Abb.1 dargestellten Risikomodell einer Explosion sind 3 Maßnahmekategorien zu unterscheiden.

¹ Arbeitsmittel im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung sind Werkzeuge, Geräte, Maschinen und Anlagen. Letztere setzen sich aus mehreren Funktionseinheiten zusammen, die miteinander in Wechselwirkung stehen.

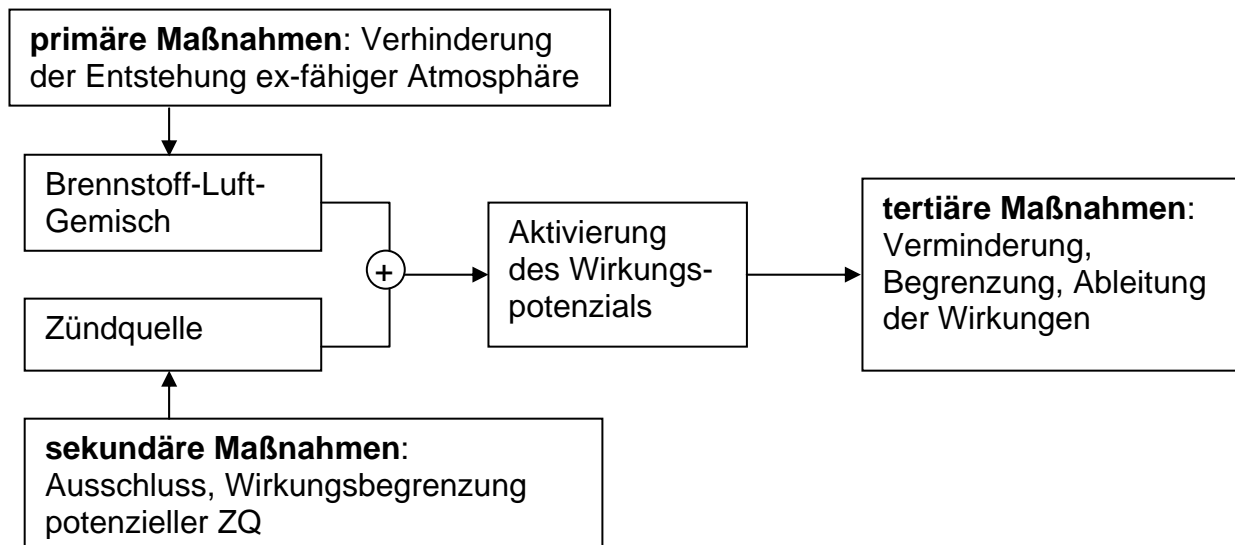


Abb. 1: Zuordnung von Schutzmaßnahmen zum Risikomodell der Explosion

Die angeführte Reihenfolge der Maßnahmen charakterisiert eine Rangfolge, die bei der Festlegung der Schutzstrategie zu berücksichtigen ist:

- Verhinderung der **Bildung** explosionsfähiger Atmosphäre in gefahrdrohender Menge
- Vermeidung der **Zündung** von explosionsfähiger Atmosphäre
- Wirkungsminderung** auf ein für die Beschäftigten unbedenkliches Maß.

Ein Überblick über Schutzmaßnahmen wird in Anlage 2 gegeben. Dort wird auch erläutert, welche Arbeitsmittel in den Zonen mit Explosionsgefährdung eingesetzt werden dürfen.

4. Explosionsschutzdokument

4.1 Grundsatzforderungen

Mit dem Explosionsschutzdokument hat der Arbeitgeber **nachzuweisen**:

- ❖ dass die Explosionsgefährdung ermittelt und bewertet worden ist
- ❖ in welchen Bereichen (Zonen) eine Explosionsgefährdung auftreten kann, differenziert nach der Art der explosionsfähigen Atmosphäre und deren Auftretenswahrscheinlichkeit gemäß Tab. 1
- ❖ mit welchen Maßnahmen eine Gefährdung vermieden bzw. auftretenden Gefährdungen begegnet werden soll
- ❖ nach welchen Kriterien Arbeitsmittel für ex-gefährdete Bereiche auszuwählen sind
- ❖ welche organisatorischen Maßnahmen erforderlich sind.

