



KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

Brüssel, den 25.8.2003
KOM(2003) 515 endgültig

MITTEILUNG DER KOMMISSION

über den nicht verbindlichen Leitfaden für bewährte Verfahren im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können

MITTEILUNG DER KOMMISSION

über den nicht verbindlichen Leitfaden für bewährte Verfahren im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können

Laut Artikel 11 der Richtlinie 1999/92/EG¹ muss die Kommission in einem unverbindlichen Leitfaden für bewährte Verfahren praktische Leitlinien aufstellen, um die Mitgliedstaaten in Anwendung der genannten Richtlinie bei der Festlegung ihrer einzelstaatlichen Politik für den Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer zu unterstützen, insbesondere was die in den Artikeln 3, 4, 5, 6, 7 und 8 sowie im Anhang I und im Teil A des Anhangs II behandelten Aspekte angeht. Um diesem Auftrag nachzukommen, hat die Kommission einen Leitfaden ausgearbeitet, der Leitlinien zu folgenden Fragen enthält: Verhinderung von und Schutz gegen Explosionen, Beurteilung der Explosionsrisiken, Verpflichtungen des Arbeitgebers im Hinblick auf den Schutz der Gesundheit und die Gewährleistung der Sicherheit der Arbeitnehmer, Pflicht des Arbeitgebers, der die Verantwortung für die Arbeitsstätte hat, alle die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer betreffenden Maßnahmen zu koordinieren, wenn Arbeitnehmer mehrerer Unternehmen an der gleichen Arbeitsstätte tätig sind, Zoneneinteilung der Bereiche, in denen explosionsfähige Atmosphären vorhanden sein können, und Erstellung des Explosionsschutzdokuments durch den Arbeitgeber.

Bei der Ausarbeitung dieses Leitfadens wurden die Kommissionsstellen vom Beratenden Ausschuss für Sicherheit, Arbeitshygiene und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz unterstützt, der am 15. Mai 2003 eine befürwortende Stellungnahme abgegeben hat.

Nach Ansicht des Beratenden Ausschusses behandelt der Leitfaden die im Mandat vorgegebenen grundlegenden Fragen, insbesondere die Ermittlung von Gefahren, die Bewertung von Risiken und die Festlegung spezifischer Maßnahmen zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet sind. Der Beratende Ausschuss ist des Weiteren der Auffassung, dass in dem Leitfaden die Punkte berücksichtigt wurden, die den Arbeitgebern, insbesondere den KMU, die Ausarbeitung des so genannten „Explosionsschutzdokuments“ ermöglichen. Und schließlich vertritt der Beratende Ausschuss die Ansicht, dass der Leitfaden es dem für die Arbeitsstätte, an der explosionsfähige Atmosphären auftreten können, verantwortlichen Arbeitgeber erleichtern kann, die zur Koordinierung erforderlichen Maßnahmen und Vorgehensweisen einzuführen, wenn Arbeitnehmer mehrerer Unternehmen an derselben Arbeitsstätte tätig sind.

Die Kommission fordert die Mitgliedstaaten auf, gemäß Artikel 11 der Richtlinie 1999/92/EG diesen Leitfaden bei der Festlegung ihrer einzelstaatlichen Politik für den Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer so weit wie möglich zu berücksichtigen und für eine möglichst weite Verbreitung des Leitfadens in den interessierten Kreisen zu sorgen.

¹ ABl L 23 vom 28.1.2003.

DECKBLATT

**Nicht verbindlicher Leitfaden für bewährte
Verfahren
im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie
1999/92/EG
über Mindestvorschriften zur Verbesserung des
Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der
Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige
Atmosphären gefährdet werden können**

Europäische Kommission
GD BESCHÄFTIGUNG UND SOZIALES
Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

Endfassung: April 2003

Vorwort

Mehr und bessere Arbeitsplätze zu schaffen gehört seit jeher zu den Zielen der Europäischen Union. Formal beschlossen wurde es auf der Tagung des Europäischen Rates in Lissabon im März 2000, und eines der Schlüsselemente ist dabei die Verbesserung der Qualität der Arbeit.

Damit die neuen Herausforderungen der Sozialpolitik angenommen werden können, die sich aus dem radikalen Wandel der europäischen Wirtschaft und Gesellschaft ergeben, basiert die vom Europäischen Rat in Nizza gebilligte Europäische Sozialagenda auf der Notwendigkeit, eine positive und dynamische Wechselwirkung von Wirtschafts-, Sozial- und Beschäftigungspolitik zu gewährleisten. Durch die Sozialagenda muss die Rolle der Sozialpolitik gestärkt und diese gleichzeitig in die Lage versetzt werden, effektiver für den Schutz des Einzelnen, den Abbau von Ungleichheiten und den sozialen Zusammenhalt zu sorgen. Auf der Tagung des Europäischen Rates in Stockholm wurde die Qualität der Arbeitsplätze – der Wunsch, nicht nur die Minimalstandards zu verteidigen, sondern höhere Standards durchzusetzen und eine gerechtere Teilhabe aller am Fortschritt sicherzustellen – als Schlüsselement auf dem Weg zu neuerlicher Vollbeschäftigung genannt. In diesem Kontext ist der Arbeitsschutz eines der sozialpolitischen Kernthemen, auf die die Europäische Union ihre Anstrengungen konzentriert.

Glücklicherweise gehören Explosionen und Brände nicht zu den häufigsten Ursachen von Arbeitsunfällen. Ihre Folgen sind aber spektakulär und häufig mit schweren Verlusten an Menschenleben sowie großen wirtschaftlichen Schäden verbunden.

Die Notwendigkeit, die Häufigkeit von Explosionen und Bränden zu senken, ergibt sich sowohl aus humanitären als auch aus wirtschaftlichen Überlegungen und hat zur Annahme der ATEX-Richtlinie 1999/92/EG durch das Europäische Parlament und den Rat geführt. Die humanitären Überlegungen liegen auf der Hand: Explosionen und Brände können schreckliche Verletzungen verursachen und Todesopfer fordern. Die wirtschaftlichen Überlegungen ergeben sich klar und deutlich aus jeder Untersuchung der wahren Unfallkosten: generell zeigt sich, dass ein besseres Risikomanagement (Arbeitsschutzmanagement) für Unternehmen erhebliche wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt. Dies gilt ganz besonders, wenn es um die Explosionsgefahr geht.

Die Verabschiedung entsprechender Rechtsvorschriften ist ein Aspekt des Anliegens, Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz in das globale Konzept des Wohlbefindens bei der Arbeit einzugliedern. Die Europäische Kommission kombiniert eine Vielzahl von Instrumenten mit dem Ziel, eine echte Präventionskultur zu etablieren.

Der vorliegende Leitfaden ist eines dieser Instrumente und geht auf den Auftrag zurück, den das Europäische Parlament und der Rat in Artikel 11 der ATEX-Richtlinie der Kommission erteilt haben, nämlich in einem unverbindlichen Leitfaden für bewährte Verfahren praktische Leitlinien aufzustellen. Dieser Leitfaden kann als Grundlage für Leitlinien der Mitgliedstaaten dienen, mit denen kleine und mittlere Unternehmen bei der Verbesserung ihrer Sicherheit und ihrer Wirtschaftlichkeit unterstützt werden sollen.

Abschließend möchte ich diese Gelegenheit nutzen, um alle Akteure des Arbeitsschutzes, insbesondere die einzelstaatlichen Behörden und die Arbeitgeber, aufzufordern, diese Richtlinie mit Verantwortungsgefühl und Entschlossenheit anzuwenden, um die aus explosionsfähigen Atmosphären entstehenden Gefahren zu vermeiden oder wenigstens auf ein Minimum zu begrenzen und eine gute Arbeitsumgebung zu schaffen.

Odile Quintin
Generaldirektorin

Inhalt

1.	ANWENDUNG DES LEITFADENS.....	1
1.1	Bezug zur Richtlinie 1999/92/EG	5
1.2	Anwendungsbereich des Leitfadens	5
1.3	Geltende Vorschriften und weiterführende Informationen	6
1.4	Behördliche und außerbehördliche Beratungsstellen	6
2.	BEURTEILUNG DER EXPLOSIONSRISIKEN.....	7
2.1	Methoden	8
2.2	Beurteilungsmaßstäbe	8
2.2.1	Sind brennbare Stoffe vorhanden?	10
2.2.2	Kann durch ausreichende Verteilung in Luft explosionsfähige Atmosphäre entstehen?	10
2.2.3	Wo kann explosionsfähige Atmosphäre auftreten?	12
2.2.4	Ist die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre möglich?	14
2.2.5	Ist die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zuverlässig verhindert?	15
2.2.6	Ist die Entzündung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zuverlässig verhindert?	15
3.	TECHNISCHE MAßNAHMEN DES EXPLOSIONSSCHUTZES	16
3.1	Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre	16
3.1.1	Ersatz der brennbaren Stoffe	16
3.1.2	Konzentrationsbegrenzung	16
3.1.3	Inertisieren	17
3.1.4	Verhindern oder Einschränken der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Anlagen	17
3.1.4.1	Beseitigung von Staubablagerungen.	18
3.1.5	Einsatz von Gaswarngeräten	19
3.2	Vermeiden von Zündquellen	20
3.2.1	Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche	20
3.2.2	Umfang der Schutzmaßnahmen	24
3.2.3	Zündquellenarten	24
3.3	Begrenzung der Auswirkungen von Explosionen (Konstruktiver Explosionsschutz)	28
3.3.1	Explosionsfeste Bauweise	28
3.3.2	Explosionsdruckentlastung	29
3.3.3	Explosionsunterdrückung	30
3.3.4	Verhindern der Explosionsübertragung (explosionstechnische Entkoppelung)	30
3.4	Anwendung von Prozessleittechnik	33
3.5	Anforderungen an Arbeitsmittel	35
3.5.1	Auswahl von Arbeitsmitteln	35
3.5.2	Zusammenbau von Arbeitsmitteln	36
4.	ORGANISATORISCHE MAßNAHMEN DES EXPLOSIONSSCHUTZES	37
4.1	Betriebsanweisungen	38
4.2	Ausreichende Qualifikation der Beschäftigten	38
4.3	Unterweisung der Arbeitnehmer	39
4.4	Überwachung	39
4.5	Arbeitsfreigabesystem	39
4.6	Durchführung von Instandhaltungsarbeiten	40
4.7	Prüfung und Kontrolle	41
4.8	Kennzeichnung von explosionsgefährdeten Bereichen	42

5.	KOORDINIERUNGSPFLICHTEN	43
5.1	Koordinierungsmodalitäten	43
5.2	Schutzmaßnahmen zur sicheren Zusammenarbeit	44
6	IM EXPLOSIONSSCHUTZDOKUMENT	46
6.1	Anforderungen aus der Richtlinie 1999/92/EG	46
6.2	Umsetzung	46
6.3	Mustergliederung eines Explosionsschutzdokumentes	47
6.3.1	Beschreibung der Arbeitsstätte und der Arbeitsbereiche	47
6.3.2	Beschreibung der Verfahrensschritte und/oder Tätigkeiten	47
6.3.3	Beschreibung der eingesetzten Stoffe/ Sicherheitstechnische Kenngrößen	47
6.3.4	Darstellung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung	47
6.3.5	Getroffene Explosionsschutzmaßnahmen	47
6.3.6	Realisierung der Explosionsschutzmaßnahmen	48
6.3.7	Koordinierung der Explosionsschutzmaßnahmen	48
6.3.8	Anhang des Explosionsschutzdokumentes	48
ANLAGEN	49	
A.1	Glossar	49
A.2	Vorschriften und weiterführende Informationsquellen zum Explosionsschutz	53
A.2.1.	Europäische Richtlinien und Leitlinien	53
A.2.2	Nationale Vorschriften der europäischen Mitgliedsstaaten zur Umsetzung der Richtlinie 1999/92/EG (Kursivtext von Kommission nachzutragen)	54
A.2.3	Auswahl an Europäischen Normen Eine aktuelle Liste ist auf der Website des Europäischen Komitees für Normung (CEN) zu finden: http://www.cenorm.be/standardization/tech_bodies/cen_bp/workpro/tc305.htm .	55
A.2.4	Weitere nationale Vorschriften und Literatur (Eintrag durch nationale Stellen)	56
A.2.5	Nationale Beratungsstellen (Eintrag durch nationale Stellen)	56
A.3	Musterformulare und Checklisten	57
A.3.1	Checkliste »Explosionsschutz im Inneren von Apparaten«	58
A.3.2	Checkliste »Explosionsschutz in der Umgebung von Apparaten«	61
A.3.3	Muster »Erlaubnisschein für Arbeiten mit Zündquellen in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre«	63
A.3.4	Checkliste »Koordinierungsmaßnahmen zum betrieblichen Explosionsschutz«	64
A.3.5	Checkliste »Aufgaben des Koordinators zum betrieblichen Explosionsschutz«	65
A.3.6	Checkliste »Vollständigkeit des Explosionsschutzdokuments«	66
A.4	Einfügen des Richtlinien textes in der jeweiligen Landessprache durch die Kommission	69

Einleitung

Der Explosionsschutz zählt zu den besonders sicherheitsrelevanten Aufgabenbereichen. Im Explosionsfall sind das Leben und die Gesundheit der Arbeitnehmer durch unkontrollierte Flammen- und Druckwirkung sowie durch schädliche Reaktionsprodukte und Verbrauch des zum Atmen benötigten Sauerstoffs aus der Umgebungsluft gefährdet.

Aus diesem Grunde müssen für eine kohärente Strategie zur Prävention von Explosionen am Arbeitsplatz organisatorische Maßnahmen getroffen werden. Laut Rahmenrichtlinie 89/391/EWG¹ ist der Arbeitgeber verpflichtet, die für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer erforderlichen Maßnahmen zu treffen, einschließlich der Maßnahmen zur Verhütung berufsbedingter Gefahren, zur Information und zur Unterweisung sowie der Bereitstellung einer geeigneten Organisation und der erforderlichen Mittel.

Es sei nachdrücklich betont, dass die Einhaltung der in der Richtlinie enthaltenen Mindestvorschriften nicht garantiert, dass die einschlägigen nationalen Gesetze eingehalten werden. Die Richtlinie wurde gemäß Artikel 137 des Vertrags zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft erlassen, und darin wird ausdrücklich gesagt, dass die aufgrund dieses Artikels erlassenen Bestimmungen die Mitgliedstaaten nicht daran hindern, strengere Schutzmaßnahmen beizubehalten oder zu treffen, die mit dem Vertrag vereinbar sind.

1. Anwendung des Leitfadens

Explosionsgefahren können in allen Unternehmen auftreten, in denen mit brennbaren Substanzen umgegangen wird. Zu diesen Stoffen zählen zahlreiche Einsatzstoffe, Zwischenprodukte, Endprodukte und Reststoffe aus dem alltäglichen Arbeitsprozess, wie Abbildung 1 zeigt.

Bei der Verwendung dieses *Leitfadens* sollten die Richtlinie 1999/92/EG², die Rahmenrichtlinie 89/391/EWG und die Richtlinie 94/9/EG³ herangezogen werden.

Die Richtlinie 1999/92/EG enthält die Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können. In Artikel 11 dieser Richtlinie ist vorgesehen, dass die Kommission in einem unverbindlichen Leitfaden für bewährte Verfahren praktische Leitlinien aufstellt.

¹ Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit (ABl. L 183 vom 29.06.1989, S. 1)

² Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über die Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können (ABl. L 23 vom 28.01.2000, S. 57)

³ Richtlinie 94/9/EG des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ABl. L 100 vom 19.04.1994, S. 1)

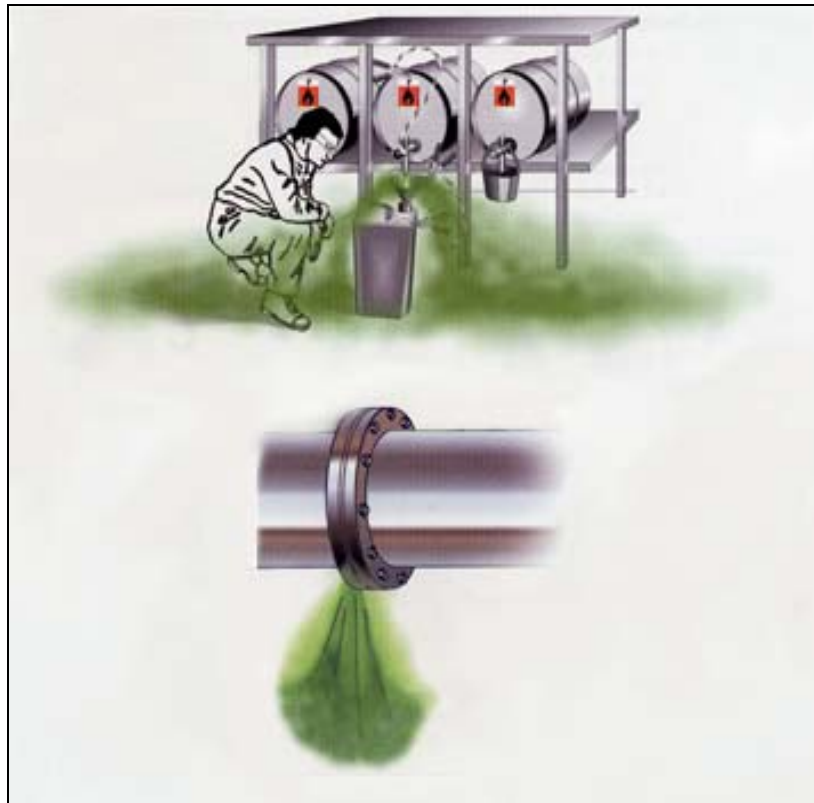


Abb. 1: Beispiele für die Entstehung explosionsfähiger Atmosphäre⁴.

Dieser Leitfaden richtet sich vor allem an die Mitgliedstaaten und soll ihnen die Gestaltung ihrer eigenen nationalen Arbeitsschutzpolitik erleichtern.

Er soll dem *Arbeitgeber*, insbesondere den kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU), auf dem Gebiet des Explosionsschutzes ermöglichen:

Gefahren zu ermitteln und die Risiken zu bewerten,

spezifische Maßnahmen zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der *Arbeitnehmer* festzulegen, die durch *explosionsfähige Atmosphäre* gefährdet sind,

eine sichere Arbeitsumgebung zu gewährleisten und während der Anwesenheit der *Arbeitnehmer* eine angemessene Überwachung entsprechend der Risikobeurteilung sicherzustellen,

bei Beschäftigung mehrerer Unternehmen an einer Arbeitsstätte die erforderlichen Koordinierungsmaßnahmen und -modalitäten vorzunehmen und

ein Explosionsschutzdokument auszuarbeiten.

Betroffen sind nahezu alle Branchen, da Gefährdungen durch *explosionsfähige Atmosphäre* bei unterschiedlichsten Prozessen und Arbeitsvorgängen entsteht. Beispiele zeigt Tabelle 1.1.

⁴

Aus IVSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany

Tab. 1.1: Beispiele für Explosionsgefährdungen in verschiedenen Branchen

	Branche	Beispiel für Explosionsgefährdung
	Chemische Industrie	In der chemischen Industrie werden brennbare Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe in vielfältigen Prozessen umgewandelt und verarbeitet. Bei diesen Prozessen können explosionsfähigen Gemische entstehen.
	Deponien und Tiefbauarbeiten	In Deponien können brennbare Deponiegase entstehen. Damit diese nicht unkontrolliert ausgasen und evtl. gezündet werden können, sind umfangreiche technische Maßnahmen notwendig. Brennbare Gase unterschiedlichen Ursprungs können sich in schlecht belüfteten Tunnels, Kellern usw. ansammeln.
	Energieerzeugende Unternehmen	Aus stückigen, im Gemisch mit Luft nicht explosionsfähigen Kohlen können durch Förderung, Mahlung und Trocknung Kohlenstäube entstehen, die explosionsfähige Staub/Luft-Gemische bilden können.
	Entsorgungsunternehmen	Bei der Abwasserbehandlung in Klärwerken können die entstehenden Faulgase explosionsfähige Gas/Luft-Gemische bilden.
	Gasversorgungsunternehmen	Bei der Freisetzung von Erdgas durch Leckagen oder ähnliches kann es zur Bildung von explosionsfähigen Gas/Luft-Gemischen kommen.
	Holzverarbeitende Industrie	Beim Bearbeiten von Werkstücken aus Holz fallen Holzstäube an. Diese können z. B. in Filtern oder Silos explosionsfähige Staub/Luft-Gemische bilden.
	Lackierbetriebe	Das beim Lackieren von Oberflächen mit Sprühpistolen in Spritzkabinen entstehende Overspray können ebenso wie die freigesetzten Lösungsmitteldämpfe mit Luft explosionsfähige Atmosphäre bilden.
	Landwirtschaft	In einigen landwirtschaftlichen Betrieben werden Anlagen zur Gewinnung von Biogas betrieben. Tritt Biogas aus, z. B. aufgrund von Leckagen, können explosionsfähige Biogas/Luft-Gemische entstehen.
	Metallverarbeitende Betriebe	Werden Formteile aus Metallen hergestellt, können bei der Oberflächenbehandlung (Schleifen) explosionsfähige Metallstäube entstehen. Dies ist insbesondere bei Leichtmetallen der Fall. Diese Metallstäube können in Abscheidern ein Explosionsrisiko hervorrufen.
	Nahrungsmittel- und Futtermittelindustrie	Beim Transport und der Lagerung von Getreidekörnern, Zucker etc. können explosionsfähige Stäube entstehen. Werden diese abgesaugt und in Filtern abgeschieden, kann im Filter explosionsfähige Atmosphäre auftreten.
	Pharmaindustrie	In der pharmazeutischen Produktion werden häufig Alkohole als Lösungsmittel eingesetzt. Außerdem können auch staubexplosionsfähige Wirk- und Hilfsstoffe, z. B. Milchezucker, eingesetzt werden.
	Raffinerien	Die in Raffinerien gehandhabten Kohlenwasserstoffe sind alle brennbar und je nach Flammpunkt schon bei Umgebungstemperatur in der Lage, explosionsfähige Atmosphäre hervorzurufen. Die Umgebung der erdölverarbeitenden Apparaturen wird meist als explosionsgefährdeter Bereich angesehen.