Dieses Dokument ist vor Aufnahme der Arbeit zu erstellen und bei Änderungen am Arbeitsort bzw. des –prozesses so zu überarbeiten, dass es den veränderten Gegebenheiten Rechnung trägt.

Für Arbeitsmittel und –abläufe, die vor dem Inkrafttreten der Betriebssicherheitsverordnung betrieben worden sind, muss das Explosionsschutzdokument spätestens zum 31. Dezember 2005 angefertigt worden sein.

4.2 Beschreibende Informationen

Es sind Angaben über Prozesse und Arbeitsoperationen insoweit zu machen, dass ein externer Sachkundiger in der Lage ist, die sicherheitstechnischen Probleme zu erkennen und Gefährdungsbetrachtung sowie die resultierende Schutzkonzeption nachzuvollziehen. Zu diesen Informationen gehören:

- Bezeichnung des Arbeitsbereiches
- Benennung des dafür und für die Erstellung des Dokumentes Verantwortlichen
- Charakterisierung der baulichen und örtlichen Gegebenheiten
z.B. Lageplan, Aufstellungsplan, Angaben zur Lüftung
- Anlagen- und Verfahrensbeschreibung
- Sicherheitstechnische Kenngrößen der eingesetzten Stoffe
- Methodik und Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung
- Sicherheitsstrategie und Schutzmaßnahmen
- Anforderungen bei Abweichungen vom Normalbetrieb,
z.B.:
 - * Reinigungsarbeiten
 - * Instandhaltungsoperationen
 - * Notfallsituationen
 - * Änderungen am Verfahren bzw. an der Anlage
- Gewährleistung der Sicherheit für Beschäftigte aus anderen Bereichen bzw. von Fremdfirmen.

Sofern bereits Gefährdungsbeurteilungen durchgeführt worden sind, können die Ergebnisse, ebenso wie andere einschlägige Dokumente, in das Ex-Schutzdokument einbezogen bzw. integriert werden.

Ein Beispiel für den Aufbau eines Explosionsschutzdokumentes wird in [7] gegeben.

Anlage 1:

Hinweise zur Gefährdungsermittlung

1. Stoffliche Aspekte

Explosionsfähig im Gemisch mit Luft sind:

- brennbare Gase und Dämpfe
- feinstverteilte Flüssigkeiten (Nebel) und Feststoffe (Aerosole)

- Die **Explosionsfähigkeit** wird durch die in Tab. 1.1 angegebenen **sicherheitstechnischen Kenngrößen (STK)** charakterisiert.

Brennstoff-Luft-Gemische sind nur in bestimmten Mischungsverhältnissen brennbar bzw. explosionsfähig:

- ❖ Die untere Explosionsgrenze (**UEG**) gibt die minimale Brennstoffkonzentration an, ab der eine Verbrennungsreaktion möglich ist
- ❖ Die obere Explosionsgrenze (**OEG**) charakterisiert die maximale Brennstoffkonzentration, bis zu der eine Verbrennungsreaktion ablaufen kann.
- ❖ Der Konzentrationsbereich zwischen UEG und OEG wird als **Explosionsbereich** bezeichnet. Eine Verbrennungsreaktion kann demzufolge nur dann auftreten, wenn die Brennstoffkonzentration innerhalb des Explosionsbereiches liegt.
- ❖ Der **Flammpunkt** stellt die Temperatur einer Flüssigkeit dar, bei der die Brennstoffkonzentration in der Dampfphase die UEG erreicht. Solange die Flüssigkeitstemperatur unter dem Flammpunkt liegt, kann eine Explosion nicht auftreten.
- ❖ STK können Datensammlungen (z.B. [8 – 11]) entnommen oder nach

Tab. 1.1: Sicherheitstechnische Kenngrößen zur Charakterisierung der Explosionsfähigkeit von Brennstoff-Luft-Gemischen

- **Vorgehensweise:**

Ermittlung der explosionsfähigen Stoffe anhand von

- chemischer Konstitution
- Verteilungsgrad bei Feststoffen und Flüssigkeiten
- Datensammlungen (s.u.)
- experimentellen Untersuchungen

Zuordnung der STK anhand von Datensammlungen. Erforderlichenfalls (z.B. für Gemische) sind die STK experimentell zu bestimmen.

2. Betriebliche Aspekte

2.1 Arbeitsstätten

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind folgende **Aspekte** zu berücksichtigen:

- Festlegung der **Anlagenabschnitte**, in denen brennbare bzw. explosionsfähige Stoffe auftreten können

- Ermittlung potenzieller **Emissionsquellen**
z.B.: * temporäre Öffnungen (Mannlochdeckel, Probenahmestellen)
* Armaturen (Ventile, Hähne)
* Verbindungselemente (Flansche mit Dichtungen)
* Staubemissionsquellen
* bestimmte Arbeitsoperationen (Umfüllen, Reinigen)
- Bewertung von Emissionen hinsichtlich der austretenden Menge bzw. des im Explosionsfalle zu erwartenden **Schadensausmaßes**
Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass 10 l explosionsfähiger Atmosphäre eine gefahrdrohende Menge darstellen. Bezogen auf die stöchiometrische Zusammensetzung eines Ethanol-Luft-Gemisches, wird die gefahrdrohende Menge (10 l stöchiometrisches Brennstoff-Luft-Gemisch bei 20°C) durch die Verdampfung von 1,25g Ethanol erreicht.
- Ermittlung der **räumlichen Bereiche**, in denen explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Diese Festlegung erfordert einerseits die Definition eines Quellterms und andererseits die Berücksichtigung der örtlichen und betrieblichen Gegebenheiten, die die Stoffausbreitung bestimmen. Wesentliche diesbezügliche Einflussparameter sind in Tab. 1.2 zusammengestellt. Die Zonenausdehnung wird außerdem durch den Wert der UEG beeinflusst und ist dieser indirekt proportional.

Triebkraft für den Stoffaustritt aus technologischen Einrichtungen	Einflussparameter für die Stoffverteilung im Raum
<ul style="list-style-type: none"> - Druckdifferenz - Strömungsgeschwindigkeit - Temperaturdifferenz - Größe der Austrittsöffnung 	<ul style="list-style-type: none"> - Austrittsimpuls (Diffusion, Freistrahl) - Strömungsverhältnisse in der Arbeitsstätte (Lüftung, Thermik) - Dichteverhältnis von Brennstoff und Luft (temperaturabhängig)

Tab. 1.2: Einflussparameter bzgl. Stoffaustritt und –ausbreitung

- **Festlegung der Zonen** nach der Häufigkeit bzw. Dauer des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre

Diese gemäß Tab.1 vorzunehmende Differenzierung stellt die Grundlage für die Auswahl der in den unterschiedlichen Zonen einzusetzenden Arbeitsmittel dar (s. Anlage 2). Der Gesetzgeber hat bezüglich der unterschiedlichen Auftretenswahrscheinlichkeit keine verbindlichen Zeiträume angegeben. Grundsätzlich kann man in Arbeitsstätten jedoch von folgenden Prämissen ausgehen:

- ❖ In Bereichen, in denen sich Beschäftigte aufhalten, ist eine Zone 0 unzulässig. Der Arbeitgeber ist zur Einhaltung bzw. Unterschreitung der maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK) bzw. der technischen Richtkonzentration (TRK) verpflichtet, deren Werte deutlich unter der UEG liegen.
Eine Zone 0 könnte unter Umständen auftreten:
 - um Entlüftungs- und Atmungsöffnungen

- in Gruben und anderen schlecht belüfteten Bereichen, in denen sich Dämpfe/Gase mit hohem Dichteverhältnis ansammeln können
 - in unmittelbarer Nähe von Leckstellen bzw. Undichtigkeiten
 - ❖ Für technologische Einrichtungen, bei denen nur im Falle des Abweichens vom bestimmungsgemäßen Betrieb Brennstoff austreten kann, erfolgt eine Zuordnung der betroffenen Bereiche zur Zone 2.
- Die Vorgehensweise bei der Einschätzung der Explosionsgefährdung wird im berufsgenossenschaftlichen Regelwerk, **BGR 104: Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)** [7], ausführlich beschrieben. Zu diesem Regelwerk gehört auch eine ausführliche Beispielsammlung. Die Ausgabe 7.00 trägt dem erreichten Stand der Anlagen- und Dichtungstechnik insoweit Rechnung, als die erstmals angeführten Beispiele bezüglich der explosionsfähigen Atmosphäre eine geringere Auftretens- und Existenzwahrscheinlichkeit annehmen und durch kleinere Zonenabmessungen charakterisiert sind. In der neuen Beispielsammlung wird als kritischster Zustand angegeben:
 - Zone 1: 3m um die Austrittsöffnung;
 - Zone 2: 6m um einen Behälter (mit Faulgas)

In vielen Fällen wird nur ein Nahbereich mit einem Abstand bis zu 0,5 m um die Quelle herum als explosionsgefährdet eingestuft.