	Recyclingbetriebe	Bei der Aufbereitung von Recyclingmüll kann es beispielsweise zu Explosionsgefährdungen durch nicht restentleerte Dosen und andere Behältnisse mit brennbaren Gasen und/oder Flüssigkeiten oder durch Papier- oder Kunststoffstäube kommen.
---	-------------------	---

Zu einer Explosion kommt es, wenn ein **Brennstoff** im Gemisch mit Luft (d. h. ausreichend Sauerstoff) innerhalb der *Explosionsgrenzen* sowie eine **Zündquelle** vorliegt (siehe **Abb. 1.2**). Zu beachten ist, dass die Richtlinie eine besondere Definition von „Explosion“ enthält, nämlich einschließlich derjenigen Verbrennungsvorgänge, die sich auf das gesamte unverbrannte Gemisch übertragen.



Abb. 1.2: Explosionsdreieck

Im Explosionsfall sind die Beschäftigten durch unkontrollierte Flammen- und Druckwirkungen in Form von Hitzestrahlung, Flammen, Druckwellen und umherfliegende Trümmer sowie durch schädliche Reaktionsprodukte und durch den Verbrauch des zum Atmen benötigten Sauerstoffs aus der Umgebungsluft gefährdet.

- Beispiele:**
1. Bei Reinigungsarbeiten kam es innerhalb einer mit Kohle befeuerten Kesselanlage zu einer Explosion. Die beiden Mitarbeiter erlitten so starke Verbrennungen, dass sie starben. Als Ursache wurde eine Lampe mit einem defekten Anschlusskabel ermittelt. Aufgewirbelter Kohlenstaub wurde durch einen Kurzschluss gezündet.
 2. In einem Mischer wurden lösungsmittelfeuchte Stäube gemischt. Der Mitarbeiter inertisierte den Mischer vor Beginn des Prozesses nicht ausreichend. Während des Einfüllens entstand ein explosionsfähiges Lösungsmitteldampf/Luft-Gemisch, das durch elektrostatische Funken, die beim Einfüllen entstanden, gezündet wurde. Auch dieser Mitarbeiter erlitt starke Verbrennungen.
 3. In einem Mühlengebäude kam es zu einem Brand. Durch die vorhandenen Deckendurchbrüche kam es zu Folgebränden, durch die eine Staubexplosion ausgelöst wurde. Es wurden vier Mitarbeiter verletzt und das gesamte Mühlengebäude wurde zerstört. Der Sachschaden betrug 600.000 €.

Der Leitfaden dient als unverbindliches Hilfsmittel, um das Leben und die Gesundheit von Arbeitnehmern vor den Gefahren einer Explosion zu schützen.

1.1 Bezug zur Richtlinie 1999/92/EG

Der Leitfaden behandelt gemäß Artikel 11 der Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der *Arbeitnehmer*, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können, die Artikel 3, 4, 5, 6, 7 und 8 sowie die Anhang I und II A der Richtlinie (siehe Anhang 4). Die Zuordnung der Leitfadenskapitel zu den Artikeln und Anhängen ist Tabelle 1.2 zu entnehmen.

Tab. 1.2: Zusammenhang zwischen einzelnen Artikeln der RL und Kapiteln des Leitfadens (Originaltext zu den genannten Artikeln der Richtlinie enthält Anhang 4).

Artikel der RL 1999/92/EG	Titel	Leitfadenskapitel
Art. 2	Definition	Anhang 1: Glossar
Art. 3	Verhinderung von und Schutz gegen Explosionen	3.1 Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre 3.3 Begrenzen der Auswirkungen 3.4 Anwendung von Prozessleittechnik 3.5 Anforderungen an Arbeitsmittel
Art. 4	Beurteilung der Explosionsrisiken	2. Beurteilung der Explosionsrisiken
Art. 5	Allgemeine Verpflichtungen	4. Organisatorische Maßnahmen
Art. 6	Koordinierungspflicht	5. Koordinierungspflichten
Art. 7, Anh. I, Anh. II	Bereiche mit explosionsfähigen Atmosphären	3.2 Vermeiden von Zündquellen
Art. 8	im Explosionsschutzdokument	6. im Explosionsschutzdokument

Um die Anwendung des Leitfadens zu erleichtern, weicht der Leitfaden in der Reihenfolge der Kapitel an zwei Stellen von der Reihenfolge der Artikel in der Richtlinie 1999/92/EG ab:

1. Beurteilung von Explosionsrisiken in Kapitel 2 (Artikel 4 der RL) vor der Anwendung von Explosionsschutzmaßnahmen (Artikel 3, 5–7 der RL),
2. Darstellung von Maßnahmen zur Verhinderung der Entzündung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Kapitel 3.2 (Artikel 7, Anhang I und II der RL) als Bestandteil technischer Explosionsschutzmaßnahmen nach Kapitel 3 (Artikel 3 der RL).

1.2 Anwendungsbereich des Leitfadens

Der Leitfaden ist für alle Unternehmen gedacht, in denen es durch den Umgang mit brennbaren Stoffen zu *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* und dadurch zu Explosionsgefahren kommen kann. Der Leitfaden gilt für den Umgang unter *atmosphärischen Bedingungen*. Zum Umgang gehören Herstellung, Bearbeitung, Verarbeitung, Vernichtung, Lagerung, Bereitstellung, Umschlag und innerbetriebliche Beförderung in Rohrleitungen oder mit anderen Hilfsmitteln.

Hinweis: Entsprechend der Legaldefinition zu „explosionsfähiger Atmosphäre“ laut Richtlinie 1999/92/EG gilt der Leitfaden nur unter *atmosphärischen Bedingungen*. Richtlinie und Leitfaden gelten demnach nicht unter nichtatmosphärischen Bedingungen - allerdings ist in diesem Fall der Arbeitgeber keineswegs von seinen Pflichten zum Explosionsschutz entbunden. Hier gelten weiterhin die Anforderungen der übrigen Arbeitsschutz-Vorschriften.

Die Beschreibung der in den einzelnen Leitfadenskapiteln ausgeführten Themen des Explosionsschutzes erfolgt in einer Form, die sich insbesondere an kleine und mittelständische

Unternehmen richtet. Der Leitfaden konzentriert sich deshalb auf die Vermittlung von Basiswissen und Prinzipien und verdeutlicht diese innerhalb des Textes an kleinen Beispielen. Ausführungen für Betriebe in Form von Musterformularen und Checklisten sind in Anhang 3 abgebildet. Darüber hinaus wird auf die in Anhang 2 genannten Vorschriften und weiterführenden Informationsquellen verwiesen.

Entsprechend Artikel 1 der Richtlinie 1999/92/EG ist der Leitfaden nicht anwendbar auf:

Bereiche, die unmittelbar für die medizinische Behandlung von Patienten und während dieser Behandlung genutzt werden,

die Verwendung von Gasverbrauchseinrichtungen gemäß der Richtlinie 90/396/EWG,

den Umgang mit Sprengstoffen oder chemisch instabilen Stoffen,

mineralgewinnende Betriebe, die den Richtlinien 92/91/EWG oder 92/104/EWG unterliegen,

die Benutzung von Transportmitteln auf dem Land-, Wasser- und Luftweg, auf die die einschlägigen Bestimmungen der internationalen Übereinkünfte (z. B. ADN, ADR, ICAO, IMO, RID) und die Gemeinschaftsrichtlinien zur Umsetzung dieser Übereinkünfte angewandt werden. Transportmittel zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen sind nicht ausgenommen.

Für das Inverkehrbringen und die Inbetriebnahme einschließlich der Beschaffenheit von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen wird auf die Richtlinie 94/9/EG verwiesen.

1.3 Geltende Vorschriften und weiterführende Informationen

Zur Erfüllung gesetzlicher Explosionsschutzbestimmungen der einzelnen Mitgliedsstaaten der EU ist die Anwendung dieses Leitfadens alleine nicht ausreichend. Maßgebend sind die nationalen Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten zur Umsetzung der Richtlinie 1999/92/EG, die über die diesem Leitfaden zu Grunde liegenden Mindestvorschriften der Richtlinie hinausgehen können.

Bei der Erfüllung der Pflichten nach Artikel 8 der Richtlinie 1999/92/EG, z. B. bei der Gestaltung neuer Arbeitsmittel gemäß Richtlinie 94/9/EG, kann sich die Hinzuziehung der entsprechenden ATEX-Websites als nützlich erweisen:

- <http://europa.eu.int/comm/enterprise/atex/index.htm>

- <http://europa.eu.int/comm/enterprise/atex/whatsnew.htm>

Um darüber hinaus die Umsetzung der Vorschriften mit Hilfe technischer und organisatorischer Maßnahmen zu erleichtern, existieren europäische Normen (EN), die von den nationalen Normungsinstitutionen gegen Gebühr vertrieben werden. Hierzu enthält Anhang 2.2 eine Übersicht.

Weiterführende Informationen lassen sich den nationalen Vorschriften und Normen sowie der einschlägigen Literatur entnehmen. Werden hierzu einzelne Veröffentlichungen von den zuständigen nationalen Stellen der Mitgliedsstaaten als hilfreich angesehen und in den Leitfaden aufgenommen, können die Referenzen dem vorbereiteten Anhang 2.3 entnommen werden. Die Aufnahme einer Veröffentlichung in den Anhang muss jedoch nicht bedeuten, dass der gesamte Inhalt in vollem Einklang mit dem Leitfaden steht.

1.4 Behördliche und außerbehördliche Beratungsstellen

Treten bei der Umsetzung der Explosionsschutzbestimmungen Fragen auf, zu denen der Leitfaden keine Antwort geben kann, sollten die nationalen Informationsträger vor Ort kontaktiert werden. Hierzu zählen regionale Arbeitsschutzbehörden, Unfallversicherungsträger oder Berufsverbände bzw. Industrie- und Handels- bzw. Handwerkskammern.

2. Beurteilung der Explosionsrisiken

Wann immer möglich, sollte der Arbeitgeber das Auftreten von explosionsfähiger Atmosphäre verhindern. Um diesen obersten Grundsatz nach Artikel 3 der Richtlinie 1999/92/EG zu erfüllen, ist zur Beurteilung der Explosionsrisiken zunächst zu prüfen, ob unter den vorhandenen Gegebenheiten gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Sodann ist zu prüfen, ob sie sich entzünden kann.

Dieser Beurteilungsprozess muss sich immer auf den Einzelfall beziehen und kann nicht pauschal übertragen werden. Im Einzelnen sind nach 1999/92/EG Artikel 4 die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins und der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen, die Anlagen, verwendeten Stoffe, Verfahren und ihre möglichen Wechselwirkungen sowie das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkungen zu betrachten.

Hinweis: Im Vordergrund der Beurteilung der Explosionsrisiken steht zunächst die Beurteilung vom:

- **Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre**
und des weiteren vom
- **Vorhandensein und Wirksamwerden von Zündquellen.**

Die Betrachtung der Auswirkungen ist im Beurteilungsprozess von untergeordneter Bedeutung, da im Fall einer Explosion immer mit einem hohen Schadensausmaß gerechnet werden muss, das von erheblichen Sachschäden bis hin zu Verletzten und Toten reichen kann. Im Explosionsschutz hat die Vermeidung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre gegenüber einer quantitativen Risikobetrachtung Vorrang.

Der Beurteilungsvorgang ist für jeden Arbeits- bzw. Produktionsprozess sowie für jeden Betriebszustand einer Anlage und dessen Änderungen durchzuführen. Bei der Beurteilung neuer oder bestehender Anlagen sind insbesondere folgende Betriebszustände zugrunde zu legen:

die normalen Betriebsbedingungen einschließlich Instandhaltungsarbeiten,

die In- und Außerbetriebnahme,

Betriebsstörungen und voraussehbare Fehlzustände,

der vernünftigerweise vorhersehbare Fehlgebrauch.

Die Explosionsrisiken sind in ihrer Gesamtheit zu beurteilen. Von Bedeutung sind:

die eingesetzten Arbeitsmittel,

die baulichen Gegebenheiten,

die verwendeten Stoffe,

die Arbeits- und Verfahrensbedingungen und

die möglichen Wechselwirkungen untereinander sowie mit dem Arbeitsumfeld.

Ebenso sind Bereiche, die über Öffnungen mit explosionsgefährdeten Bereichen in Verbindung stehen oder gebracht werden können, bei der Beurteilung der Explosionsrisiken zu berücksichtigen.

Enthält die *explosionsfähige Atmosphäre* verschiedene brennbare Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube, so muss dies bei der Bewertung der Explosionsrisiken angemessen berücksichtigt werden. Treten z. B. *hybride Gemische* auf, kann sich die Wirkung der Explosion erheblich verstärken.

Achtung: Generell können hybride Gemische aus Nebeln oder Stäuben mit Gasen und/oder Dämpfen bereits eine explosionsfähige Atmosphäre bilden, wenn die Konzentration der einzelnen Brennstoffe noch unterhalb ihrer unteren *Explosionsgrenze* liegt.

Außerdem muss die Gefahr bewertet werden, wieweit Warnsysteme von einer der Phasen ungünstig beeinflusst werden können (z. B. die Vergiftung von Katalysatoren durch Nebel).

2.1 Methoden

Um Arbeitsprozesse oder technische Anlagen bzgl. ihrer Explosionsrisiken beurteilen zu können, sind Methoden geeignet, die eine systematische Vorgehensweise zur sicherheitstechnischen Überprüfung von Anlagen und Verfahren unterstützen. Systematisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass nach sachlichen und logischen Gesichtspunkten gegliedert vorgegangen wird. Es werden die vorhandenen Gefahrenquellen zur Bildung *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* und die möglicherweise gleichzeitig auftretenden wirksamen Zündquellen betrachtet.

In der Praxis ist es in den meisten Fällen ausreichend, systematisch das Explosionsrisiko entlang einer Abfolge spezifischer Fragestellungen zu ermitteln und zu beurteilen. Im folgenden Kapitel 2.2 wird hierzu anhand charakteristischer Beurteilungsmaßstäbe eine einfache Vorgehensweise beschrieben.

Hinweis: Andere Verfahren zur Risikobeurteilung, wie sie etwa zur Identifikation von Gefahrenquellen (z. B. Anwendung von Checklisten, Ausfall-Effekt-Analyse, Bedienungsfehler-Analyse, Operabilitäts-Analyse/PAAG-Verfahren) oder zur Bewertung von Gefahrenquellen (z. B. Störfall-Ablaufanalyse oder Fehlerbaum-Analyse) in der einschlägigen Literatur nachzulesen sind, sind im Explosionsschutz nur in Ausnahmefällen sinnvoll, z. B. zur Ermittlung von Zündquellen in komplexen technischen Anlagen.

2.2 Beurteilungsmaßstäbe

Die Beurteilung der Explosionsgefahr ist unabhängig von der Einzelfrage durchzuführen, ob Zündquellen vorhanden sind oder auftreten können.

Folgende vier Voraussetzungen müssen gleichzeitig erfüllt sein, damit Explosionen mit gefährlichen Auswirkungen auftreten können:

**Hoher Dispersionsgrad der brennbaren Stoffe,
Konzentration der brennbaren Stoffe in Luft innerhalb ihrer kombinierten Explosionsgrenzen,
Gefahrdrohende Mengen explosionsfähiger Atmosphäre,
Wirksame Zündquelle.**

Um diese Voraussetzungen zu prüfen, kann in der Praxis die Beurteilung der Explosionsrisiken anhand von sieben Fragen erfolgen. Hierzu zeigt Abbildung 2.1 den Beurteilungsablauf, in dem jede relevante Fragestellung unterstrichen hervorgehoben ist. Zu ihrer Beantwortung sind die Entscheidungskriterien in den angegebenen Unterkapiteln näher erläutert. Entsprechend dienen die ersten vier Fragen der grundlegenden Prüfung, ob ein Explosionsrisiko besteht und ob überhaupt Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich sind. Nur in diesem Fall ist mit Hilfe der drei folgenden Fragen festzustellen, ob die vorgesehenen Schutzmaßnahmen das Explosionsrisiko auf ein unbedenkliches Maß begrenzen. Dieser Schritt ist in Verbindung mit der Auswahl von Schutzmaßnahmen nach Kapitel 3 des Leitfadens ggf. wiederholt durchzuführen, bis eine den Gegebenheiten entsprechende Gesamtlösung gefunden ist.

Im Rahmen des Beurteilungsprozesses ist zu beachten, dass sicherheitstechnische Kenngrößen des Explosionsschutzes in der Regel nur unter *atmosphärischen Bedingungen* gelten. Unter anderen als diesen *atmosphärischen Bedingungen* können sich die sicherheitstechnischen Kenngrößen bedeutend ändern.

Beispiele: 1. Die Mindestzündenergie kann bei erhöhten Sauerstoffgehalten oder Temperaturen stark herabgesetzt werden.

2. Die maximalen *Explosionsdrücke* und -druckanstiegsgeschwindigkeiten steigen bei erhöhtem Vordruck an.

3. Die *Explosionsgrenzen* werden bei erhöhten Temperaturen und erhöhten Drücken aufgeweitet. Das bedeutet, dass die *untere Explosionsgrenze* zu niedrigeren und die obere Explosionsgrenze zu höheren Konzentrationen verschoben werden können.

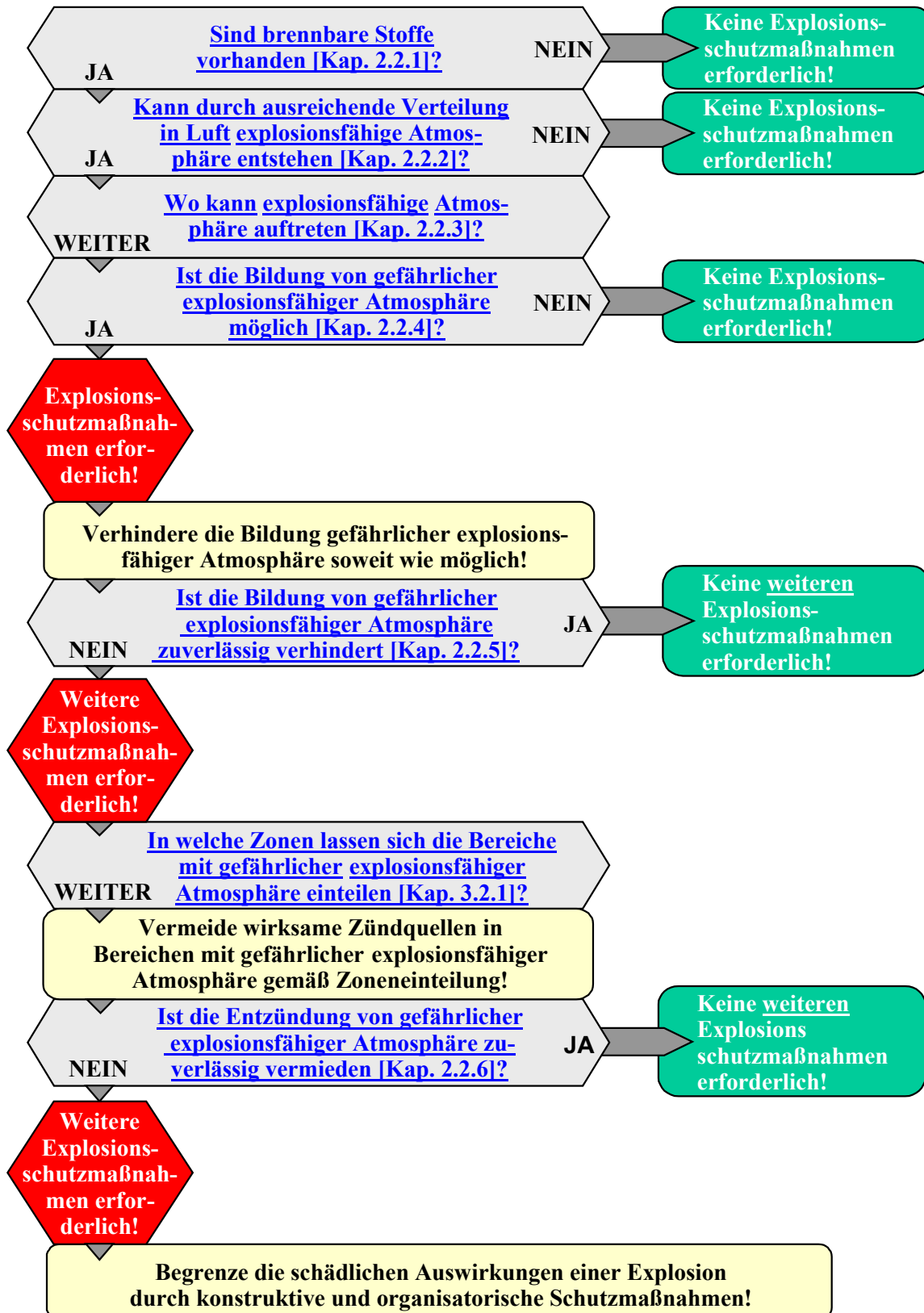


Abb. 2.1: Beurteilungsablauf zur Erkennung und Verhinderung von Explosionsgefahren.