Diese Festlegungen schließen jedoch nicht aus, dass in Sonderfällen größere Zonenabmessungen als die oben angegebenen auftreten können. Bei der Zonenfestlegung sind demzufolge immer die betrieblichen und örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf die Explosionsfähigkeit von Stäuben sind folgende Aspekte von Bedeutung:

- ❖ Zündbereitschaft und Explosionswirkung werden maßgeblich durch die reaktionsverfügbare Oberfläche, d.h. die Feinheit bestimmt.
- ❖ Durch Aufwirbelung abgelagerter Stäube können Staubwolken entstehen, wobei bereits bei Schichtdicken von ca. 1mm die Bildung explosionsfähiger Gemische möglich ist.

Für Anlagen und Arbeitsstätten, die bisher der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) unterlagen, werden Zoneneinteilungen in den entsprechenden Technischen Regeln (TRbF) vorgegeben. Weitere diesbezügliche Anleitungen und Hinweise sind in den Normen DIN EN 1127-1 [13] und DIN EN 60079-10 [14] enthalten.

2.2 Technologische Einrichtungen

Solange Brennstoffe in technologischen Einrichtungen unter atmosphärischen Bedingungen auftreten, kann sinngemäß in der o.a. Weise bei der Gefährdungsbeurteilung verfahren werden. Auf die Beurteilung der unter nicht atmosphärischen Bedingungen vorliegenden Brennstoff-Luft-Gemische wird hier nicht eingegangen. Entsprechende Hinweise sind z.B. in [4,5] enthalten.

3. Zündquellenermittlung

Im Rahmen der Gefährdungsermittlung hat der Arbeitgeber „die **Wahrscheinlichkeit** des **Vorhandenseins**, der **Aktivierung** und des **Wirksamwerdens** von Zündquellen“ [2] zu beurteilen.

Der Betreiber ist verpflichtet, in den Zonen ausschließlich **explosionsgeschützte Arbeitsmittel** zu installieren und zu betreiben. Der für diese Arbeitsmittel vom Hersteller zu realisierende erforderliche **Schutzaufwand** richtet sich zwangsläufig nach der Existenzwahrscheinlichkeit der explosionsfähigen Atmosphäre und ist demzufolge für die in Zone 0 bzw. 20 einzusetzenden Arbeitsmittel am größten. Sofern die Zonen korrekt festgelegt und die adäquaten Arbeitsmittel ordnungsgemäß installiert worden sind, kann von diesen eine Zündgefahr nicht ausgehen.

Im Vordergrund der Zündquellenermittlung stehen demzufolge **folgende Fragestellungen**:

- ❖ Können Zündgefahren durch die von den **Beschäftigten durchzuführenden** Arbeitsoperationen bzw. andere Handlungen hervorgerufen werden ?
- ❖ Sind gefährliche **elektrostatische Aufladungen**/Entladungen zu erwarten ?
z.B.: * an Rohrleitungen
* durch Aufladung von Personen
* infolge des Versprühens/Zerstäubens von Flüssigkeiten
* beim Ausschütten staubförmiger Güter
- ❖ Können **erhitzte Oberflächen** auftreten ?
z.B.: * an Heizeinrichtungen
* an Behälterwandungen
* bei Instandhaltungsoperationen
* an Kupplungen, Bremsen u.ä. Einrichtungen
- ❖ Ist mit der Entstehung **mechanischer Funken** zu rechnen ?
z.B. bei: * Instandhaltungsoperationen
* Fremdkörpereintritt in Schlagmühlen

Darüber hinaus gibt es **weitere Zündquellen**, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, die jedoch bei einer Gefährdungsbeurteilung gegebenenfalls zu berücksichtigen sind:

- z.B.: * heiße Gase und Partikeln
* elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz
* ionisierende Strahlung, UV- oder IR-Strahlung, elektromagnetische Felder
* Blitzschlag
* adiabatische Kompression
* chemische Reaktionen.

Ausführungen zu diesen Zündquellen sind in [7,13] enthalten.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind zu berücksichtigen: Erprobung, Ingangsetzen, Stillsetzen, Gebrauch, Instandsetzung und Wartung, Prüfung, Betriebsstörungen, Um- und Abbau sowie Transport [2].

In diesem Zusammenhang ist auch zu untersuchen, ob infolge eines **Energieausfalls**

- ❖ explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann oder
- ❖ Zündquellen aktiviert werden können.

Zusätzlich zur Ermittlung der Zündquellen, ist auch deren **Zündwirksamkeit** zu bewerten. Diese hängt in starkem Maße von der **Zündbereitschaft** der jeweiligen explosionsfähigen Atmosphäre ab. Die stoffliche Zündbereitschaft gegenüber erhitzten Oberflächen und elektrischen Funken wird durch die in Tab. 1.3 angeführten STK charakterisiert.

Zündtemperatur: Niedrigste Temperatur einer erhitzten Oberfläche, bei der das zündwilligste Gemisch gerade noch gezündet wird.

Anhand der Zündtemperatur werden Gase und Dämpfe in **Temperaturklassen** eingeteilt und Grenzwerte für die Oberflächen von Arbeitsmitteln festgelegt.

Zündtemperaturbereich [°C]	Temperaturklasse	max. zulässige Oberflächentemperatur [°C]	Beispielsubstanz
über 450	T1	450	Ammoniak, Methan, Wasserstoff
über 300 bis 450	T2	300	Acetylen, Ölsäure, n-Propanol
über 200 bis 300	T3	200	Benzine, n-Pentan, Cyclohexan
über 135 bis 200	T4	135	Diethylether, Trichlorsilan,
über 100 bis 135	T5	100	Phosphorwasserstoff
über 85 bis 100	T6	85	Schwefelkohlenstoff

Mindestzündenergie: Energie eines Entladungsfunkens, von dem das zündwilligste Gemisch gerade noch gezündet wird. Der Energiegehalt des Funkens wird durch die Kapazität des für die Funkenerzeugung verwendeten Kondensators und dessen Spannung charakterisiert.

Anhand der Mindestzündenergie bzw. dieser proportionalen Parameter erfolgt eine Einteilung in folgende Explosionsgruppen:

Untergruppe	Mindestzündenergie [mJ]	Normspaltweite ² [mm]	Mindestzündstromverhältnis ³	Stoffbeispiel
II A	>0,20	> 0,9	> 0,8	Propan, Benzine
II B	0,05 - 0,20	0,5 - 0,9	0,45 - 0,8	Ethylether, Ethylen
II C	< 0,05	< 0,5	< 0,45	Wasserstoff, Acetylen

Tab. 1.3: Sicherheitstechnische Kenngrößen zur Charakterisierung der Zündbereitschaft von Gasen und Dämpfen

Stoffe mit niedriger Zündtemperatur bzw. geringer Mindestzündenergie weisen eine hohe Zündbereitschaft auf. Umgekehrt sind für die Zündung von Gemischen der

² Diese STK gilt für die Schutzart „druckfeste Kapselung“. Dabei wird das funkengebende Teil in einer druckfesten Kapselung eingeschlossen. Tritt dort eine Explosion auf, erfolgt der Energieausgleich über einen Spalt. Durch die Spaltdimensionierung (Normspaltweite) wird dieser Ausgleich so gesteuert, dass ein außen anstehendes Brennstoff-Luft-Gemisch nicht gezündet wird.

³ Es wird der Minimalwert des Zündstromes in einem induktiven Stromkreis bestimmt, bei dem der resultierende Funke das zündwilligste Gemisch gerade noch zur Zündung bringt. Der ermittelte Wert wird durch den Mindestzündstrom von Methan dividiert.

Temperaturklasse T1 bzw. der Untergruppe II a energiereiche Zündquellen erforderlich.