In Abbildung 2.1 wird nach einer „zuverlässigen“ Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre gefragt. Die Frage kann nur mit „Ja“ beantwortet werden, wenn die bereits getroffenen technischen und organisatorischen Maßnahmen so weitgehend sind, dass unter Berücksichtigung aller Betriebszustände und vernünftigerweise vorhersehbaren Störungen nicht vom Auftreten einer Explosion auszugehen ist.

2.2.1 Sind brennbare Stoffe vorhanden?

Voraussetzung für die Entstehung einer Explosion ist, dass brennbare Stoffe im Arbeits- bzw. Produktionsprozess vorhanden sind. Das heißt, dass mindestens eine brennbare Substanz als Ausgangs- bzw. Hilfsstoff eingesetzt wird, als Rest-, Zwischen- oder Endprodukt entsteht oder bei einer betriebsüblichen Störung gebildet werden kann.

Beispiel: Brennbare Stoffe können auch ungewollt auftreten, z. B. bei der Lagerung schwacher Säuren oder Laugen in Metallbehältern. Hier kann sich durch elektrochemische Reaktionen Wasserstoff bilden und in der Gasphase ansammeln.

Generell sind alle Stoffe als brennbar anzusehen, die zu einer exothermen Oxidationsreaktion fähig sind. Hierunter fallen einerseits alle Stoffe, die bereits nach der Stoffrichtlinie RL 67/548/EWG als entzündlich (R10), leichtentzündlich (F bzw. R11/R15/R17) oder hochentzündlich (F+ bzw. R12) eingestuft und gekennzeichnet sind. Aber auch alle sonstigen Stoffe und Zubereitungen, die (noch) nicht klassifiziert sind, jedoch die jeweiligen Entzündlichkeitskriterien erfüllen oder generell als entflammbar anzusehen sind, fallen hierunter.

Beispiele:

1. **Brennbare Gase und Gasgemische**, z. B. Flüssiggas (Butan, Buten, Propan, Propen), Erdgas, Verbrennungsgase (z. B. Kohlenmonoxid oder Methan) oder gasförmige brennbare Chemikalien (z. B. Acetylen, Ethylenoxid oder Vinylchlorid).
2. **Brennbare Flüssigkeiten**, z. B. Lösungsmittel, Treibstoffe, Erd-, Heiz-, Schmier- oder Altöle, Lacke oder wasserunlösliche sowie wasserlösliche Chemikalien.
3. **Stäube brennbarer Feststoffe**, z. B. Kohle, Holz, Nahrungs- und Futtermittel (z. B. Zucker, Mehl oder Getreide), Kunststoffe, Metalle oder Chemikalien.

Hinweis: Es gibt eine Reihe von Stoffen, die unter normalen Bedingungen nur schwer zu entzünden sind, aber bei besonders kleiner Teilchengröße oder ausreichend hoher Zündenergie im Gemisch mit Luft *explosionsfähig* sind (z. B. Metallstäube, Aerosole).

Nur wenn brennbare Stoffe vorhanden sind, ist eine weitergehende Betrachtung möglicher Explosionsgefahren notwendig.

2.2.2 Kann durch ausreichende Verteilung in Luft explosionsfähige Atmosphäre entstehen?

Ob sich bei Vorhandensein brennbarer Substanzen eine *explosionsfähige Atmosphäre* bilden kann, ist von der Zündwilligkeit des in Verbindung mit Luft gebildeten Gemisches abhängig. Wird dabei der notwendige *Dispersionsgrad* erreicht **und** liegt die Konzentration der brennbaren Substanzen in der Luft innerhalb ihrer *Explosionsgrenzen*, dann ist eine *explosionsfähige Atmosphäre* vorhanden. Bei Stoffen in gas- oder dampfförmigem Zustand ist ein ausreichender *Dispersionsgrad* naturgemäß gegeben.

Zur Beantwortung der o. g. Frage sind je nach Gegebenheit folgende Eigenschaften der Stoffe und deren möglichen Verarbeitungszustände zu berücksichtigen:

1. Brennbare Gase und Gasgemische:

Untere und obere Explosionsgrenze.

Während des Umgangs entstehende oder herrschende maximale (ggf. auch minimale) Konzentrationen der brennbaren Stoffe .

2. Brennbare Flüssigkeiten:

Untere und obere Explosionsgrenze von Dämpfen.

Untere Explosionsgrenze von Nebeln

Flammpunkt

Hinweis: Im Inneren von Behältern ist nicht von einem *explosionsfähigen Gemisch* auszugehen, wenn die Temperatur im Behälter stets genügend weit (etwa 5 °C bis 15 °C, vgl. Beispiel in Kapitel 3.1.2) unterhalb des *Flammpunktes* gehalten wird.

Verarbeitungs- bzw. Umgebungstemperaturen.

Hinweis: Liegt z. B. die maximale Verarbeitungstemperatur nicht ausreichend tief unter dem *Flammpunkt* der Flüssigkeit, so können explosionsfähige Dampf/Luft-Gemische vorhanden sein.

Art der Verarbeitung einer Flüssigkeit (z. B. Versprühen, Verspritzen und Aufreißen eines Flüssigkeitsstrahles, Verdampfen und Kondensation).

Hinweis: Werden die Flüssigkeiten in Tröpfchen verteilt, z. B. versprüht, ist auch bei Temperaturen unterhalb des *Flammpunktes* mit der Bildung von *explosionsfähiger Atmosphäre* zu rechnen.

Verwendung einer Flüssigkeit bei hohen Drücken (z. B. in Hydrauliksystemen).

Hinweis: Treten Leckagen an der Umschließung brennbarer Flüssigkeiten mit hohen Überdrücken auf, kann die Flüssigkeit abhängig von Leckgröße, Überdruck und Materialstabilität herauspritzen und explosionsfähige Nebel bilden, die in explosionsfähige Dämpfe übergehen können.

Während des Umgangs entstehende oder herrschende maximale (ggf. auch minimale) Konzentrationen der brennbaren Stoffe (nur im Innere von Apparaten/Installationen).

3. Stäube brennbarer Feststoffe:

Vorhandensein oder Entstehen von Staub/Luft-Gemischen bzw. Staubablagerungen.

Beispiele: 1. Mahlen oder Sieben,
2. Fördern, Füllen oder Entleeren,
3. Trocknen.

Während des Umgangs entstehende oder herrschende maximale Konzentrationen der brennbaren Stoffe verglichen mit der unteren Explosionsgrenze.

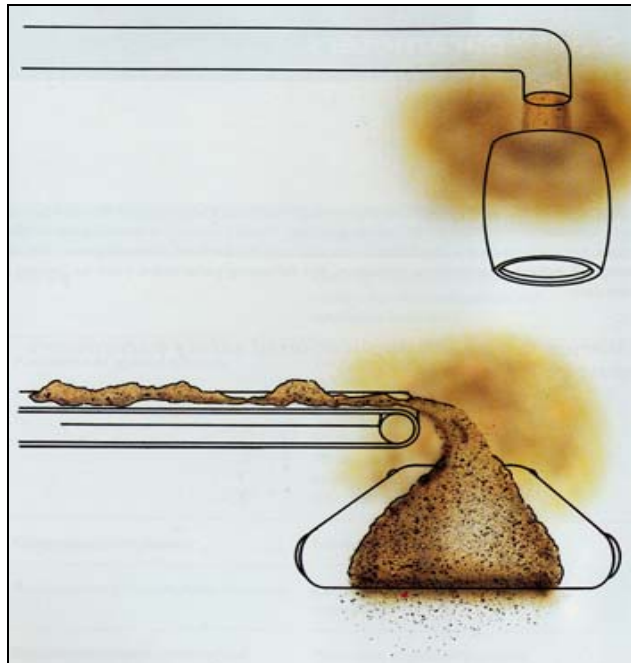


Abb. 2.2: Beispiele für die Entstehung von Staub/Luft-Gemischen bei Füll- und Transportvorgängen⁴.

Untere und obere Explosionsgrenze.

Hinweis: In der Praxis sind die *Explosionsgrenzen* für Stäube nicht im gleichen Maße nutzbar wie für Gase und Dämpfe. Die Staubkonzentration kann durch Aufwirbeln von Ablagerungen oder durch Absetzen von aufgewirbeltem Staub stark verändert werden. Es ist z. B. möglich, dass durch Aufwirbeln von Staub *explosionsfähige Atmosphäre* entsteht.

Korngrößenverteilung (relevant ist der Feinkornanteil kleiner 500 µm), Feuchte, Schwelpunkt.

2.2.3 Wo kann explosionsfähige Atmosphäre auftreten?

Ist die Bildung *explosionsfähiger Atmosphäre* möglich, so ist zu ermitteln wo sie am Arbeitsplatz bzw. in der Anlage auftritt, um das Gefährdungspotenzial eingrenzen zu können. Für diese Ermittlung sind wiederum die Eigenschaften der Stoffe und die anlagen-, prozesstechnisch- und umgebungsspezifischen Gegebenheiten zu beachten:

1. Gase und Dämpfe:

Dichteverhältnis bezogen auf Luft, denn je schwerer die Gase und Dämpfe sind, desto schneller fallen sie nach unten, wobei sie sich fortschreitend mit der zur Verfügung stehenden Luft vermischen und in Gruben, Kanälen und Schächten verbleiben:

- Die Dichte von Gasen, beispielsweise Propan, ist im Allgemeinen größer als die Dichte der Luft. Schwaden tendieren dazu, nach unten zu fallen und sich auszubreiten, und können über weite Strecken „kriechen“ und dort entzündet werden.

⁴

Aus IVSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany

- Manche Gase haben in etwa die gleiche Dichte wie Luft, beispielsweise Acetylen, Cyanwasserstoff, Ethylen, Kohlenmonoxid. Ihre natürliche Neigung zur Abfuhr oder zum Absinken ist gering.
- Einige wenige Gase sind wesentlich leichter als Luft, z. B. Wasserstoff oder Methan. Sie haben die natürliche Neigung, sich mit der Luft zu vermischen, wenn sie nicht eingeschlossen werden.

Bereits geringe Luftbewegungen (natürlicher Zug, Umhergehen von Personen, thermische Konvektion) können die Vermischung mit Luft erheblich beschleunigen.



Abb. 2.3: Ausbreitungsverhalten von verflüssigten Gasen (Beispiel)⁴.

2. Flüssigkeiten und Nebel:

Verdunstungszahl, die bei einer bestimmten Temperatur die sich bildende Menge explosionsfähiger Atmosphäre bestimmt.

Größe der Verdunstungsfläche und Verarbeitungstemperatur, z. B. bei Versprühen oder Verspritzen von Flüssigkeiten.

Überdruck, durch den versprühte Flüssigkeiten in die Umgebung freigesetzt werden und explosionsfähige Nebel bilden.

3. Stäube:

Auftreten von aufgewirbeltem Staub, z. B. in Filtern, bei der Förderung in Behälter, an Übergabestellen oder im Inneren von Trocknern,

Bildung von Staubablagerungen, bevorzugt auf waagerechten oder schwach geneigten Flächen und Aufwirbeln von Stäuben.

Korngröße.

Außerdem sind weitere örtliche und betriebliche Verhältnisse zu berücksichtigen:

⁴ Aus IVSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany

Art des Umganges mit den Stoffen unter gas-, flüssigkeits- oder staubdichtem Einschluss oder in offenen Apparaturen, z. B. Beschickung und Entleerung.

Möglichkeit des Austretens von Stoffen an Ventilen, Schiebern, Rohrleitungsverbindungen usw.

Be- und Entlüftungsverhältnisse und sonstige räumliche Verhältnisse.

Mit dem Vorhandensein von brennbaren Stoffen oder Gemischen ist insbesondere in Bereichen zu rechnen, die von der Lüftung nicht erfasst sind, z. B. unbelüftete tief liegende Bereiche, wie Gruben, Kanäle und Schächte.

2.2.4 Ist die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre möglich?

Kann *explosionsfähige Atmosphäre* in bestimmten Bereichen in solchen Mengen auftreten, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der betroffenen Arbeitnehmer erforderlich werden, so wird die explosionsfähige Atmosphäre als *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* bezeichnet und die Bereiche werden als *explosionsgefährdete Bereiche* eingestuft.

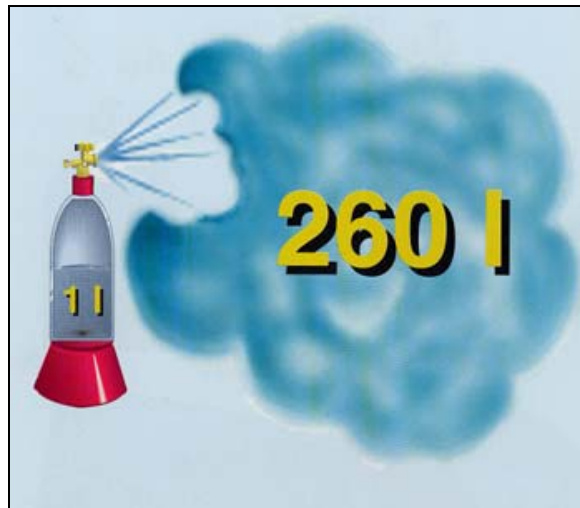


Abb. 2.4: Bereits kleine Mengen brennbarer Flüssigkeiten können bei ihrer Verdampfung zu großen Mengen brennbarer Dämpfe führen (Beispiel verflüssigtes Propan). Hinweis: 1 Liter Flüssigpropan ergibt, wenn im gasförmigen Zustand mit Luft bis zur unteren Explosionsgrenze verdünnt, 13 000 Liter explosionsfähige Atmosphäre.⁴

Ob es sich also bei einer zuvor festgestellten *explosionsfähigen Atmosphäre* um eine *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* handelt, hängt von dem Volumen der *explosionsfähigen Atmosphäre* in Verbindung mit der schädigenden Wirkung im Falle einer Entzündung ab. In der Regel kann aber zunächst davon ausgegangen werden, dass mit einer Explosion ein hohes Schadensausmaß verbunden ist und eine *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* vorliegt.

Ausnahmen von dieser Regel sind beim Umgang mit sehr kleinen Mengen möglich, z. B. in Laboratorien. Hier ist nach den örtlichen und betrieblichen Verhältnissen zu beurteilen, ob die zu erwartenden Mengen *explosionsfähiger Atmosphäre* gefahrdrohend sind.

⁴ Aus IVSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany

- Beispiele:**
1. Mehr als 10 Liter *explosionsfähiger Atmosphäre* als zusammenhängende Menge müssen in geschlossenen Räumen unabhängig von der Raumgröße immer als *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* angesehen werden.
 2. Eine grobe Abschätzung ist mit Hilfe der Faustregel möglich, dass in solchen Räumen *explosionsfähige Atmosphäre* von mehr als einem Zehntausendstel des Raumvolumens als gefahrdrohend gelten muss, also z. B. in einem Raum von 80 m³ bereits 8 Liter. Hieraus darf aber nicht gefolgert werden, dass dann der gesamte Raum als *explosionsgefährdeter Bereich* gilt, sondern nur der Teilbereich, in dem *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* auftreten kann.
 3. Bei den meisten brennbaren Stäuben reicht bereits eine gleichmäßig über die gesamte Bodenfläche verteilte Staubablagerung von weniger als 1 mm Schichtdicke aus, um beim Aufwirbeln einen Raum normaler Höhe mit explosionsfähigem Staub/Luft-Gemisch vollständig auszufüllen.
 4. Befindet sich *explosionsfähige Atmosphäre* in Gefäßen, die dem möglicherweise auftretenden *Explosionsdruck* nicht standhalten, so sind wegen der Gefährdung, beispielsweise durch Splitter beim Bersten, weitaus geringere Mengen als die oben angegebenen als gefahrdrohend anzusehen. Eine untere Grenze kann hierfür nicht angegeben werden.

Darüber hinaus ist bei einer spezifischen Beurteilung der Bildung von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* auch die Auswirkung durch eine Zerstörung benachbarter Anlagenteile in der Umgebung zu beachten.

Hinweis: Durch eine Explosion können auch in der Umgebung Schäden hervorgerufen werden, durch die wiederum brennbare oder andere gefährliche Stoffe freigesetzt und gegebenenfalls entzündet werden.

2.2.5 Ist die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zuverlässig verhindert?

Ist die Bildung einer *gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre* möglich, so sind Explosionsschutzmaßnahmen notwendig. Dabei sollte zunächst versucht werden, das Auftreten *explosionsfähiger Atmosphäre* zu vermeiden. Hierzu sind die möglichen Explosionsschutzmaßnahmen in Kapitel 3.1 in Verbindung mit organisatorischen Maßnahmen nach Kapitel 4 beschrieben.

Die getroffenen Explosionsschutzmaßnahmen sind hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu prüfen. Dazu sind alle unterschiedlichen Betriebszustände und alle Störungen (auch seltene) zu berücksichtigen. Nur wenn das Auftreten von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* sicher verhindert ist, kann auf weitere Maßnahmen verzichtet werden.

2.2.6 Ist die Entzündung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zuverlässig verhindert?

Kann die Bildung *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* nicht vollständig ausgeschlossen werden, sind Maßnahmen zur Vermeidung wirksamer Zündquellen erforderlich. Je wahrscheinlicher demnach das Auftreten *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* ist, desto sicherer muss das Vorhandensein von wirksamen Zündquellen vermieden werden. Die möglichen Explosionsschutzmaßnahmen sind in Kapitel 3.2 in Verbindung mit organisatorischen Maßnahmen nach Kapitel 4 beschrieben.

Falls das gleichzeitige Auftreten von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* und wirksamen Zündquellen nicht in hohem Grad unwahrscheinlich ist, dann sind auch konstruktive Schutzmaßnahmen nach Kapitel 3.3 in Verbindung mit organisatorischen Maßnahmen nach Kapitel 4 erforderlich. Andernfalls sind angemessene Schutzmaßnahmen zu treffen.

3. Technische Maßnahmen des Explosionsschutzes

Unter Explosionsschutzmaßnahmen werden alle Maßnahmen verstanden, die

die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern,

die Zündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre vermeiden oder

die Auswirkungen von Explosionen soweit reduzieren, dass Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer gewährleistet sind.

3.1 Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

Gemäß Artikel 3 „Verhinderung und Schutz gegen Explosionen“ der Richtlinie 1999/92/EG sind Maßnahmen zur Verhinderung der Bildung *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* vorrangig zu betreiben.

3.1.1 Ersatz der brennbaren Stoffe

Die Bildung *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* kann durch das Vermeiden oder Verringern brennbarer Stoffe verhindert werden. Ein Beispiel für das Vermeiden brennbarer Stoffe ist z. B. der Ersatz brennbarer Löse- und Reinigungsmittel durch wässrige Lösungen. Bei Stäuben kann in einigen Fällen auch die *Korngröße* der eingesetzten Stoffe vergrößert werden, so dass die Bildung von *explosionsfähigen Gemischen* nicht möglich ist. Dabei ist darauf zu achten, dass es bei der weiteren Verarbeitung nicht zu einer Verkleinerung der *Korngröße*, z. B. durch Abrieb, kommt. Eine weitere Möglichkeit ist die Befeuchtung des Staubes oder der Einsatz von pastösen Produkten, so dass eine Aufwirbelung nicht mehr möglich ist.

3.1.2 Konzentrationsbegrenzung

Gase und Stäube sind nur innerhalb gewisser Konzentrationsgrenzen im Gemisch mit Luft explosionsfähig. Unter bestimmten Betriebs- und Umgebungsbedingungen ist es möglich, außerhalb dieser *Explosionsgrenzen* zu bleiben. Bei gesicherter Einhaltung dieser Bedingungen besteht dann keine Explosionsgefahr.

In geschlossenen Behältern und Anlagen lässt sich die Konzentration von Gasen und Dämpfen brennbarer Flüssigkeiten in der Regel relativ einfach außerhalb der *Explosionsgrenzen* halten.

Beispiel: Die *untere Explosionsgrenze* im Dampfraum über brennbaren Flüssigkeiten wird sicher unterschritten, wenn die Temperatur an der Flüssigkeitsoberfläche stets genügend weit (i.d.R. ist bei reinen Lösemitteln eine Temperaturdifferenz von 5 °C und bei Lösemittelgemischen eine Temperaturdifferenz von 15 °C ausreichend sicher) unterhalb des *Flammpunktes* gehalten wird. Bei brennbaren Flüssigkeiten mit einem niedrigen *Flammpunkt* wird die *obere Explosionsgrenze* meist überschritten (z. B. Benzintank beim Auto).

Bei Stäuben ist die Vermeidung *explosionsfähiger Gemische* durch Begrenzung der Konzentration schwerer zu erreichen. Liegt die Staubkonzentration in Luft unter der *unteren Explosionsgrenze*, so bilden sich bei nicht ausreichender Luftbewegung durch Herabsinken der Staubpartikel Staubablagerungen. Diese können aufgewirbelt werden und dadurch *explosionsfähige Gemische* erzeugen.

Hinweis: In Filtern werden Staubpartikel abgeschieden und bilden dort Staubansammlungen, die ein beträchtliches Brand- und Explosionspotenzial haben können.

3.1.3 Inertisieren

Eine *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* kann auch durch eine Verdünnung des Luftsauerstoffes im Inneren von Anlagen oder des Brennstoffes mit chemisch nicht reaktiven Stoffen (Inertstoffe) vermieden werden. Diese Schutzmaßnahme wird als Inertisierung bezeichnet.

Für die Auslegung dieser Schutzmaßnahme muss die maximale Sauerstoffkonzentration (die *Sauerstoffgrenzkonzentration*) bekannt sein, bei der noch keine *Explosion* erfolgt. Die Sauerstoffgrenzkonzentration wird experimentell bestimmt. Die höchstzulässige *Sauerstoffkonzentration* ergibt sich aus der Sauerstoffgrenzkonzentration abzüglich einer sicheren Konzentrationsdifferenz. Wird der Brennstoff durch einen Inertstoff verdünnt, so ist die höchstzulässige Brennstoffkonzentration analog zu bestimmen. Könnte die Sauerstoffkonzentration stark schwanken oder könnte sie in verschiedenen Anlagenteilen sehr unterschiedlich sein, dann ist eine breite Sicherheitsmarge erforderlich. Die Möglichkeit von Bedienungsfehlern und Fehlzuständen sollte in die Überlegungen einbezogen werden. Auch die Zeitspanne für das Wirksamwerden ausgelöster Schutzmaßnahmen bzw. Notfunktionen ist zu berücksichtigen.

Beispiel: Als gasförmige Inertstoffe werden in der Regel Stickstoff, Kohlendioxid, Edelgase, Verbrennungsabgase und Wasserdampf verwendet. Staubbörmige Inertstoffe sind z. B. Calciumsulfat, Ammoniumphosphat, Natriumhydrogencarbonat, Steinmehl u.v.a. Wichtig für die Auswahl des Inertstoffes ist es, dass dieser nicht mit dem Brennstoff reagiert (so kann beispielsweise Aluminium mit Kohlendioxid reagieren).

Hinweis: Staubablagerungen können auch noch bei geringen Sauerstoff- bzw. Brennstoffkonzentrationen Glimm- oder Schmelbrände bilden. Diese Konzentrationen können weit unter denen liegen, die zum sicheren Vermeiden von Explosionen ausreichen. So kann z. B. ein Gemisch aus 95 Gew.-% Kalkstein und 5 Gew.-% Kohle noch stark exotherm reagieren.

Die Inertisierung mit Gasen kann i.d.R. nur in geschlossenen Anlagen angewendet werden, in denen nur ein relativ geringer Gasvolumenaustausch pro Zeiteinheit möglich ist. Tritt Inertgas aus betriebsmäßig vorhandenen oder fehlerbedingten Öffnungen in der Anlage aus, so kann dies zu einer Gefährdung der Arbeitnehmer durch Sauerstoffverdrängung führen (Erstickungsgefahr). Werden Verbrennungsabgase als Inertgas eingesetzt, so kann es bei einem Austritt aus der Anlage zur Vergiftung der Arbeitnehmer kommen. Betriebsmäßig vorhandene Öffnungen können z. B. Handaufgaben sein. Werden diese geöffnet so ist der Austritt von Inertgas aus der Anlage und der Eintritt von Luftsauerstoff in die Anlage zu beachten.

3.1.4 Verhindern oder Einschränken der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Anlagen

Die Bildung gefährlicher *explosionsfähiger Atmosphäre* außerhalb von Anlagen sollte möglichst verhindert werden. Dies lässt sich durch geschlossene Anlagen erreichen. Die Teile der Anlage sind entsprechend dicht auszuführen. Diese Anlagen sind so zu konzipieren, dass unter den zu erwartenden Betriebsbedingungen keine nennenswerten Leckagen auftreten. Dies ist unter anderem durch regelmäßige Wartung sicherzustellen.

Lässt sich der Austritt von brennbaren Stoffen nicht verhindern, so kann die Bildung *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* oft durch entsprechende Lüftungsmaßnahmen verhindert werden. Zur Beurteilung der Wirksamkeit der Lüftungsmaßnahmen sind folgende Dinge zu berücksichtigen:

Bei Gasen, Dämpfen und Nebeln ist die Abschätzung der maximalen Menge (Quellstärke) evtl. austretender Gase, Dämpfe und Nebel die Kenntnis der Lage der Quelle sowie der Ausbreitungsbedingungen Voraussetzung zur Dimensionierung einer Lüftung.

Bei Stäuben bieten Lüftungsmaßnahmen im Allgemeinen nur dann einen ausreichenden Schutz, wenn der Staub an der Entstehungsstelle abgesaugt und zusätzlich gefährliche Staubablagerungen sicher verhindert werden.

Im günstigsten Fall kann eine entsprechend starke Lüftung das Verhindern *explosionsgefährdeter Bereiche* bewirken. Die genannten einschränkenden Verhältnisse können jedoch auch dazu führen, dass lediglich eine Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* oder eine Verringerung der Abmessungen der explosionsgefährdeten Bereiche (Zonen) erreicht wird.

Stichprobenhafte Überprüfungen der sich bei ungünstigen Betriebsverhältnissen einstellenden örtlichen und zeitabhängigen Konzentrationen werden empfohlen.

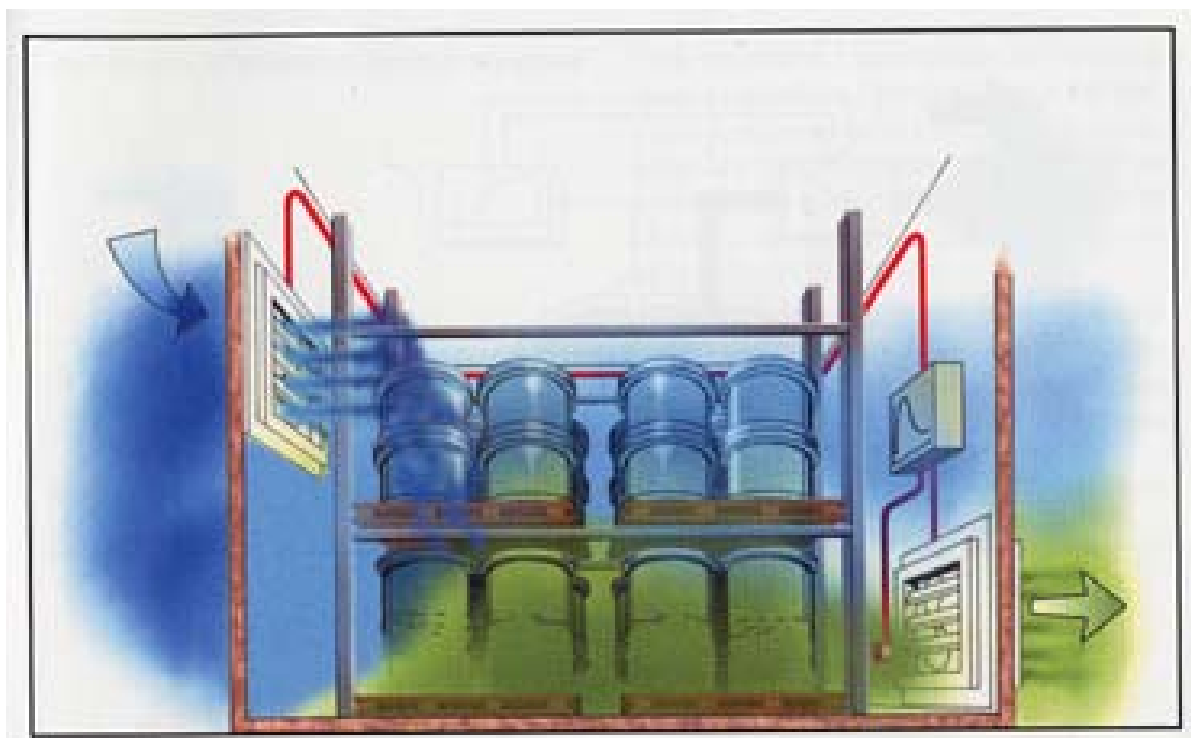


Abb. 3.1: Beispiel für die richtige Anordnung von Lüftungsöffnungen für Gase und Dämpfe, die schwerer sind als Luft⁴.

3.1.4.1 Beseitigung von Staubablagerungen

Gefährliche Staubablagerungen lassen sich durch regelmäßige Reinigungsmaßnahmen in Arbeits- und Betriebsräumen vermeiden. Hierzu haben sich Reinigungspläne bewährt, in denen Art, Umfang und Häufigkeit von Reinigungsmaßnahmen und die jeweiligen Verantwortlichkeiten verbindlich geregelt werden. Die Festlegungen können dabei den individuellen Verhältnissen des Einzelfalls angepasst werden. Dabei sollten insbesondere auch schlecht einsehbare (z. B. höher gelegene) oder schwer zugängliche Oberflächen beachtet werden, auf denen sich im Laufe längerer Zeiträume erhebliche Staubmengen ablagern können. Bei größerer Staubbefreiung infolge von Betriebsstörungen (z. B.

⁴ Aus IVSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany

Beschädigen oder Platzen von Gebinden, Leckagen) sollten zusätzliche Maßnahmen zum möglichst unverzüglichen Beseitigen der Staubablagerungen getroffen werden.

Zur Beseitigung von Staubablagerungen haben sich Nassreinigungsverfahren und saugende Verfahren (Einsatz geeigneter zentraler Anlagen oder fahrbarer, zündquellenfreier Industriestaubsauger) sicherheitstechnisch als vorteilhaft erwiesen. Reinigungsverfahren bei denen der Staub aufgewirbelt wird, sollten vermieden werden (siehe Abbildung 3.2). Beim Einsatz von Nassreinigungsverfahren ist zu bedenken, dass es zusätzliche Entsorgungsprobleme geben kann. Werden Leichtmetallstäube in Nassreinigern abgeschieden, so ist die mögliche Entwicklung von Wasserstoff zu berücksichtigen. Ein Abblasen von abgelagertem Staub sollte vermieden werden.



Abb. 3.2: Beseitigung von Staubablagerungen⁴.

Die Reinigungsmaßnahmen können im Rahmen von Betriebsanweisungen zum Umgang mit brennbaren Feststoffen geregelt werden.

Hinweis: Zum Aufsaugen von brennbaren Stäuben dürfen ausschließlich Staubsauger in zündquellenfreier Bauweise verwendet werden.

3.1.5 Einsatz von Gaswarngeräten

Die Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagen kann z. B. durch den Einsatz von Gaswarngeräten erfolgen. Wesentliche Voraussetzungen für den Einsatz von Gaswarngeräten sind:

- **genügende Kenntnis über die zu erwartenden Stoffe, die Lage ihrer Quellen, ihre maximalen Quellstärken und die Ausbreitungsbedingungen,**
- **eine den Einsatzbedingungen angemessene Funktionsfähigkeit der Geräte, insbesondere bezüglich Ansprechzeit, Ansprechwert und Querempfindlichkeit,**
- **Vermeiden von gefährlichen Zuständen bei Ausfall einzelner Funktionen der Gaswarnanlagen (Zuverlässigkeit),**
- **Möglichkeit, die zu erwartenden Gemische durch geeignete Wahl von Anzahl und Ort der Messstellen ausreichend schnell und sicher zu erfassen,**
- **Kenntnis des Bereiches, der bis zum Wirksamwerden der durch das Gerät auszulösenden Schutzmaßnahmen explosionsgefährdet wird. In diesem Nahbereich (abhängig von den vorgenannten Punkten) ist das Vermeiden von Zündquellen erforderlich,**

⁴ Aus IVSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany

ausreichend sicheres Verhindern des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre außerhalb des Nahbereiches durch die auszulösenden Schutzmaßnahmen und Vermeiden anderweitiger Gefahren durch Fehlauflösung.

Die Gaswarngeräte müssen für den Einsatz in *explosionsgefährdeten Bereichen* auf der Grundlage der Europäischen Richtlinie 94/9/EG hinsichtlich ihrer Sicherheit als elektrisches Gerät zulässig und entsprechend gekennzeichnet sein.

Hinweis: Gaswarngeräte müssen für den Einsatz als Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen zur Vermeidung von Zündquellen (z. B. Abschaltung eines nicht explosionsgeschützten Gerätes beim Auftreten von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre*) einzeln oder als Baumuster für den vorgesehenen Einsatzzweck geprüft/geeicht sein. Dabei sind die Anforderungen der Europäischen Richtlinie 94/9/EG zu erfüllen (siehe auch Kapitel 3.4 PLT-Einrichtungen).

3.2 Vermeiden von Zündquellen

Lässt sich die Bildung einer *gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre* nicht verhindern, so ist die Entzündung dieser *gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre* zu vermeiden. Dies kann durch Schutzmaßnahmen erreicht werden, die das Auftreten von *Zündquellen* vermeiden oder die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens verringern. Zur Festlegung wirksamer Schutzmaßnahmen müssen die verschiedenen Arten von Zündquellen und deren Wirkungsweise bekannt sein. Die Wahrscheinlichkeit des zeitlichen und räumlichen Zusammentreffens von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* mit einer *Zündquelle* wird abgeschätzt und daraus der Umfang der Schutzmaßnahmen abgeleitet. Basis hierfür ist das nachfolgend beschriebene Zonenmodell, aus dem sich bestimmte Schutzmaßnahmen ableiten.

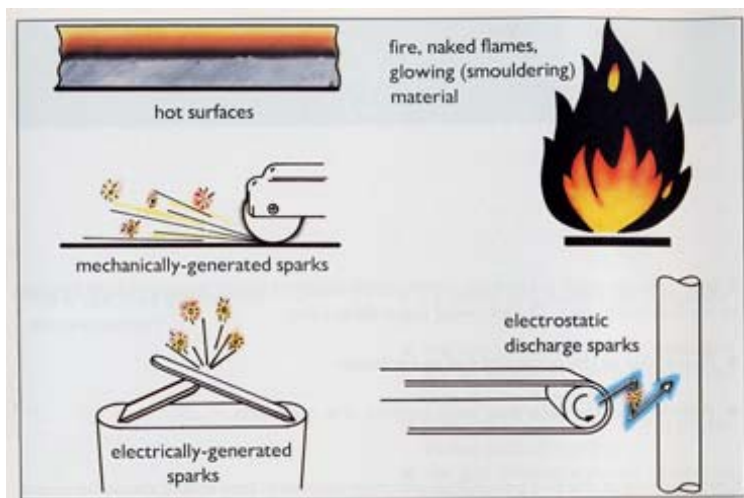


Abb. 3.3: Beispiele für die häufigsten potentiellen Zündquellen⁴.

3.2.1 Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche

Ein *explosionsgefährdeter Bereich* ist ein Bereich, in dem *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* in solchen Mengen auftreten kann, dass Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer vor Explosionsgefährdungen erforderlich werden. Eine solche Menge wird als *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* bezeichnet. Als Grundlage für die Beurteilung des Umfangs der Schutzmaßnahmen sind *verbleibende explosionsgefährdete Bereiche* nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* in Zonen zu unterteilen.

⁴

Aus IVSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany

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.

Beispiel: In der Regel treten die Bedingungen der Zone 0 nur im Inneren von Behältern oder von Anlagen (Verdampfer, Reaktionsgefäße usw.) auf, unter Umständen aber auch in der Nähe von Entlüftungs- und anderen Öffnungen.

Zone 1: Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine *explosionsfähige Atmosphäre* als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

Beispiel: Hierzu können u. a. gehören:

- die nähere Umgebung der Zone 0,
- die nähere Umgebung von Beschickungsöffnungen,
- der nähere Bereich um leicht zerbrechliche Apparaturen oder Leitungen aus Glas, Keramik u. dgl., außer wenn der Inhalt zu geringfügig ist, um eine **gefährliche** explosionsfähige Atmosphäre zu bilden;
- der nähere Bereich um nicht ausreichend dichtende Stopfbuchsen, z. B. an Pumpen und Schiebern,
- das Innere von Anlagen wie Verdampfer oder Reaktionsgefäße.

Zone 2: Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine *explosionsfähige Atmosphäre* als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht und aber nur kurzzeitig auftritt.

Beispiel: Zur Zone 2 können u. a. gehören:

- Bereiche, welche die Zonen 0 oder 1 umgeben..

Hinweis: Bereiche in der Umgebung von Rohrleitungen, in denen brennbare Stoffe nur in dauerhaft *technisch dichten* Rohrleitungen gefördert werden, sind keine *explosionsgefährdeten Bereiche*.

Zone 20: Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Beispiel: Diese Bedingungen sind sie im Allgemeinen nur im Inneren von Behältern, Rohrleitungen, Apparaturen usw. anzutreffen. Hierzu gehört in der Regel nur das Innere von Anlagen (Mühlen, Trockner, Mischer, Förderleitungen, Silos usw.), wenn sich ständig, langfristig oder häufig staubexplosionsfähige Gemische in gefahrdrohender Menge bilden können.

Zone 21: Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine *explosionsfähige Atmosphäre* in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub bilden kann.

Beispiel: Hierzu können u.a. Bereiche in der unmittelbaren Umgebung von z. B. Staubentnahme- oder Füllstationen gehören und Bereiche, wo Staubablagerungen auftreten und die gelegentlich beim Normalbetrieb eine explosionsfähige Konzentration von brennbarem Staub im Gemisch mit Luft bilden.

Zone 22: Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb eine *explosionsfähige Atmosphäre* in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub normalerweise nicht und aber nur kurzzeitig auftritt.

Beispiel: Hierzu können u.a. gehören:

- Bereiche in der Umgebung Staub enthaltender Anlagen, wenn Staub aus Undichtheiten austreten kann und sich Staubablagerungen in gefahrdrohender Menge bilden.

Anmerkungen:

Schichten, Ablagerungen und Anhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer *gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre* führen kann, zu berücksichtigen.

Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden.

Hinweis: Abgelagerter brennbarer Staub beinhaltet ein erhebliches Explosionspotenzial. Staubablagerungen können sich auf allen Ablagerungsflächen in einem Betriebsraum ansammeln. Infolge einer Primärexplosion kann abgelagerter Staub aufgewirbelt werden und kettenreaktionsartig zu einer Vielzahl von Folgeexplosionen mit verheerenden Wirkungen führen.

3.2.1.1 Beispiel für eine Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche hervorgerufen durch brennbare Gase

In Abbildung 3.4 ist ein Tank für brennbare Flüssigkeiten dargestellt. Der Tank ist im Freien aufgestellt, wird regelmäßig befüllt bzw. entleert und ist mit einer Druckausgleichsöffnung mit der umgebenen Atmosphäre verbunden. Der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit liegt im Bereich der Jahresdurchschnittstemperatur und die Dichte der entstehenden Dämpfe ist größer als die der Luft. Im Tankinneren ist daher mit langzeitigen auftreten von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* zu rechnen. Das Tankinnere wird daher der Zone 0 zugeordnet.

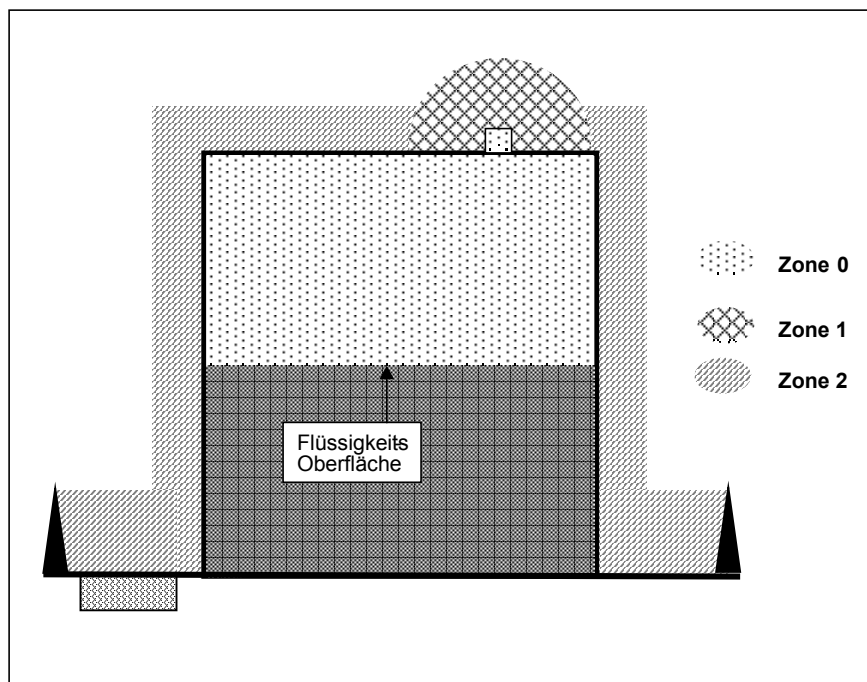


Abb. 3.4: Beispiel für die Zoneneinteilung bei einem Tank für brennbare Flüssigkeiten

Aus der Druckausgleichsöffnung können gelegentlich Dämpfe austreten und *explosionsfähige Gemische bilden*. Der Bereich um die Öffnung wird daher der Zone 1 zugeordnet. Unter seltenen ungünstigen Witterungsbedingungen können die Dämpfe außen an der Tankwand hinabfließen und *gefährliche explosionsfähige Atmosphären* bilden. Ein Bereich um den Tank wird daher der Zone 2 zugeordnet.