Schutzprinzipien und -maßnahmen

1. Abgrenzung

Die folgenden Ausführungen betreffen ausschließlich den **Explosionsschutz in Arbeitsstätten**. Grundsätzlich sind die angeführten Maßnahmen auch für den Schutz technologischer Einrichtungen geeignet. Bezüglich der anlagenspezifischen Maßnahmen, z.B. Inertisierung, druckfeste Bauweise, Explosionsunterdrückung, wird auf die Literatur verwiesen (z.B. [4,5,7]).

2. Primäre Maßnahmen

Die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre kann durch die in Tab. 2.1 angegebenen Maßnahmen verhindert bzw. hinsichtlich der auftretenden Mengen begrenzt werden.

Prinzip	Beispiel
Stoffauswahl	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz nichtbrennbarer Stoffe - Verwendung von Lösemitteln mit über der Betriebstemperatur liegenden Flammpunkten - Vermeidung staubförmiger bzw. staubbildender Produkte (z.B. Einsatz von Pasten)
Konzentrationsbeeinflussung	<ul style="list-style-type: none"> - Konzentrationsabsenkung unter die UEG durch Lüftungsmaßnahmen (Absaugung am Quellort, Raumbelüftung) - Vermeidung bzw. Reduzierung der Ablagerungsmöglichkeiten für Stäube, z.B. durch: <ul style="list-style-type: none"> * glatte und fugenlose Wände * Vermeidung horizontaler Flächen⁴ - regelmäßige Beseitigung von Staubablagerungen, wobei deren Aufwirbelung zu vermeiden ist⁴
Betriebsbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung der Erwärmung von Flüssigkeiten auf bzw. über den Flammpunkt - Durch Unterdruckbetrieb von technologischen Einrichtungen kann ein Stoffaustritt verhindert werden (Andererseits wird dadurch der Lufteintritt begünstigt).
Konstruktive Gestaltung	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung des Stoffaustritts durch technisch dichte Anlagen und Verbindungselemente - Schaffung geschlossener Stoffkreisläufe, einschließlich Befüllung, Entleerung, Probenahme usw. - Gewährleistung einer schnellen Verdünnung austretender Stoffe durch Freibauweise - Gaspendelung bei Stoffumschlag

Tab. 2.1: Maßnahmen zur Verhinderung der Entstehung explosionsfähiger Atmosphäre in Arbeitsstätten

⁴ Diese Maßnahmen tragen der Tatsache Rechnung, dass durch Aufwirbelung von Staubschichten explosionsfähige Wolken entstehen können.

3. Sekundäre Maßnahmen

3.1 Einsatz explosionsgeschützter Arbeitsmittel

Die Anforderungen an explosionsgeschützte Arbeitsmittel sind in der **Richtlinie 94/9/EG** [15] geregelt, die durch die **11. GSGV** [3] in das deutsche Recht umgesetzt worden ist. Diese Arbeitsmittel werden in 2 Gruppen eingeteilt:

Gruppe I : Geräte für den Bergbau

Gruppe II : Geräte für die sonstigen Bereiche

Die folgenden Hinweise beziehen sich auf die Arbeitsmittel der Gruppe II. Je nach Häufigkeit des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre, also nach den **Zonen**, werden an die Arbeitsmittel unterschiedliche **Anforderungen** gestellt (s.Tab. 2.2).

Zone	Geräte- kategorie	Anforderungen
0 21	II 1G II 1D	Sicherheit muss auch bei selten auftretenden Betriebsstörungen gewährleistet sein
1 21	II 2G II 2D	Sicherheit muss bei häufig auftretenden Gerätestörungen bzw. üblicherweise zu erwartenden Fehlerzuständen gewährleistet sein
2 22	II 3G II 3D	Arbeitsmittel darf bei Normalbetrieb nicht als Zündquelle wirken

Tab. 2.2.: Zuordnung von Sicherheitsniveaus bzw. Gerätekategorien zu Zonen

Die angewendeten **Schutzprinzipien** sind in einschlägigen Normen festgelegt und unterscheiden sich für Gase, Dämpfe, Nebel einerseits und Stäube andererseits.

Ein Betreiber darf nur solche Arbeitsmittel einsetzen, für die der Hersteller durch Anbringung des **CE-Zeichens** bestätigt, dass er im Rahmen eines **Konformitätsbewertungsverfahrens** die Übereinstimmung mit den Anforderungen der Richtlinie 94/9/EG nachgewiesen hat.