Die Größe der Zonen außerhalb des Tanks richtet sich nach der zu erwartenden Menge der freigesetzten Dämpfe. Diese ist abhängig von den Eigenschaften der Flüssigkeit, der Größe der Öffnung und der Häufigkeit des Befüllens/Entleerens, sowie der durchschnittlichen Änderung des

Pegelstandes. Weiterhin ist die Größe der *explosionsgefährdeten Bereiche* im wesentlichen abhängig von der Verfügbarkeit der natürlichen Lüftung.

3.2.1.2 Beispiel für eine Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche hervorgerufen durch brennbare Stäube

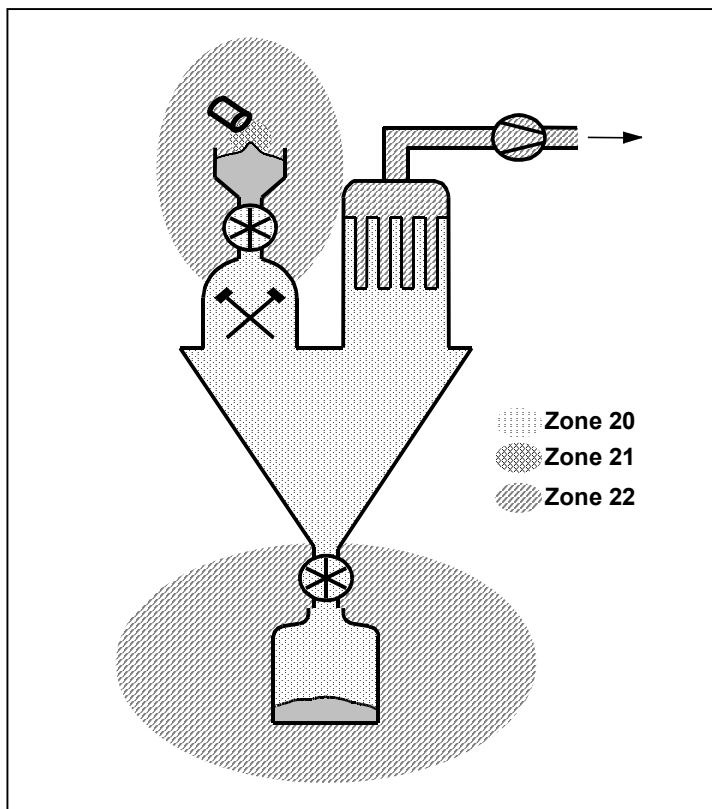


Abb. 3.5: Beispiel für eine Zoneneinteilung für brennbare Stäube

In Abbildung 3.5 ist eine Mühle mit Vorlagebehälter (Handaufgabe), Produktaustrag und Filter dargestellt. Ein staubförmiges, brennbares Produkt wird von Hand aus einem Fass in den Vorlagebehälter gegeben.

Dabei kann sich während des Aufgabevorgangs im Austragsbereich des Fasses gelegentlich ein *explosionsfähiges Gemisch* aus Staub und Luft bilden. Dieser Bereich wird der Zone 21 zugeordnet. In einem Bereich um den Vorlagebehälter sind Staubablagerungen vorhanden. Diese können für den seltenen und kurzzeitigen Fall einer Aufwirbelung eine *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* bilden. Dieser Bereich wird der Zone 22 zugeordnet.

In der Mühle liegt der Staub betriebsmäßig in Form einer Staubwolke vor. Durch das Abreinigen der Filterschläuche wird ebenfalls in regelmäßigen Abständen eine Staubwolke erzeugt. Das Innere der Mühle und des Filters werden daher der Zone 20 zugeordnet. Das gemahlene Produkt wird kontinuierlich ausgetragen. Dadurch bildet sich auch im Austragsbehälter betriebsmäßig eine Staubwolke aus einem explosionsfähigen Gemisch. Der Austragsbehälter wird daher der Zone 20 zugeordnet. Durch Undichtigkeiten sind im Austragsbereich Staubablagerungen vorhanden. Dieser Bereich wird der Zone 22 zugeordnet. Die Größe der Zonen 21 und 22 richtet sich nach der Staubungsneigung des verwendeten Produktes. Umfang der Schutzmaßnahmen

3.2.2 Umfang der Schutzmaßnahmen

Der Umfang der Schutzmaßnahmen richtet sich nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* (Zoneneinteilung). Bei der Festlegung des Umfanges der Schutzmaßnahmen sind daher in der Regel die Angaben in Tabelle 3.1 zu berücksichtigen.

Tab. 3.1: Umfang der Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Zoneneinteilung

Zoneneinteilung	Zündquellen ^{*)} müssen sicher vermieden werden bei:
0 oder 20	• störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb) • vorhersehbaren Störungen und • bei selten auftretenden Betriebsstörungen
1 oder 21	• störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb) und • vorhersehbaren Störungen
2 oder 22	• störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb)

^{*)} In den Zonen 20, 21 und 22 ist zusätzlich die Möglichkeit der Entzündung von abgelagertem Staub zu berücksichtigen.

Die Tabelle gilt für alle Arten von *Zündquellen*.

3.2.3 Zündquellenarten

Nach der EN 1127-1 werden dreizehn Zündquellenarten unterschieden:

Heiße Oberflächen

Flammen und heiße Gase

Mechanisch erzeugte Funken

Elektrische Anlagen

Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz

Statische Elektrizität

Blitzschlag

Elektromagnetische Felder im Bereich der Frequenzen von 9 kHz bis 300 GHz

Elektromagnetische Strahlung im Bereich der Frequenzen von 300 GHz bis 3×10^6 GHz bzw. Wellenlängen von 1000 μm bis 0,1 μm (optischer Spektralbereich)

Ionisierende Strahlung

Ultraschall

Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase

Chemische Reaktionen

Nachfolgend wird nur auf die in der betrieblichen Praxis besonders relevanten Zündquellenarten eingegangen. Weitere, detaillierte Informationen zu den einzelnen Zündquellenarten und über ihre Bewertung können der EN 1127-1 entnommen werden.

3.2.3.1 Heiße Oberflächen

Explosionsfähige Atmosphäre kann durch Kontakt mit heißen Oberflächen entzündet werden, wenn die Temperatur einer Oberfläche die Zündtemperatur der explosionsfähigen Atmosphäre erreicht.

Beispiel: Betriebsmäßig heiße Oberflächen sind beispielsweise Heizungen, bestimmte elektrische Betriebsmittel, heiße Rohrleitungen etc. Störungsbedingt auftretende heiße Oberflächen sind z. B. heißlaufende Teile aufgrund unzureichender Schmierung.

Können heiße Oberflächen mit *explosionsfähiger Atmosphäre* in Berührung kommen, so sollte ein bestimmter Sicherheitsabstand zwischen der maximal auftretenden Oberflächentemperatur und der Zündtemperatur der explosionsfähigen Atmosphäre gewährleistet werden. Dieser einzuhaltende Sicherheitsabstand ist abhängig von der Zoneneinteilung und wird nach EN 1127-1 festgelegt.

Hinweis: Staubablagerungen haben eine isolierende Wirkung und behindern deshalb die Wärmeabfuhr an die Umgebung. Je dicker die Staubschicht, desto geringer die Wärmeabfuhr. Dies kann zu einem Wärmestau führen und damit eine weitere Temperaturerhöhung zur Folge haben. Dieser Vorgang kann bis zur Entzündung der Staubschicht führen. Betriebsmittel, die gemäß der Richtlinie 94/9/EG sicher in einer explosionsfähigen Gas/Luft-Atmosphäre betrieben werden können, sind daher nicht notwendigerweise auch für einen Betrieb in einer explosionsfähigen Staub/Luft-Atmosphäre geeignet.

3.2.3.2 Flammen und heiße Gase

Sowohl Flammen selbst als auch die glimmenden Feststoffpartikel können *explosionsfähige Atmosphäre* entzünden. Flammen, auch sehr kleiner Abmessungen, zählen zu den wirksamsten Zündquellen und sind daher in explosionsgefährdeten Bereichen der Zonen 0 und 20 generell auszuschließen. In den Zonen 1, 2, 21 und 22 sollten Flammen nur dann auftreten, wenn diese sicher eingeschlossen sind (siehe EN 1127-1). Offene Flammen durch Schweißen oder Rauchen sind durch organisatorische Maßnahmen zu verhindern.

3.2.3.3 Mechanisch erzeugte Funken

Durch Reib-, Schlag- und Abtragsvorgänge, z. B. Schleifen, können Funken entstehen. Diese Funken können brennbare Gase und Dämpfe sowie bestimmte Nebel/Luft- oder Staub/Luft-Gemische (insbesondere Metallstaub/Luft-Gemische) entzünden. In abgelagertem Staub können darüber hinaus durch Funken Glimmnester entstehen, die dann zur Zündquelle für *explosionsfähige Atmosphäre* werden können.

Das Eindringen von Fremdmaterialien, z. B. von Steinen oder Metallstücken, in Geräte oder Anlagenteile muss als Ursache von Funken berücksichtigt werden.

Hinweis: Reib-, Schlag- und Abtragsvorgänge, bei denen Rost und Leichtmetalle (z. B. Aluminium und Magnesium) und ihre Legierungen beteiligt sind, können eine aluminothermische Reaktion (Thermitreaktion) auslösen, bei der besonders zündfähige Funken entstehen können.

Die Entstehung zündfähiger Reib- und Schlagfunken lässt sich durch Wahl günstiger Materialkombinationen einschränken (z. B. bei Ventilatoren). Bei Betriebsmitteln mit betriebsmäßig bewegten Teilen ist an den möglichen Reib-, Schlag- oder Schleifstellen die Materialkombination Leichtmetall und Stahl (ausgenommen nicht rostender Stahl) grundsätzlich zu vermeiden.

3.2.3.4 Chemische Reaktion

Durch chemische Reaktionen mit Wärmeentwicklung (exotherme Reaktionen) können sich Stoffe erhitzen und dadurch zur Zündquelle werden. Diese Selbsterhitzung ist dann möglich, wenn die Wärmeproduktionsgeschwindigkeit größer ist als die Wärmeverlustrate zur Umgebung. Durch Behinderung der Wärmeableitung oder durch erhöhte Umgebungstemperatur (z. B. bei der Lagerung) kann die Reaktionsgeschwindigkeit derart zunehmen, dass die zur Entzündung notwendigen Voraussetzungen erreicht werden. Entscheidend sind neben anderen Parametern das Volumen/Oberflächen-Verhältnis des Reaktionssystems, die Umgebungstemperatur sowie die Verweilzeit. Die entstehenden hohen Temperaturen können sowohl zur Entstehung von Glimmnestern

und/oder Bränden führen als auch zur Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre. Möglicherweise bei der Reaktion entstehende brennbare Stoffe (z. B. Gase oder Dämpfe) können selbst wieder mit der Umgebungsluft explosionsfähige Atmosphäre bilden und so die Gefährlichkeit solcher Systeme beträchtlich erhöhen.

Daher sind in allen Zonen Stoffe, die zur Selbstentzündung neigen, möglichst zu vermeiden. Wenn mit solchen Stoffen umgegangen wird, sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen auf den Einzelfall abzustimmen.

Hinweis: Geeignete Schutzmaßnahmen können sein:

1. Inertisieren,
2. Stabilisierung,
3. Verbesserung der Wärmeableitung, z. B. durch Aufteilung der Stoffmengen in kleinere Einheiten oder Lagerungstechniken mit Zwischenräumen,
4. Regelung der Anlagentemperatur,
5. Lagerung bei abgesenkten Umgebungstemperaturen,
6. Begrenzung der Verweilzeiten auf Zeiten, die kleiner sind als die Induktionszeit zur Auslösung von Staubbränden

3.2.3.5 Elektrische Anlagen

Bei elektrischen Anlagen können - selbst bei geringen Spannungen - elektrische Funken (z. B. beim Öffnen und Schließen elektrischer Stromkreise und bei Ausgleichsströmen und heiße Oberflächen als Zündquellen auftreten.

Aus diesem Grunde dürfen nur elektrische Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, die den Anforderungen des Anhangs II der Richtlinie 1999/92/EG entsprechen. Neue Geräte müssen in allen Zonen auf der Grundlage der in der Richtlinie 94/9/EWG aufgeführten Kategorien ausgewählt werden. In Übereinstimmung mit dem Explosionsschutzdokument müssen die Arbeitsmittel einschließlich der Warneinrichtungen sicher gestaltet sein und sicher betrieben und gewartet werden.

3.2.3.6 Statische Elektrizität

Als Folge von Trennvorgängen, an denen mindestens ein Stoff mit einem spezifischen elektrischen Widerstand von mehr als $10^9 \Omega\text{m}$ oder Gegenstände mit einem Oberflächenwiderstand von mehr als $10^9 \Omega$ beteiligt sind, können unter bestimmten Bedingungen zündfähige Entladungen statischer Elektrizität auftreten. In Abbildung 3.1 sind verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, wie es zu elektrostatischen Aufladungen durch Ladungstrennung kommen kann. Die folgenden Entladungsformen können unter den üblichen betrieblichen Bedingungen auftreten:

Funkenentladungen:

Funkenentladungen können durch Aufladung von nicht geerdeten, leitfähigen Teilen entstehen.

Büschelentladungen:

Büschelentladungen können an aufgeladenen Teilen aus nichtleitfähigen Stoffen, zu ihnen gehören die meisten Kunststoffe, entstehen.

Gleitstielbüschelentladungen:

Sogenannte Gleitstielbüschelentladungen können bei schnell ablaufenden Trennvorgängen, zum Beispiel Abrollen von Folien über Walzen, bei pneumatischen Fördervorgängen in metallischen Rohren oder Behältern, die isolierend ausgekleidet sind, oder an Treibriemen auftreten.

Schüttkegelentladungen:

Schüttkegelentladungen können beispielsweise bei der pneumatischen Befüllung von Silos auftreten.

Alle o.g. Entladungsformen sind für die meisten Gase und Lösemitteldämpfe als zündfähig anzusehen. Nebel/Luft- oder Staub/Luft-Gemische können durch die o. g. Entladungsformen ebenfalls entzündet werden, allerdings sind Büschelentladungen nur als mögliche Zündquelle bei zündfähigen Stäuben anzusehen.

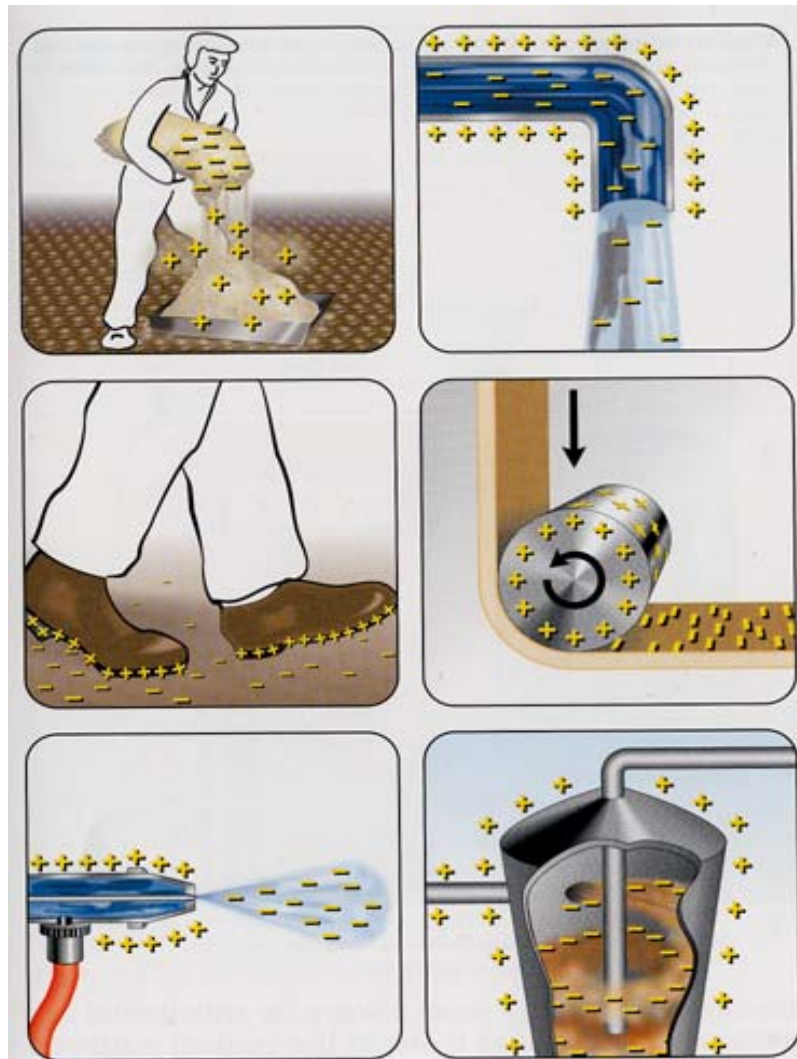


Abb. 3.6: Beispiele für Ladungstrennungen, die eine elektrostatische Aufladung bewirken können⁴.

⁴ Aus VSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany

Die erforderliche Bewertung sowie mögliche Schutzmaßnahmen sind dem CENELEC Report R044-001 „Guidance and recommendations for the avoidance of hazards due to static electricity“ zu entnehmen.

Beispiele: Wichtige Schutzmaßnahmen, die je nach Zone zu beachten sind:

1. Erden leitfähiger Gegenstände und Einrichtungen,
2. Konsequentes Tragen geeigneten Schuhwerks auf geeigneten Fußböden mit einem elektrischen Widerstand der Person gegen Erde von insgesamt nicht mehr als $10^8 \Omega$,
3. Vermeiden von Materialien und Gegenständen geringer elektrischer Leitfähigkeit
4. Verkleinern nichtleitfähiger Oberflächen und
5. Vermeidung von metallisch leitenden Rohren und Behältern, die innen elektrisch isolierend beschichtet sind bei Transport- und Füllvorgängen von Stäuben.

3.3 Begrenzung der Auswirkungen von Explosionen (Konstruktiver Explosionsschutz)

In manchen Fällen sind die Explosionsschutzmaßnahmen Vermeidung von explosionsfähigen Atmosphären und Vermeiden von Zündquellen nicht ausreichend sicher durchführbar. Es müssen dann Maßnahmen getroffen werden, die die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken. Solche Maßnahmen sind:

Explosionsfeste Bauweise,

Explosionsdruckentlastung,

Explosionsunterdrückung,

Verhindern der Flammen- und Explosionsübertragung.

Diese Maßnahmen betreffen in der Regel die Begrenzungen gefährlicher Auswirkungen von Explosionen, die vom Inneren der Einrichtungen ausgehen. Im Allgemeinen werden bei der Wahl konstruktiver Schutzmaßnahmen Geräte und Schutzsysteme eingesetzt, die den Anforderungen der 94/9/EG entsprechen. Möglich sind auch bauliche Maßnahmen wie eine Explosionswand.

3.3.1 Explosionsfeste Bauweise

Anlagenteile, wie Behälter, Apparate, Rohrleitungen werden so gebaut, dass sie einer *Explosion* im Inneren standhalten, ohne aufzureißen. Dabei geht muss der Anfangsdruck in dem entsprechenden Anlagenteil berücksichtigt werden, wenn dieser nicht gleich dem normalen Atmosphärendruck ist.

Man unterscheidet im Allgemeinen folgende *explosionsfeste* Ausführungen:

Ausführung für den maximalen Explosionsüberdruck,

Ausführung für den reduzierten Explosionsüberdruck in Verbindung mit Explosionsdruckentlastung oder Explosionsunterdrückung.

Die Bauweise der Anlagenteile kann dabei explosionsdruckfest oder explosionsdruckstoßfest sein.

Hinweis: Bei der Unterteilung des Inneren von Anlagen oder bei der Verbindung zweier Behälter durch eine Rohrleitung kann während einer *Explosion* in dem einen Teilvolumen der Druck in dem anderen Teilvolumen erhöht und dadurch dort die Explosion bei erhöhtem Ausgangsdruck eingeleitet werden. Somit entstehen Druckspitzen, die höher sein können, als die unter atmosphärischen Bedingungen ermittelte *Kenngroße „maximaler Explosionsdruck“*. Lassen sich derartige Anordnungen nicht vermeiden, sollten entsprechende Maßnahmen getroffen werden, z. B. ausreichend explosionsfeste Bauweise für den erhöhten *Explosionsdruck* oder *explosionstechnische Entkoppelung*.

3.3.1.1 Explosionsdruckfeste Bauweise

Explosionsdruckfeste Behälter und Apparate halten dem zu erwartenden *Explosionsüberdruck* stand, ohne sich bleibend zu verformen. Als Berechnungsdruck wird der zu erwartende *Explosionsüberdruck* zugrunde gelegt.

Hinweis: Der *maximale Explosionsüberdruck* beträgt für die meisten Gas/Luft- und Staub/Luft-Gemische 8 bar bis 10 bar. Für Leichtmetallstäube kann er jedoch auch darüber liegen.

3.3.1.2 Explosionsdruckstoßfeste Bauweise

Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate sind so gebaut, dass sie einem bei einer Explosion in ihrem Inneren auftretenden Druckstoß in Höhe des zu erwartenden *Explosionsüberdruckes* standhalten. Dabei sind jedoch bleibende Verformungen zulässig.

Nach Explosionsereignissen müssen die betroffenen Anlagenteile auf Verformung überprüft werden.

3.3.2 Explosionsdruckentlastung

Der Begriff „Explosionsdruckentlastung“ umfasst im weitesten Sinne alles, was dazu dient, beim Entstehen oder nach einer gewissen Ausweitung einer Explosion die ursprünglich abgeschlossene Anlage, in der sich der Explosionsablauf vollzieht, bei Erreichen des Ansprechdruckes einer *Explosionsdruckentlastungseinrichtung* kurzfristig oder bleibend in ungefährliche Richtung zu öffnen.

Die *Explosionsdruckentlastungseinrichtung* soll bewirken, dass die Anlage/der Anlagenteil nicht über ihre Explosionsfestigkeit hinaus beansprucht wird. Es stellt sich ein *reduzierter Explosionsüberdruck* ein.

Hinweis: Der *reduzierte Explosionsüberdruck* ist höher als der *Ansprechdruck* der *Explosionsdruckentlastungseinrichtungen*.

Als *Explosionsdruckentlastungseinrichtung* können z. B. *Berstscheiben* oder *Explosionsklappen* verwendet werden.

Hinweis: Es sollten nur geprüfte *Explosionsdruckentlastungseinrichtungen*, die den Anforderungen der Richtlinie 94/9/EG entsprechen, eingesetzt werden. Selbstkonstruierte *Explosionsdruckentlastungseinrichtungen* sind oft nicht wirksam und haben schon zu schweren Unfällen geführt. Unverschlossene Behälterklappen, aufgesetzte Deckel, Türen und dergleichen sind ebenfalls i.d.R. nicht geeignet. Sollten dennoch Eigenkonstruktionen eingesetzt werden, mit denen in der Praxis gute Erfahrungen gemacht wurden, muss die Einsetzbarkeit hinsichtlich des Explosionsschutzes im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung nachgewiesen werden. Das Ergebnis ist im Explosionsschutzdokument niederzulegen. Wo relevant, sind auch die Anforderungen der Richtlinie 94/9/EG zu erfüllen.

Die Berechnung der erforderlichen *Druckentlastungsflächen* für Anlagen setzt u.a. die Kenntnis der sicherheitstechnischen Kenngrößen des Gemisches voraus.

Die *Explosionsdruckentlastung* ist unzulässig, wenn durch die dabei freigesetzten Stoffe Personen gefährdet werden oder die Umwelt (z. B. durch giftige Stoffe) geschädigt wird.

Hinweis: Beim Ansprechen von *Explosionsdruckentlastungseinrichtungen* kann es zu beträchtlichen Flammen- und Druckwirkungen in Entlastungsrichtung kommen. Deshalb ist bei der Anbringung von *Explosionsdruckentlastungseinrichtungen* an Anlagen darauf zu achten, dass die Druckentlastung in eine ungefährliche Richtung erfolgt. Eine Druckentlastung in den Arbeitsraum sollte deshalb grundsätzlich vermieden werden. Erfahrungsgemäß kann es beim nachträglichen Einbau von *Explosionsdruckentlastungseinrichtungen* in bestehende Anlagen problematisch werden, die erforderlichen Sicherheitsabstände einzuhalten.

Ausnahme: Bei der Anwendung von sog. *Q-Rohren* kann auch eine *Explosionsdruckentlastung* in einen Raum erfolgen, da Flammen- und Druckwirkungen auf ein ungefährliches Maß reduziert werden. Dabei aber ist die mögliche Freisetzung von giftigen Verbrennungsgasen zu beachten.

Hinweis: Wird die Explosionsschutzmaßnahme „*Explosionsdruckentlastung*“ angewendet, so ist für eine explosionstechnische Entkopplung gegenüber vor- und nachgeschalteten Anlagenteile zu sorgen.

3.3.3 Explosionsunterdrückung

Explosionsunterdrückungseinrichtungen verhindern durch schnelles Einblasen von Löschmitteln in Behälter und Anlagen im Falle einer Explosion das Erreichen des *maximalen Explosionsdruckes*. Dies bedeutet, dass die so geschützten Apparate nur für einen *reduzierten Explosionsdruck* ausgelegt werden müssen.

Im Gegensatz zur *Explosionsdruckentlastung* bleiben die Auswirkungen einer Explosion auf das Innere der Apparatur beschränkt. Je nach Ausführung kann der Explosionsüberdruck bis auf ca. 0,2 bar reduziert werden.

Hinweis: Neue Explosionsunterdrückungseinrichtungen sollten entsprechend den Anforderungen der Richtlinie 94/9/EG als Schutzsystem geprüft und gekennzeichnet werden.

Hinweis: Auch bei der Explosionsunterdrückung muss ggf. für eine explosionstechnische Entkopplung der vor- und nachgeschalteten Anlagenteile gesorgt werden.

3.3.4 Verhindern der Explosionsübertragung (explosionstechnische Entkoppelung)

Ereignet sich in einem Anlagenteil eine Explosion, so kann sich diese in die vor- und nachgeschalteten Anlagenteile ausbreiten und dort weitere Explosionen verursachen. Beschleunigungseffekte durch Einbauten in den Anlagen oder durch die Ausbreitung in Rohrleitungen können zu einer Verstärkung der Explosionswirkungen führen. Die dabei entstehenden *Explosionsdrücke* können weit höher sein als der maximale Explosionsdruck unter Normalbedingungen und auch bei *explosionsdruckfester* oder *explosionsdruckstoßfester* Bauweise zur Zerstörung von Anlagenteilen führen. Aus diesem Grunde ist es wichtig, mögliche Explosionen auf einzelne Anlagenteile zu beschränken. Dies wird durch *explosionstechnische Entkopplung* erreicht.

Für die *explosionstechnische Entkopplung* von Anlagenteilen sind z. B. folgende Systeme verfügbar:

Mechanisches Schnellabsperren,

Löschen von Flammen in engen Spalten oder durch Löschmitteleintrag,

Aufhalten von Flammen durch hohe Gegenströmung,

Tauchung oder,

Schleusen.

Für die praktische Anwendung sind folgende Gesichtspunkte maßgeblich:

Hinweis: Bei Explosionen von Gasen, Dämpfen und Nebeln im Gemisch mit Luft sind wegen der unter Umständen sehr hohen Ausbreitungsgeschwindigkeiten (Detonationen) aktive Absperr- oder Löschsyste me oft zu langsam, so dass hier passive Systeme wie Flammendurchschlagsicherungen (z. B. Bandsicherungen oder Tauchungen) bevorzugt werden.

3.3.4.1 Flammendurchschlagsichere Einrichtungen für Gase, Dämpfe und Nebel

Um bei explosionsfähiger Atmosphäre Flammendurchschläge, z. B. durch Rohrleitungen, Atmungseinrichtungen und nicht ständig mit Flüssigkeit gefüllte Füll- und Entleerungsleitungen zu verhindern, können flammendurchschlagsichere Einrichtungen angewendet werden. Lässt sich z. B. in einem nicht explosionsfesten Behälter für brennbare Flüssigkeiten die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht vermeiden, so sind ständig vorhandene Öffnungen zu Bereichen, in denen mit dem Auftreten von Zündquellen zu rechnen ist, und durch die eine Explosion in den Behälter übertragen werden kann, flammendurchschlagsicher zu gestalten.

Hinweis: Dies betrifft z. B. Be- und Entlüftungseinrichtungen, Füllstandsanzeiger sowie Füll- und Entleerungsleitungen, sofern Letztere nicht ständig mit Flüssigkeit gefüllt sind.

Soll umgekehrt das Herausschlagen von Flammen aus einer Apparatur in einen explosionsgefährdeten Bereich vermieden werden, so sind die vorgenannten Maßnahmen sinngemäß anzuwenden.

Die Wirkungsweise flammendurchschlagsicherer Einrichtungen beruht im Wesentlichen auf einem oder mehreren der folgenden Mechanismen:

Löschen von Flammen in engen Spalten und Kanälen (z. B. Bandsicherungen, Sintermetalle),

Aufhalten einer Flammenfront durch entsprechend hohe Ausströmgeschwindigkeit der unverbrannten Gemische (Hochgeschwindigkeitsventile),

Aufhalten einer Flammenfront durch Flüssigkeitsvorlagen (z. B. Tauchsicherungen oder Flüssigkeitsverschlüsse).

Hinweis: Man unterscheidet bei flammendurchschlagsicheren Einrichtungen explosions sichere, dauerbrandsichere und detonationssichere Armaturen. Nicht dauerbrandsichere Armaturen widerstehen einem Abbrand nur über eine begrenzte Zeitspanne (Standzeit) und verlieren dann ihre Flammendurchschlagsicherheit.

3.3.4.2 Entkoppelungseinrichtungen für Stäube

Die flammendurchschlagsicheren Einrichtungen für Gase, Dämpfe und Nebel sind aufgrund der Verstopfungsgefahr bei Stäuben nicht einsetzbar. Für das Vermeiden der Ausbreitung von Staubexplosionen über verbindende Rohrleitungen, Fördereinrichtungen o. Ä. sowie Flammenaustritt aus Anlagenteilen haben sich in der Praxis folgende Einrichtungen bewährt:

Löschmittelsperre:

Die Explosion wird durch Detektoren erkannt. Aus Löschmittelbehältern werden Löschmittel in die Rohrleitung eingedüst und die Flamme wird abgelöscht. Der auftretende Explosionsdruck vor der Löschmittelsperre wird dadurch nicht beeinflusst. Auch hinter der Löschmittelsperre ist die Festigkeit der Rohrleitung und die der nachgeschalteten Apparatur für den zu erwartenden Druck auszulegen. Das Löschmittel muss für die jeweilige Staubart geeignet sein.

Schnellschlussschieber, Schnellschlussklappe:

Die durch die Rohrleitung laufende Explosion wird durch Detektoren erkannt. Ein Auslösemechanismus schließt den Schieber oder die Klappe innerhalb von Millisekunden.

Schnellschlussventil (Explosionsschutzventil):

Beim Überschreiten einer bestimmten Strömungsgeschwindigkeit schließt ein Ventil in der Rohrleitung. Die für das Schließen notwendige Strömungsgeschwindigkeit wird entweder durch die Druckwelle der Explosion oder durch eine detektorgesteuerte Hilfsströmung (z. B. Einblasen von Stickstoff auf den Ventilkegel) erzeugt. Bisher bekannte Schnellschlussventile dürfen nur in waagerecht verlegten Rohrleitungen eingebaut werden und eignen sich auch nur für Leitungen mit relativ geringer Staubbelastung (z. B. Reinluftseite von Filteranlagen).

Zellenradschleuse:

Zellenradschleusen dürfen nur dann als „Flammensperre“ eingesetzt werden, wenn ihre Zünddurchschlagsicherheit und Druckbelastbarkeit für die jeweiligen Einsatzbedingungen nachgewiesen sind. Im Explosionsfall muss die Schleuse automatisch über einen Detektor stillgesetzt werden, damit das Austragen von brennendem Produkt verhindert wird.

Entlastungsschlot:

Ein Entlastungsschlot besteht aus Leitungsteilen, die durch ein spezielles Rohrstück miteinander verbunden sind. Den Abschluss der Rohrleitung gegen die Atmosphäre bildet eine Entlastungseinrichtung (Abdeckplatte oder Berstscheibe; Ansprechüberdruck in der Regel $p \leq 0,1$ bar). Eine Explosionsübertragung soll durch Änderung der Strömungsrichtung um 180 Grad bei gleichzeitiger Explosionsdruckentlastung am Umlenkpunkt nach Öffnen der Entlastungseinrichtung verhindert werden.

Das Wegfliegen von Teilen der Entlastungseinrichtung muss vermieden werden, z. B. durch einen Schutzkorb. Die Entlastung muss grundsätzlich in eine ungefährliche Richtung erfolgen, keinesfalls aber in Arbeitsbereiche oder auf Verkehrswege. Diese Schutzmaßnahme ist unzulässig, wenn durch das Freisetzen von Stoffen Personen gefährdet werden oder die Umwelt geschädigt wird.

Durch den Entlastungsschlot kann die Explosionsübertragung nicht immer zuverlässig verhindert werden. Die Ausbreitung der Flammenfront wird jedoch so gestört, dass in dem nach-gesetzten Leitungsteil höchstens mit dem langsamen Anlaufen der Explosion zu rechnen ist. In den Fällen, in denen innerhalb der Rohrleitung nicht mit dem Auftreten explosionsfähiger Gemischkonzentrationen gerechnet werden muss, z. B. bei vielen Entstaubungsanlagen, kann von einer hinreichenden Entkoppelungswirkung ausgegangen werden.

Produktvorlage:

Im Zusammenhang mit der Schutzmaßnahme Explosionsdruckentlastung sind Produktvorlagen (z. B. am Austrag eines Silos) von ausreichender Höhe geeignet, Anlageteile zu entkoppeln. Die Produktschüttung muss jeweils so hoch sein, und dies muss durch Füllstandsmelder abgesichert sein, dass unter der Druckbelastung der Explosion ein Flammendurchschlag durch das Produkt nicht erfolgen kann.

Doppelschieber:

Produktausträge von explosionsfest gebauten Apparaturen können zum Verhindern eines Flammendurchschlages mit einem Doppelschiebersystem gesichert werden. Die Schieber müssen dabei mindestens die gleiche Festigkeit wie die Apparatur haben. Durch entsprechende Steuerung muss gewährleistet sein, dass wechselweise ein Schieber immer geschlossen ist.

Hinweis: Alle Explosionsentkopplungseinrichtungen, die der Richtlinie 94/9/EG unterliegen, müssen entsprechend den Anforderungen der Richtlinie als Schutzsystem geprüft und gekennzeichnet werden.

3.4 Anwendung von Prozessleittechnik

Die bisher beschriebenen Explosionsschutzmaßnahmen können durch Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen (im Folgenden Prozessleittechnik (PLT) genannt), aufrecht erhalten, überwacht oder ausgelöst werden. Allgemein können PLT-Einrichtungen zur Verhinderung des Auftretens von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre*, zum Vermeiden von *Zündquellen* oder zur Abschwächung der schädlichen Auswirkungen einer Explosion genutzt werden.

Potentielle *Zündquellen*, wie beispielweise eine heiße Oberfläche, können durch PLT-Einrichtungen überwacht und durch eine entsprechende Steuerung auf einen ungefährlichen Wert begrenzt werden. Eine Abschaltung potentieller *Zündquellen* beim Auftreten von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* ist ebenfalls möglich. So können beispielweise nicht explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel beim Ansprechen einer Gaswarnanlage spannungsfrei geschaltet werden, wenn dadurch die Abschaltung der dem Gerät innewohnenden potentiellen *Zündquellen* möglich ist. Das Auftreten von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* lässt sich beispielsweise durch die Zuschaltung eines Lüfters vor Erreichen der höchstzulässigen Gaskonzentration verhindern. Durch solche PLT-Einrichtungen können die *explosionsgefährdeten Bereiche (Zonen)* verkleinert, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* verringert oder deren Auftreten ganz verhindert werden. PLT-Einrichtungen in Verbindung mit geeigneten Vorrichtungen zur Abschwächung der schädlichen Auswirkungen einer Explosion sind Schutzsysteme (z. B. Explosionsunterdrückung) und werden bei den konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen in Kapitel 3.3 beschrieben. Auslegung und Umfang dieser PLT-Einrichtungen und der von ihnen ausgelösten Maßnahmen hängen von der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von wirksamen *Zündquellen* ab. Durch die Zuverlässigkeit der PLT-Einrichtungen in Verbindung mit den getroffenen technischen und organisatorischen Explosionsschutzmaßnahmen, muss für alle Betriebsbedingungen sichergestellt werden, dass die Gefahr einer Explosion auf ein vertretbares Maß beschränkt wird. In bestimmten Anwendungsfällen kann es sinnvoll sein, PLT-Einrichtungen zur Vermeidung von *Zündquellen* mit PLT-Einrichtungen zur Vermeidung von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* zu kombinieren.

Die erforderliche Zuverlässigkeit der PLT-Einrichtungen muss sich an der Beurteilung der Explosionsrisiken orientieren. Die Zuverlässigkeit der sicherheitstechnischen Funktion der PLT-Einrichtungen und ihrer Teilkomponenten wird erreicht durch Fehlervermeidung und Fehlerbeherrschung (unter Beachtung aller Betriebsbedingungen und vorgesehenen Wartungs- und/oder Prüfmaßnahmen).

Beispiel: Führen die Beurteilung der Explosionsrisiken und das Explosionsschutzkonzept zu dem Schluss, dass ohne PLT-Einrichtungen ein hohes Risiko herrscht, z. B. dass *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* ständig, langfristig oder häufig vorhanden ist (Zone 0, Zone 20) und dass mit dem Wirksamwerden einer *Zündquelle* bei einer Betriebsstörung zu rechnen ist, müssen die PLT-Einrichtungen so ausgeführt sein, dass eine einzige Störung in der PLT-Einrichtung das Sicherheitskonzept nicht außer Kraft setzen kann. Dies kann z. B. durch redundanten Einsatz von PLT-Einrichtungen erreicht werden. Vergleichbares ist erreichbar, indem eine einzelne PLT-Einrichtung zur Vermeidung des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre mit einer davon unabhängigen einzelnen PLT-Einrichtung zur Vermeidung des Wirksamwerdens von *Zündquellen* kombiniert wird.

Die Tabelle 3.2 zeigt Konzepte von PLT-Einrichtungen zur Vermeidung des Wirksamwerdens von *Zündquellen* bei normalen Betriebsbedingungen, bei anzunehmenden Störungen und selten auftretenden Störungen, die alternativ, zusätzlich oder ergänzend zu verfahrenstechnische Maßnahmen eingesetzt werden können.

Beispiel: Ein Getriebe mit mehreren Lagern soll in der Zone 1 betrieben werden. Die Temperatur der Lager liegt im Normalbetrieb sicher unter der *Zündtemperatur* des Gas/Luft-Gemisches. Im Fehlerfall (z. B. durch Schmiermittelverlust) kann die Lagertemperatur die *Zündtemperatur* erreichen, wenn keine Schutzmaßnahmen getroffen werden. Ein ausreichendes Maß an Sicherheit kann durch eine Temperaturüberwachung der *Lager erreicht werden, die bei Erreichen der maximal zulässigen Oberflächentemperatur* den Antrieb abschaltet.

Die Anforderungen an PLT-Einrichtungen aus Tabelle 3.2 lassen sich analog auch auf das Verhindern von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* übertragen, wenn bei gegebener Auftretswahrscheinlichkeit von potentiellen Zündquellen eine bestimmte Zone gewährleistet werden muss.

Beispiel: In einem Trockenschrank werden lösemittelbehaftete Werkstücke getrocknet. Die Oberflächentemperatur der Heizung kann bei einer Betriebsstörung die Zündtemperatur erreichen. Durch eine PLT-Einrichtung in Verbindung mit einem Lüfter muss sichergestellt werden, dass die Lösemitteldampfkonzentration den Grenzwert (UEG - anlagenspezifischer Sicherheitsabstand) nicht überschreitet. Diese PLT-Einrichtung in Verbindung mit dem Lüfter muss auch bei Betriebsstörungen (z. B. Energieausfall) weiterhin wirksam bleiben.

- Hinweis:**
1. Die beschriebenen PLT-Maßnahmen lassen sich nur anwenden, wenn sich die explosionsschutztechnisch relevanten physikalischen, chemischen und verfahrenstechnischen Größen überhaupt mit vertretbarem Aufwand und in ausreichend kurzer Zeit regeln bzw. steuern lassen. So lassen sich beispielsweise Materialeigenschaften i.d.R. durch derartige Einrichtungen nicht beeinflussen.
 2. Neue PLT-Einrichtungen, die zur Vermeidung von Zündquellen oder des Entstehens einer explosionsfähigen Atmosphäre eingesetzt werden (die sie aber nicht zuverlässig verhindern können), müssen den Anforderungen der Europäischen Richtlinie 94/9/EG entsprechen. Diese PLT-Einrichtungen müssen immer einer Prüfung der gleichen Kategorie unterzogen werden wie das zu schützende Gerät.