Neben der Auswahl der Gerätekategorie für die spezielle Zone, muss der Betreiber auch die **Zündbereitschaft** des jeweils zündwilligsten Brennstoffes berücksichtigen, d.h.:


- ❖ das Arbeitsmittel muss der jeweiligen Temperaturklasse (s.Tab.1.3) entsprechen bzw. darf die maximale für Stäube zulässige Oberflächentemperatur nicht überschreiten
- ❖ bei Geräten der Schutzart „druckfeste Kapselung“ muss die der jeweiligen Untergruppe entsprechende Normspaltweite gewährleistet werden.

Der Hersteller ist außerdem verpflichtet, auf dem Arbeitsmittel die sicherheitstechnisch relevanten Angaben gemäß Tab. 2.3 kenntlich zu machen.

Außerdem besteht die Verpflichtung, mit dem Gerät eine **Betriebsanleitung** in deutscher Sprache auszuliefern, in der die erforderlichen sicherheitstechnisch relevanten Hinweise angegeben werden müssen.

Die Arbeitsmittel müssen nach dem **Stand der Technik** montiert, installiert und betrieben werden.

Den Anforderungen der 11. GSGV müssen auch solche Arbeitsmittel oder Teile davon genügen, die zwar außerhalb von Zonen angeordnet, aber für die Gewährleistung von Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich sind.

Erforderliche Angaben	Symbol/Beispiel	Aussage/Beispiel
- Hersteller, Anschrift	-	-
- Typnummer	-	-
- CE-Kennzeichen	CE	Gerät erfüllt Anforderungen von RL 94/9/EG
- Ex-Gemeinschaftskennzeichen		
- Nummer der benannten Stelle ^{1.)}	0032	TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt
- Gerätekategorie	II 1G	einsetzbar für gasexplosionsgefährdete Bereiche: Zone 0, 1 und 2
- Zündschutzart	d	druckfeste Kapselung
- Explosionsgruppe	II C	für Wasserstoff, Acetylen und Schwefelkohlenstoff
- Temperaturklasse	T 5	z.B. Schwefelkohlenstoff
- Sonstige Angaben	-	-

^{1.)}Eine benannte Stelle muss bei der Konformitätsbestätigung der Gerätekategorien 1 und 2 hinzugezogen werden

Tab. 2.3: Sicherheitsrelevante Angaben auf explosionsgeschützten Arbeitsmitteln

3.2. Ausschluss sonstiger Zündquellen

Der Arbeitgeber hat weiterhin dafür zu sorgen, dass weder durch die am Arbeitsplatz bzw. in der Arbeitsstätte vorhandenen **sonstigen Einrichtungen** noch durch die **Arbeitsoperationen** eine Zündung explosionsfähiger Atmosphäre ausgelöst werden kann. Dies betrifft die Zündquellen erhitzte Oberflächen, elektrische, elektrostatische und mechanisch erzeugte Funken sowie die sonstigen auf Seite 8 genannten Zündquellen.

Ist diese Forderung, z.B. bei **Instandsetzungsarbeiten**, nicht realisierbar, muss der primäre Explosionsschutz gewährleistet werden, d.h., die explosionsfähige Atmosphäre ist vor Aufnahme der Arbeit zu beseitigen.

In diesem Zusammenhang sind für explosionsgefährdete Bereiche die folgenden **organisatorischen Schutzmaßnahmen** von Bedeutung:

- Rauchverbot
- Verbot der Verwendung von offenem Feuer und Licht
- Zutrittsverbot für Unbefugte
- Kennzeichnung mit dem Ex-Warnzeichen gemäß Anhang III der Richtlinie 1999/92/EG
- Unterweisung der Beschäftigten

- Erarbeitung von schriftlichen Anweisungen für die Arbeitsdurchführung
- Einrichtung eines Arbeitsfreigabesystems für gefährliche Arbeiten
- Gewährleistung einer angemessenen Beaufsichtigung der Beschäftigten
- Einweisung und Koordinierung von Fremdfirmen

Vor der ersten Inbetriebnahme, nach Instandsetzungsarbeiten sowie in regelmäßigen Abständen (spätestens aller drei Jahre) ist der **ordnungsgemäße Zustand** von Arbeitsmitteln durch eine befähigte Person **überprüfen** zu lassen. Das Ergebnis der Prüfung ist zu dokumentieren, die entsprechenden Unterlagen sind aufzubewahren.