Tab. 3.2: Konzepte zum Einsatz von PLT-Einrichtungen zur Reduzierung der Auftrittswahrscheinlichkeit wirksamer

Explosions- gefährdeter Bereich	Auftreten von Zündquellen	Anforderung an PLT-Einrichtungen
keine	betriebsbedingt vorhanden	keine
Zone 2 oder Zone 22	betriebsbedingt vorhanden	geeignete einzelne Einrichtung zum Vermeiden von Zündquellen
	im Normalbetrieb nicht zu erwarten	keine
Zone 1 oder Zone 21	betriebsbedingt vorhanden	zwei geeignete Einrichtungen zum Vermeiden von Zündquellen*
	im Normalbetrieb nicht zu erwarten	geeignete einzelne Einrichtung zum Vermeiden von Zündquellen
	im Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen nicht zu erwarten	keine
Zone 0 oder Zone 20	im Normalbetrieb nicht zu erwarten	zwei geeignete Einrichtungen zum Vermeiden von Zündquellen
	im Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen nicht zu erwarten	geeignete einzelne Einrichtung zum Vermeiden von Zündquellen*
	im Normalbetrieb, bei Betriebsstörungen und bei selten auftretenden Betriebsstörungen nicht zu erwarten	keine

* oder eine entsprechend nach 94/9/EG geprüfte Einrichtung

3.5 Anforderungen an Arbeitsmittel

Der Arbeitgeber stellt sicher, dass die *Arbeitsmittel* und sämtliches *Installationsmaterial* für den Betrieb in *explosionsgefährdeten Bereichen* geeignet sind. Dabei sind die möglichen Umgebungsbedingungen am jeweiligen Arbeitsplatz zu berücksichtigen. Die Arbeitsmittel müssen so montiert, installiert und betrieben werden, dass sie keine *Explosion* auslösen können.

3.5.1 Auswahl von Arbeitsmitteln

In den Bereichen, in denen *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* auftreten kann, sind Geräte und Schutzsysteme entsprechend den *Kategorien* gemäß der Richtlinie 94/9/EG auszuwählen, wenn es nicht anders im *Explosionsschutzdokument* vorgesehen und durch eine entsprechende Risikobeurteilung begründet ist. Für den sicheren Betrieb von Geräten in explosionsgefährdeten Bereichen müssen darüber hinaus weitere Kriterien, z. B. *Temperaturklasse*, *Zündschutzart*, *Explosionsgruppe* usw., berücksichtigt werden. Diese Kriterien sind abhängig von den Brenn- und Explosionskenngrößen der eingesetzten Stoffe.

Arbeitsmittel, die bereits vor dem 30. Juni 2003 im Unternehmen oder Betrieb im Gebrauch sind oder zum ersten Mal für die Verwendung bereitgestellt werden, müssen, wenn sie in Bereichen verwendet werden, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann, ab diesem Datum den Mindestanforderungen nach Anhang II Teil A entsprechen, wenn keine andere Richtlinie der Gemeinschaft anwendbar ist oder nur Teile davon.

Arbeitsmittel, die nach dem 30. Juni 2003 im Unternehmen oder Betrieb zum ersten Mal für die Verwendung in Bereichen bereitgestellt werden, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann, müssen den Mindestanforderungen nach Anhang II Teile A und B entsprechen.

Auch wenn Arbeitsmittel, die nicht unter die Definition von „Gerät“ in der Richtlinie 94/9/EG fallen, nicht mit dieser Richtlinie übereinstimmen können, müssen sie auf jeden Fall der Richtlinie 1999/92/EG entsprechen.

Wird auf Grund der Beurteilung der Explosionsrisiken (Stoffeigenschaften, Verfahren) festgestellt, dass mit einer das übliche Maß überschreitenden Gefährdung von Arbeitnehmern und Dritten zu rechnen ist, kann ein höherer Schutzgrad für die ausgewählten Geräte und Arbeitsmittel erforderlich sein. Können ortsveränderliche Arbeitsmittel durch die Art ihrer Nutzung in Bereichen mit unterschiedlichem Gefahrenpotenzial (unterschiedliche Zoneneinteilung) zum Einsatz kommen, müssen sie für den ungünstigsten Einsatzfall ausgewählt werden. Wird also ein Arbeitsmittel sowohl in der Zone 1 als auch in der Zone 2 eingesetzt, muss es den Anforderungen für den Betrieb in Zone 1 entsprechen.

Davon kann abgewichen werden, wenn durch geeignete organisatorische Maßnahmen für die Dauer des Einsatzes des ortsveränderlichen Arbeitsmittels in einem explosionsgefährdeten Bereich ein sicherer Betrieb gewährleistet werden kann. Diese Maßnahmen sollten im Arbeitsfreigabeschein oder im Explosionsschutzdokument ausführlich dargestellt werden. Solche Arbeitsmittel dürfen nur durch entsprechend geschultes Personal benutzt werden (89/655/EWG).

Tab. 3.3: Geräte für den Einsatz in den unterschiedlichen Zonen.

Zone	ohne weitere Maßnahmen verwendbare Kategorie	wenn ausgelegt für
0	II 1 G	• Gas/Luft-Gemisch • Dampf/Luft-Gemisch • Nebel
1	II 1 G oder 2 G	• Gas/Luft-Gemisch • Dampf/Luft-Gemisch • Nebel
2	II 1 G oder 2 G oder 3 G	• Gas/Luft-Gemisch • Dampf/Luft-Gemisch • Nebel
20	II 1 D	• Staub/Luft-Gemisch
21	II 1 D oder 2 D	• Staub/Luft-Gemisch
22	II 1 D oder 2 D oder 3 D	• Staub/Luft-Gemisch

Hinweis: Sollen Geräte in hybriden Gemischen eingesetzt werden, so müssen diese für einen derartigen Gebrauch geeignet und ggf. geprüft worden sein. So ist beispielsweise ein Gerät mit der Kennzeichnung II 2 G/D nicht zwangsläufig auch für die Verwendung in hybriden Gemischen geeignet und zulässig.

3.5.2 Zusammenbau von Arbeitsmitteln

Arbeitsmittel und deren Verbindungsvorrichtungen (z. B. Rohrleitungen, elektrische Anschlüsse) müssen so zusammengebaut sein, dass sie keine Explosion verursachen bzw. auslösen können. Eine Inbetriebnahme darf nur dann erfolgen, wenn sich aus der Beurteilung der Explosionsrisiken ergibt, dass mit ihrem Betrieb keine Entzündung *explosionsfähiger Atmosphäre* verbunden ist. Dies gilt auch für Arbeitsmittel und deren Verbindungsvorrichtungen, die keine Geräte und *Schutzsysteme* im Sinne der 94/9/EG sind.

In Übereinstimmung mit der europäischen Richtlinie 89/655/EWG (Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer) muss der Arbeitgeber sicherstellen, dass die eingesetzten Arbeitsmittel hinsichtlich der tatsächlichen Betriebs- und Einsatzbedingungen geeignet sind. Auch bei der Auswahl von Installationsmaterialien, von Arbeitskleidung und von persönlichen Schutzausrüstungen hat er sicherzustellen, dass diese geeignet sind.

4. Organisatorische Maßnahmen des Explosionsschutzes

Besteht an einem Arbeitsplatz ein potenzielles Explosionsrisiko, so resultieren daraus auch Anforderungen an die Arbeitsorganisation. Organisatorische Maßnahmen sind zu treffen, wo technische Maßnahmen allein nicht den Explosionsschutz am Arbeitsplatz gewährleisten und aufrecht erhalten. In der Praxis kann auch durch die Kombination von technischen und organisatorischen Explosionsschutzmaßnahmen die Arbeitsumgebung sicher gestaltet werden.

Beispiel: Tritt Inertgas aus betriebsmäßig vorhandenen oder fehlerbedingten Öffnungen in der Anlage aus, so kann dies zu einer Gefährdung der Arbeitnehmer durch Sauerstoffverdrängung führen (Erstickungsgefahr). So darf z. B. ein inertisierter Apparat erst nach Aufhebung der Inertisierung und Zufuhr von ausreichend Luftsauerstoff oder mit entsprechenden Vorkehrungen und unter Verwendung eines Atemschutzgeräts begangen werden.

Durch organisatorische Maßnahmen werden Arbeitsabläufe so gestaltet, dass es nicht zu einer Schädigung der Arbeitnehmer durch eine Explosion kommen kann. Auch die Aufrechterhaltung der technischen Explosionsschutzmaßnahmen durch Inspektion, Wartung und Instandsetzung muss organisatorisch festgelegt werden. Die organisatorischen Maßnahmen müssen auch mögliche Wechselwirkungen zwischen Explosionsschutzmaßnahmen und Arbeitsabläufen berücksichtigen. Durch diese kombinierten Explosionsschutzmaßnahmen muss sichergestellt werden, dass die Arbeitnehmer die ihnen übertragenen Arbeiten ohne Gefährdung ihrer Sicherheit und Gesundheit oder der Sicherheit und Gesundheit anderer ausführen können.



Abb. 4.1: Beispiele für organisatorische Maßnahmen des Explosionsschutzes⁴.

Als organisatorische Explosionsschutzmaßnahmen sind folgende Punkte zu realisieren:

Erarbeitung von schriftlichen Betriebsanweisungen, wo laut Explosionsschutzdokument erforderlich,

Unterweisung der Mitarbeiter hinsichtlich des Explosionsschutzes,

Ausreichende Qualifikation der Beschäftigten,

Anwendung eines Arbeitsfreigabesystems für gefährliche Arbeiten, wo laut Explosionsschutzdokument erforderlich,

Durchführung von Instandhaltungsarbeiten,

Durchführung von Prüfungen und Überwachungen,

Kennzeichnung der explosionsgefährdeten Bereiche, wo erforderlich.

Die getroffenen, organisatorischen Explosionsschutzmaßnahmen müssen im Explosionsschutzdokument dokumentiert werden (siehe Kapitel 6). In Abbildung 4.1 sind einige Beispiele für organisatorische Maßnahmen des Explosionsschutzes aufgeführt.

4.1 Betriebsanweisungen

Betriebsanweisungen sind tätigkeitsbezogene verbindliche schriftliche Anordnungen und Verhaltensregeln des Arbeitgebers an die Arbeitnehmer. Sie beschreiben die arbeitsplatzspezifischen Gefahren für Mensch und Umwelt und weisen auf die getroffenen bzw. einzuhaltenden Schutzmaßnahmen hin.

Die Betriebsanweisungen werden vom Arbeitgeber oder einer von ihm beauftragten, befähigten Person erstellt. Die Arbeitnehmer haben diese Betriebsanweisungen zu beachten. Sie beziehen sich auf einen bestimmten Arbeitsplatz/Betriebsteil. Aus den Betriebsanweisungen für Arbeitsplätze mit Gefährdungen durch explosionsfähige Atmosphäre sollte insbesondere auch hervorgehen, wo welche Explosionsgefährdungen bestehen, welche ortveränderlichen Arbeitsmittel verwendet werden dürfen und ob ggf. besondere persönliche Schutzausrüstung zu tragen ist.

Beispiel: Es kann eine Liste mit allen ortveränderlichen Arbeitsmitteln in die Betriebsanweisung aufgenommen werden, die für den Einsatz in dem betreffenden explosionsgefährdeten Bereich zulässig sind. In der Betriebsanweisung sollte darauf hingewiesen werden, mit welcher persönlichen Schutzausrüstung dieser Bereich betreten werden darf.

Die Betriebsanweisungen sind sprachlich so zu gestalten, dass von jedem Arbeitnehmer die sachlichen Inhalte verstanden und angewendet werden können. Sind im Betrieb Arbeitnehmer beschäftigt, die nicht im ausreichendem Maße die Landessprache beherrschen, so sind die Betriebsanweisungen in einer Sprache zu verfassen, die sie verstehen.

Tätigkeitsbezogene Betriebsanweisungen, die unterschiedliche Gefahren beschreiben bzw. auf der Grundlage verschiedener rechtlicher Vorschriften erstellt wurden, können zweckmäßigerweise zu einer Betriebsanweisung zusammengefasst werden. Dadurch wird auch eine einheitliche Betrachtung der Gefahren erreicht.

Eine einheitliche Gestaltung der Betriebsanweisungen in einem Betrieb ist ratsam, um den Wiedererkennungseffekt zu nutzen. Ausreichende Qualifikation der Beschäftigten

4.2 Ausreichende Qualifikation der Beschäftigten

Für jeden Arbeitsplatz sollte eine ausreichende Anzahl von Arbeitnehmern zur Verfügung stehen, die die erforderliche Erfahrung und Ausbildung für die ihnen zugewiesene Aufgaben auf dem Gebiet des Explosionsschutzes besitzen.

4.3 Unterweisung der Arbeitnehmer

Die Arbeitnehmer sind durch eine Unterweisung des Arbeitgebers über die am Arbeitsplatz herrschenden Explosionsgefahren und die getroffenen Schutzmaßnahmen zu informieren. Im Rahmen dieser Unterweisung sollte darauf eingegangen werden, wie die Explosionsgefahr entsteht und in welchen Bereichen des Arbeitsplatzes sie vorhanden ist. Die getroffenen Explosionsschutzmaßnahmen sollten aufgeführt und ihre Funktionsweise erläutert werden. Der richtige Umgang mit den vorhandenen Arbeitsmitteln ist zu erklären. Die Arbeitnehmer müssen bezüglich der sicheren Durchführung von Arbeiten in oder in der Nähe von *explosionsgefährdeten Bereichen* unterwiesen werden. Dazu gehört auch die Erklärung der Bedeutung der möglicherweise vorhandenen Kennzeichnung der *explosionsgefährdeten Bereiche* und eine Einweisung, welche ortveränderlichen Arbeitsmittel in diesen Bereichen eingesetzt werden dürfen (siehe Kapitel 3.5.1). Ferner sind die Arbeitnehmer darauf hinzuweisen, welche persönliche Schutzausrüstungen sie bei der Arbeit tragen müssen. Während der Unterweisung sollte auch auf die vorhandenen Betriebsanweisungen eingegangen werden.

Hinweis: Durch gut geschulte Mitarbeiter wird die Sicherheit im Betrieb wesentlich erhöht. Mögliche Abweichungen vom angestrebten Prozess werden schneller erkannt und können dementsprechend schneller korrigiert werden.

Eine Unterweisung der Arbeitnehmer muss erfolgen bei (89/391/EWG):

- seiner Einstellung (vor Aufnahme der Tätigkeit),**
- einer Versetzung oder einer Veränderung seines Aufgabenbereiches,**
- der Einführung oder Änderung von Arbeitsmitteln,**
- der Einführung einer neuen Technologie.**

Die Unterweisung der Arbeitnehmer ist in angemessenen Zeitabständen zu wiederholen, dies kann beispielsweise einmal jährlich geschehen. Nach erfolgter Unterweisung kann ein Abfragen des vermittelten Wissens sinnvoll sein.

Die Unterweisungspflicht gilt gleichermaßen für die Arbeitnehmer von Fremdfirmen. Die Unterweisung hat durch eine entsprechend befähigte Person zu erfolgen. Datum, Inhalt und Teilnehmer der Unterweisungen sollten schriftlich dokumentiert werden.

4.4 Überwachung

In Arbeitsumgebungen, in denen explosionsfähige Atmosphäre in einer Menge entstehen kann, die eine Gefahr für Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer bedeutet, muss während der Anwesenheit von Arbeitnehmern in Übereinstimmung mit der Risikobeurteilung mittels Verwendung geeigneter technischer Vorrichtungen eine angemessene Überwachung sichergestellt werden.

4.5 Arbeitsfreigabesystem

Werden in einem *explosionsgefährdeten Bereich* oder in dessen Nähe Arbeiten ausgeführt, die möglicherweise zu einer Explosion führen können, so ist diese Arbeit durch die für diesen Betrieb verantwortliche Person zu genehmigen. Das gilt auch für Arbeitsvorgänge, die sich mit anderen Arbeiten überschneiden und dadurch Gefährdungen verursachen können. Für derartige Fälle hat sich ein Arbeitsfreigabesystem als vorteilhaft erwiesen. Dies kann beispielsweise durch einen Freigabeschein realisiert werden, den alle Beteiligten erhalten und unterschreiben müssen.

Beispiel: Auf dem Freigabebeschein sollten u.a. folgende Mindestangaben vermerkt sein:

1. wo genau im Betrieb die Arbeiten durchgeführt werden;
2. klare Benennung der durchzuführenden Arbeiten;
3. Benennung der Gefahren;
4. erforderliche Vorkehrungen; die für diese Vorkehrungen zuständige Person sollte durch ihre Unterschrift bestätigen, dass sie getroffen wurden;
5. erforderliche persönliche Schutzausrüstung;
6. Beginn und voraussichtliche Beendigung der Arbeiten;
7. Annahme zur Bestätigung des Verstehens;
8. Verlängerung/Übergabeverfahren bei Schichtwechsel;
9. Rückgabe der Anlage zur Prüfung und Wiederinbetriebnahme;
10. Aufhebung, Anlage getestet und wieder in Betrieb genommen;
11. Bericht über während der Arbeit festgestellte Anomalien.

Nach Beendigung der Arbeiten muss überprüft werden, ob die Sicherheit der Anlage weiterbesteht bzw. wiederhergestellt wurde. Alle Beteiligten müssen über das Ende der Arbeiten in Kenntnis gesetzt werden.

4.6 Durchführung von Instandhaltungsarbeiten

Die Instandhaltung beinhaltet die Instandsetzung, die Wartung und die Inspektion bzw. Prüfung. Vor Beginn von Instandhaltungsarbeiten sind alle Beteiligten zu informieren und die Arbeiten sind freizugeben, zweckmäßigerweise mittels eines Arbeitsfreigabesystems (s.o.). Instandhaltungsarbeiten dürfen nur durch befähigte Personen durchgeführt werden.

Erfahrungsgemäß ist bei Wartungsarbeiten das Unfallrisiko erhöht. Daher ist vor Beginn, während und nach Beendigung der Arbeiten sorgfältig darauf zu achten, dass alle erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Hinweis: Bei Wartungsarbeiten muss wenn möglich eine mechanische und/oder eine elektrische Trennung von Geräten oder Anlagenteilen erfolgen, die bei unbeabsichtigtem Einschalten während dieser Arbeiten eine Explosion verursachen können. Werden beispielsweise Feuerarbeiten in einem Behälter durchgeführt, so müssen alle Rohrleitungen, aus denen eine *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* austreten kann oder die in Verbindung mit anderen Behältern stehen die eine solche enthalten können, von dem Behälter getrennt werden und sind beispielweise durch das Abbringen mit eines Blindflansches oder einer vergleichbaren Einrichtung zu verschließen.

Bei Instandhaltungsarbeiten mit Zündgefahren im explosionsgefährdeten Bereich sollte das Vorhandensein *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* ausgeschlossen werden. Dieser Zustand sollte für die Dauer der Instandhaltung und erforderlichenfalls über eine begrenzte Zeit hinaus (z. B. bei Abkühlvorgängen) sichergestellt werden.

Mit Ausnahme außergewöhnlicher Umstände, unter denen andere angemessene Vorkehrungen zu treffen sind, werden die zu bearbeitenden Anlagenteile entleert, entspannt, gereinigt, gespült und müssen frei von brennbaren Stoffen sein. Während der Durchführung der Arbeiten dürfen diese Stoffe nicht an den Arbeitsort gelangen.

Bei Arbeiten, bei denen mit Funkenflug gerechnet werden muss (z. B. Schweißen, Brennen, Schleifen) sind geeignete Abschirmmaßnahmen durchzuführen (siehe Abbildung 4.2), ggf. ist eine Brandwache zu stellen.



Abb. 4.2: Beispiel für Abschirmmaßnahmen bei Arbeiten mit Funkenflug⁴.

Nach Abschluss der Instandhaltungsarbeiten muss sichergestellt werden, dass vor Wiederinbetriebnahme die für den Normalbetrieb erforderliche Explosionsschutzmaßnahmen wieder wirksam sind. Die Anwendung eines Arbeitsfreigabesystems (s.o.) ist insbesondere bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten sinnvoll. Für die Wiederinbetriebnahme von Explosionsschutzmaßnahmen kann die Anwendung einer hierfür entworfenen Checkliste sinnvoll sein.

4.7 Prüfung und Kontrolle

Vor der erstmaligen Nutzung von Arbeitsplätzen mit Bereichen, in denen *gefährliche explosionsfähige Atmosphären* auftreten können, ist eine Überprüfung der Sicherheit der Gesamtanlage erforderlich. Nach sicherheitsrelevanten Änderungen oder Schadensereignissen ist eine Überprüfung der Sicherheit der Gesamtanlage ebenfalls erforderlich.

Die in einer Anlage getroffenen Explosionsschutzmaßnahmen müssen in regelmäßigen Abständen auf ihre Wirksamkeit geprüft werden. Die Häufigkeit der Überprüfung richtet sich dabei nach der Art der Explosionsschutzmaßnahme. Alle Überprüfungen dürfen nur von befähigten Personen durchgeführt werden.