4. Tertiäre Maßnahmen

Die Sicherheitsstrategie, eine Explosion zuzulassen und deren Wirkung zu begrenzen bzw. gerichtet abzuleiten, ist auf den Schutz technologischer Einrichtungen ausgerichtet. Für den Schutz von in Arbeitsstätten Beschäftigten gilt die Forderung, die Entstehung von Explosionen durch primäre und sekundäre Maßnahmen zu verhindern. Ist diese Forderung nicht mit ausreichender Sicherheit realisierbar bzw. soll ein bestehendes Restrisiko vermindert werden, kann es sinnvoll sein, neben den primären und sekundären, zusätzlich tertiäre Maßnahmen zu realisieren.

Im Hinblick auf den Schutz von Beschäftigten in Arbeitsstätten kommt diesbezüglich nur die **Druckentlastung** infrage. Durch Anbringung von Druckentlastungsflächen (Fenster, Wand- und Dachelemente) wird dafür gesorgt, dass ein unkritischer reduzierter Explosionsdruck auftritt. Diese Schutzmaßnahme sollte nur in Ausnahmefällen angewendet werden und bedarf der Hinzuziehung eines Fachmannes.

Auch die Bereitstellung adäquater **Flucht- und Rettungswege** sowie einer angemessenen Zahl von **Ausgängen** gehört zu den tertiären Maßnahmen.

Ansprechpartner

Arbeitskreis Brand- und Explosionsschutz

- Prof. Dr. Bernd Reimer
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
FB Ingenieurwissenschaften
Institut für Umwelttechnik
06099 Halle/Saale
e-mail: bernd.reimer@iw.uni-halle.de

Literatur

- [1] Richtlinie 1999/92/EG über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können
- [2] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes
(Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)
- [3] Verordnung über das Inverkehrbringen von Geräten und Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche
(Explosionsschutzverordnung – 11. GSGV)
- [4] Reimer, B.
Explosionsschutz
in: Ratgeber Anlagensicherheit
Kap. III – A1 – G3 – S1...S5. Kap. II – G 5.6
Universum Verlagsanstalt, Wiesbaden
- [5] Reimer, B.
Explosionsschutz – Grundlagen, Anforderungen, Maßnahmen
in: Krause/Zander (Hrsg.)
Arbeitssicherheit Heft 2, Februar 2002, S. 235 –350
Haufe-Verlag, Hamburg
- [6] BG Chemie (Hrsg.)
Exotherme Reaktionen
- Grundlagen (Merkblatt R 001/BGI 541, 11.95)
- Maßnahmen zur Beherrschung (Merkblatt R 002/BGI 542, 12.96)
- Sichere Reaktionsführung (Merkblatt Nr. R 004)
Jedermann-Verlag Dr. Otto Pfeffer, Heidelberg
- [7] BG Chemie (Hrsg.)
BGR 104: Explosionsschutzregeln (EX-RL)
Werbe-Druck Winter, 2000 Sandhausen
- [8] Nabert, K.; Schön, G.; Redeker, T.
Sicherheitstechnische Kenngrößen brennbarer Gase und Dämpfe
Deutscher Eichverlag, Braunschweig
- [9] Steinleitner, H.D. (Hrsg.)
Brandschutz- und sicherheitstechnische Kennwerte gefährlicher Stoffe
2 Bde., Staatsverlag der DDR, Berlin 1988
- [10] Beck, H.
Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben
in: BIA – Handbuch
Erich-Schmidt-Verlag, Bielefeld

- [11] Sorbe
Sicherheitstechnische Kenndaten chemischer Stoffe – Datenbank
2001 sicherheitsNet.de, Landsberg

- [12] BGI 747
Sicherheitstechnische Kenngrößen – Ermitteln und Bewerten
Merkblatt R 003, BG Chemie 6/2000

- [13] DIN EN 1127-1 (1997): Explosionsfähige Atmosphären, Explosionsschutz
Teil 1: Grundlagen und Methodik

- [14] DIN EN 60 079 – 10: Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete
Bereiche; Teil 10: Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche

- [15] Richtlinie 94/9/EG
zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und
Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in
explosionsgefährdeten Bereichen