Als befähigt gelten Personen, die durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre derzeitige Berufsausübung über umfassende Fachkenntnisse auf dem Gebiet des Explosionsschutzes verfügen.

Beispiel: Gaswarnanlagen sind nach ihrer Errichtung und in angemessenen Zeitabständen durch eine befähigte Person auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Dabei sind evtl. gültige nationale Vorschriften und die Herstellerangaben zu beachten. Wo Hybridgemische entstehen könnten, müssen die Detektoren für beide Phasen geeignet und für die möglichen Mischungen geeicht sein.

Beispiel: Lüftungsanlagen zur Verhinderung von *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* und die zugehörigen Überwachungseinrichtungen müssen vor der erstmaligen Inbetriebnahme von einer befähigten Person im Hinblick auf die beabsichtigte Wirksamkeit geprüft werden. In regelmäßigen Zeitabständen sollten Überprüfungen stattfinden. Bei Lüftungsanlagen mit verstellbaren Einrichtungen (z. B. Drosselklappen, Leitbleche, drehzahlveränderliche Ventilatoren) sollte eine Überprüfung bei jeder Neueinstellung erfolgen. Es empfiehlt sich, solche Einrichtungen gegen unbeabsichtigtes Verstellen zu verriegeln. Bei automatisch verstellten Lüftungseinrichtungen sollte die Überprüfung auf den gesamten Einstellbereich bezogen werden.

⁴Aus IVSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany

4.8 Kennzeichnung von explosionsgefährdeten Bereichen

Wo dies erforderlich ist, kennzeichnet der Arbeitgeber nach der 1999/92/EG Bereiche, in denen *gefährliche explosionsfähige Atmosphären* in einer die Sicherheit und die Gesundheit der Arbeitnehmer gefährdenden Menge auftreten können, an ihren Zugängen mit dem folgenden Warnzeichen:



Abb. 4.3: Warnzeichen zur Kennzeichnung explosionsgefährdeter Bereiche.

Erkennungsmerkmale:

Form: dreieckig,

Gestaltung: schwarze Buchstaben auf gelbem Grund, schwarzer Rand (die Sicherheitsfarbe Gelb muss mindestens 50 % der Oberfläche des Zeichens ausmachen).

Eine solche Kennzeichnung ist beispielsweise erforderlich für Räume oder Bereiche, in denen *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* auftreten kann (z. B. Räume oder abgegrenzte Bereiche zur Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten). Nicht sinnvoll ist es dagegen, z. B. einen konstruktiv völlig geschützten Anlagenteil zu kennzeichnen. Wenn nicht der gesamte Raum, sondern nur ein Teilbereich ein *explosionsgefährdeter Bereich* ist, kann dieser Bereich durch eine gelb-schwarze Schraffur z. B. auf dem Boden gekennzeichnet werden.

Zu dem Warnzeichen können weitere Erläuterungen hinzugefügt werden, die beispielsweise auf die Art und Häufigkeit des Auftretens der *gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre* (Stoff und Zone) hinweisen. Die Anbringung von weiteren Warnzeichen nach 92/58/EWG, wie z. B. Rauchverbot etc., kann sinnvoll sein.

Die Arbeitnehmer sind auf die Kennzeichnung und deren Bedeutung im Rahmen der Unterweisung hinzuweisen.

5. Koordinierungspflichten

Sofern voneinander unabhängige Personen oder Arbeitsgruppen gleichzeitig und in räumlicher Nähe arbeiten, kann es zu unerwarteten gegenseitigen Gefährdungen kommen. Diese Gefährdungen sind insbesondere darin begründet, dass die Beteiligten sich zunächst nur auf ihren Auftrag konzentrieren, Beginn, Art und Ausmaß der Arbeiten benachbarter Personen aber häufig nicht oder nicht ausreichend bekannt sind.

Beispiele: Typische Folgen einer schlechten Abstimmung zwischen Stammpersonal und Fremdfirmenpersonal mit besonderen Explosionsrisiken sind:

1. Die Fremdfirma kennt nicht die Umgebungsgefahr beim Auftraggeber und die Auswirkungen auf die eigenen Tätigkeiten.
2. Die betroffenen Bereiche im Unternehmen des Auftraggebers wissen oft nicht, dass Fremdfirmenpersonal im Betrieb arbeitet und/oder welches Gefährdungspotenzial durch die ausgeführten Tätigkeiten in den Betrieb getragen wird.
3. Den Führungskräften des Auftraggebers wird nicht gesagt, wie sie und ihr Personal sich gegenüber den Fremdfirmen zu verhalten haben.

Auch sicherheitsgerechtes Arbeiten innerhalb einer Arbeitsgruppe schließt die Gefährdung benachbarter Personen nicht aus. Nur eine rechtzeitige Abstimmung aller Beteiligten untereinander bietet Gewähr dafür, dass gegenseitige Gefährdungen vermieden werden.

Deshalb sind bei der Vergabe von Arbeiten Auftraggeber und Auftragnehmer zu einer Abstimmung mit dem Ziel der Vermeidung einer gegenseitigen Gefährdung verpflichtet. Diese Koordinierungspflicht entspricht zugleich der Anforderung der Rahmenrichtlinie 89/391/EWG in Artikel 7 Absatz 4, soweit Beschäftigte mehrerer Arbeitgeber an einem Arbeitsplatz tätig werden. Für Baustellen sind zusätzlich die Bestimmungen der nationalen Baustellenvorschriften zu beachten.

5.1 Koordinierungsmodalitäten

Sind Arbeitgeber mehrerer Betriebe an derselben Arbeitsstätte tätig, so ist jeder Arbeitgeber für die Bereiche, die seiner Kontrolle unterstehen verantwortlich.

Unbeschadet dieser Einzelverantwortung jedes Arbeitgebers gemäß Richtlinie 89/391/EWG ist der für die Arbeitsstätte verantwortliche Arbeitgeber zuständig für die Abstimmung der Durchführung aller Maßnahmen im Zusammenhang mit der Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer gemäß den nationalen Vorschriften und/oder Gepflogenheiten. Er ist verpflichtet, für einen sicheren Betriebsablauf zu sorgen, um Leben und Gesundheit der *Arbeitnehmer* zu schützen. Hierzu muss er sich über die Explosionsgefahren informieren, Schutzmaßnahmen mit den beteiligten Personen absprechen, Weisungen erteilen und deren Einhaltung auch kontrollieren. Er hält im Explosionsschutzdokument das Ziel der Abstimmung und die dafür vorgesehenen Maßnahmen und Verfahren fest.

Der für die Arbeitsstätte verantwortliche Arbeitgeber ist außerdem gemäß den nationalen Vorschriften und/oder Gepflogenheiten zuständig für die Abstimmung der Durchführung aller Maßnahmen im Zusammenhang mit der Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer mit allen anderen an der Arbeitsstätte tätigen Arbeitgeber.

Abhängig von der Betriebsgröße oder auch aus anderen Gründen kann der Arbeitgeber dieser Verpflichtung nicht immer alleine nachkommen. Er sollte deshalb geeignete Personen als betriebliche Führungskräfte bestellen. An seiner Stelle übernehmen sie dann in eigener Verantwortung die Pflichten des Unternehmers - für die Koordination übernimmt sie der Koordinator.

Hinweis: Insbesondere bei Arbeiten in oder im Zusammenhang mit *explosionsgefährdeten Bereichen* oder bei Arbeiten mit brennbaren Stoffen, die zu *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* führen können, wird eine gegenseitige Gefährdung zu unterstellen sein, auch wenn sie zunächst nicht offensichtlich ist. In Zweifelsfällen wird deshalb dem Arbeitgeber nahe gelegt, gegebenenfalls einen Koordinator zu bestellen.

Aufgrund der spezifischen planerischen, sicherheitstechnischen und organisatorischen Verantwortung sollten vom Arbeitgeber bzw. dem Koordinator folgende Qualifikationen hinsichtlich des Explosionsschutzes erfüllt werden:

Fachkenntnis auf dem Gebiet des Explosionsschutzes,

Fachkenntnis über die nationalen Vorschriften, die die Richtlinien 89/391/EWG und 1999/92/EG umsetzen,

Kenntnis der betrieblichen Organisationsstruktur,

Führungsqualitäten zur Durchsetzung der erforderlichen Anordnungen.

Grundsätzlich hat der Arbeitgeber bzw. sein Koordinator die Aufgabe, die Arbeiten der beteiligten Arbeitsgruppen unabhängig von ihrer Unternehmenszugehörigkeit aufeinander abzustimmen, um mögliche gegenseitige Gefährdungen zu erkennen und gegebenenfalls einschreiten zu können. Er muss deshalb rechtzeitig über die bevorstehenden Arbeiten informiert sein.

Hinweis: Sowohl die eigenen Mitarbeiter als auch der/die Auftragnehmer sowie alle sonstigen auf dem Firmengelände tätigen Personen sollten den Arbeitgeber bzw. seinen Koordinator mit folgenden Informationen rechtzeitig unterstützen:

- **durchzuführende Arbeiten;**
- vorgesehener Arbeitsbeginn,
- voraussichtliches Arbeitsende,
- Ort der Arbeiten,
- Personaleinsatz,
- vorgesehene Arbeitsweise sowie Maßnahmen und Verfahren zur Umsetzung des Explosionsschutzdokuments;
- Namen des oder der Verantwortlichen.

Im einzelnen umfassen die Aufgaben des Arbeitgebers bzw. seines Koordinators die Durchführung von Ortsbesichtigungen und Abstimmungsgesprächen sowie die Planung, Kontrolle und ggf. störungsbedingte Neuplanung von Arbeitsabläufen, vgl. Checkliste A.3.5.

5.2 Schutzmaßnahmen zur sicheren Zusammenarbeit

Zusammenarbeit kann in Betrieben mit *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* auf verschiedenen Dienstebenen und in allen Betriebsbereichen vorkommen. Für die Festlegung und Durchführung von Maßnahmen zur Vermeidung einer gegenseitigen Gefährdung muss deshalb jedes vom Arbeitsauftrag und seiner Durchführung her mögliche Zusammenarbeiten oder Nebeneinanderarbeiten von Personen oder jede Wechselwirkung auf Distanz (z. B. wenn an verschiedenen Stellen an den gleichen Rohr- oder Stromleitungen gearbeitet wird) berücksichtigt werden.

In der Praxis sind die den Explosionsschutz betreffenden Koordinierungsmaßnahmen meist Bestandteil der allgemeinen Koordinierungsaufgaben:

1. während der Planungsphase,
2. während der Ausführungsphase
3. und nach Abschluss der Arbeiten.

Im Zuge dieser Phasen hat der Arbeitgeber bzw. sein Koordinator auch für die organisatorischen Explosionsschutzmaßnahmen zu sorgen, die Wechselwirkungen zwischen *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre*, Zündquellen und Betriebsstörungen vermeiden.

- Beispiele:**
1. Bildung *gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre* in der Umgebung technischer Anlagen verhindern, wo mit Zündquellen zu rechnen ist [vgl. Kap. 3.1], z. B. durch Verwendung von Ersatzstoffen anstelle von lösungsmittelhaltigen Reinigungsmitteln, Lacken etc. oder durch ausreichende Lüftungsmaßnahmen.
 2. Einsatz und Erzeugen von Zündquellen in Bereichen mit *explosionsgefährlicher Atmosphäre* vermeiden, z. B. bei Schweiß-, Schneid-, Löt- und Trennschneidarbeiten [vgl. Kap. 4.4/4.5 und Muster A.3.3].
 3. Betriebsstörungen z. B. durch Abstellen der Gaseinspeisung, Erzeugung von Druckschwankungen oder Abstellen von Energien oder Schutzsystemen infolge Arbeiten in Nachbarbetrieben verhindern.

Um festzustellen, ob während der Arbeitsausführung die vereinbarten Schutzmaßnahmen durchgeführt werden, die beteiligten Personen ausreichend unterwiesen sind und sie sich entsprechend den vereinbarten Schutzmaßnahmen auch ordnungsgemäß verhalten, kann zur Unterstützung eine Checkliste [vgl. Anhang 3.4] benutzt werden.

Hinweis: Unabhängig von Verpflichtungen Einzelner sollte für aller Beteiligte gelten:

- Kontakt suchen,
- Absprachen treffen,
- Rücksicht nehmen,
- Vereinbarungen einhalten.

6 Im Explosionsschutzdokument

6.1 Anforderungen aus der Richtlinie 1999/92/EG

Im Rahmen seiner Pflichten nach Artikel 4 der RL 1999/92/EG stellt der *Arbeitgeber* sicher, dass ein Explosionsschutzdokument erstellt und auf dem letzten Stand gehalten wird.

Das Explosionsschutzdokument muss danach mindestens die folgenden Informationen enthalten:

- dass die Explosionsrisiken ermittelt und einer Bewertung unterzogen worden sind;**
- dass angemessene Maßnahmen getroffen werden, um die Ziele der Richtlinie zu erreichen;**
- welche Bereiche in Zonen eingeteilt wurden;**
- für welche Bereiche die Mindestvorschriften gemäß Anhang II der Richtlinie gelten;**
- dass die Arbeitsstätte und die Arbeitsmittel einschließlich der Warneinrichtungen sicher gestaltet sind, und sicher betrieben und gewartet werden;**
- dass gemäß der Richtlinie 89/655/EWG des Rates Vorkehrungen für die sichere Benutzung von Arbeitsmitteln getroffen worden sind.**

Das Explosionsschutzdokument muss vor Aufnahme der Arbeit erstellt werden. Es wird überarbeitet, wenn wesentliche Änderungen, Erweiterungen oder Umgestaltungen der Arbeitsstätte, der Arbeitsmittel oder des Arbeitsablaufes vorgenommen werden.

Der *Arbeitgeber* kann bereits vorhandene Gefährdungsbeurteilungen, Dokumente oder andere gleichwertige Berichte miteinander kombinieren und in das Explosionsschutzdokument integrieren.

6.2 Umsetzung

Das Explosionsschutzdokument soll einen Überblick über die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung und die daraus resultierenden technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen für eine Anlage und deren Arbeitsumgebung geben.

Im Folgenden wird eine Mustergliederung für ein Explosionsschutzdokument vorgestellt. Diese Mustergliederung enthält Punkte, die zur Darstellung der o.g. Anforderungen sinnvoll sein können und kann zur Erstellung von Explosionsschutzdokumenten als Gedankenstütze herangezogen werden.

Es soll aber nicht impliziert werden, dass alle diese Punkte in einem Explosionsschutzdokument auftreten müssen. Das Explosionsschutzdokument muss an die jeweiligen betrieblichen Verhältnisse angepasst werden. Es sollte möglichst gut strukturiert und gut lesbar sein und von der Detailtiefe her ein allgemeines Verständnis ermöglichen. Der Umfang der Dokumentation sollte daher nicht zu groß werden. Bei Bedarf ist es ratsam das Explosionsschutzdokument erweiterbar zu gestalten, z. B. als Loseblattsammlung. Dies ist vor allem bei größeren Anlagen oder bei häufigen Änderungen der Anlagentechnik sinnvoll.

In Artikel 8 der Richtlinie 1999/92/EG wird ausdrücklich die Möglichkeit eingeräumt, bestehende Abschätzungen, Dokumente oder Berichte zum Explosionsrisiko zu kombinieren (z. B. Sicherheitsbericht nach Richtlinie 96/82/EG⁵). Das bedeutet, dass in einem Explosionsschutzdokument auf andere Dokumente verwiesen werden kann, ohne dass diese Dokumente explizit in das Explosionsschutzdokument komplett einzubinden sind.

Für Betriebe, die über mehrere Anlagen mit explosionsgefährdeten Bereichen verfügen, kann eine Aufteilung des Explosionsschutzdokumentes in einen allgemeinen und einen anlagenspezifischen Teil sinnvoll sein. In dem allgemeinen Teil werden der Aufbau der Dokumentation und Maßnahmen die für alle Anlagen gelten erläutert. Solche Maßnahmen sind beispielsweise die Unterweisung der Mitarbeiter etc. Im anlagenspezifischen Teil werden die Gefahren und Schutzmaßnahmen in den jeweiligen Anlagen erläutert.

⁵ Richtlinie 96/82/EG des Rates vom 9. Dezember 1996 zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen (ABl. L 10 vom 14.1.1997, S. 13).

Ändern sich die Betriebsbedingungen in einer Anlage häufig, z. B. durch chargenweise Verarbeitung von unterschiedlichen Produkten, so sind sinnvollerweise die gefährlichsten Betriebszustände als Grundlage für eine Bewertung und Dokumentation zu betrachten.

6.3 Mustergliederung eines Explosionsschutzdokumentes

6.3.1 Beschreibung der Arbeitsstätte und der Arbeitsbereiche

Die Arbeitstätte wird in Arbeitsbereiche untergliedert. Im Explosionsschutzdokument werden die Arbeitsbereiche beschrieben, in denen eine Gefährdung durch *explosionsfähige Atmosphäre* vorhanden ist.

Die Beschreibung kann z. B. enthalten: Name des Betriebes, Art der Anlage, Gebäude/Raumbezeichnung und Betriebsverantwortliche, Anzahl der Beschäftigten

Die baulichen und geografischen Gegebenheiten können bildlich dokumentiert werden, z. B. durch Lage- und Aufstellungspläne. Die Flucht- und Rettungswegepläne sollten mit aufgenommen werden.

6.3.2 Beschreibung der Verfahrensschritte und/oder Tätigkeiten

Das betreffende Verfahren sollte in einem kurzen Text und ggf. in Verbindung mit einem Verfahrensfließbild beschrieben werden. In dieser Beschreibung sollten alle für den Explosionsschutz wichtigen Angaben enthalten sein. Dies umfasst eine Beschreibung der Arbeitsschritte inkl. An- und Abfahren, eine Übersicht über Auslegungs- und Betriebsdaten (z. B. Temperatur, Druck, Volumen, Durchsatz, Drehzahl, Betriebsmittel), ggf. Art und Umfang von Reinigungsarbeiten und evtl. Angaben zur Raumlüftung.

6.3.3 Beschreibung der eingesetzten Stoffe/ Sicherheitstechnische Kenngrößen

Insbesondere sollte beschrieben werden, durch welche Stoffe die *explosionsfähige Atmosphäre* gebildet wird, und unter welchen verfahrenstechnischen Bedingungen diese entsteht. Eine Auflistung der explosionsschutzrelevanten *sicherheitstechnische Kenngrößen* ist an dieser Stelle sinnvoll.

6.3.4 Darstellung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung

Es sollte beschrieben werden, wo *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* auftreten kann. Dabei kann nach dem Inneren von Anlagenteilen und der Umgebung unterschieden werden. Es sind nicht nur der Normalbetrieb, sondern auch das Anfahren/Abfahren und Reinigen sowie Betriebsstörungen zu berücksichtigen. Weiterhin ist ggf. die Vorgehensweise bei Verfahrens- oder Produktänderungen einzubeziehen. Die *explosionsgefährdeten Bereiche (Zonen)* können sowohl textlich als auch grafisch in Form eines Zonenplans dargestellt werden (siehe Kapitel 3.2.1)

Weiterhin werden unter diesem Punkt die Explosionsgefährdungen (siehe Kapitel 2) dargestellt. Dabei ist es nützlich, die Vorgehensweise zu beschreiben, die verwandt wurde, um die Explosionsgefährdungen zu identifizieren.

6.3.5 Getroffene Explosionsschutzmaßnahmen

Basierend auf der Gefährdungsbeurteilung werden in diesem Kapitel die resultierenden Explosionsschutzmaßnahmen dargestellt. Es sollte das zugrundeliegende Schutzprinzip erwähnt werden, z. B. „Vermeiden von wirksamen Zündquellen“ etc. Eine Einteilung in technische und organisatorische Schutzmaßnahmen ist dabei sinnvoll.

Technische Maßnahmen

- Vorbeugende Maßnahmen
Da das Explosionsschutzkonzept der Anlage ganz oder teilweise auf den vorbeugenden Maßnahmen Vermeiden von *explosionsfähiger Atmosphäre* oder Vermeiden von Zündquellen basiert, ist eine detaillierte Beschreibung der Umsetzung dieser Maßnahmen erforderlich. (siehe Kapitel 3.1 und 3.2)
- Konstruktive Maßnahmen
Da die Anlage durch konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen geschützt wird, ist die Art, die Funktionsweise und der Einbauort der Schutzmaßnahme zu beschreiben. (siehe Kapitel 3.3)
- Maßnahmen der Prozessleittechnik
Sind Maßnahmen der Prozessleittechnik Teil des Explosionsschutzkonzeptes, so ist die Art, die Funktionsweise und der Einbauort der Schutzmaßnahme zu beschreiben. (siehe Kapitel 3.4)

Organisatorische Maßnahmen

Die organisatorischen Explosionsschutzmaßnahmen werden ebenfalls im Explosionsschutzdokument beschrieben. (siehe Kapitel 4)

Aus dem Dokument sollte hervorgehen:

**welche Betriebsanweisungen für einen Arbeitsplatz oder eine Tätigkeit erstellt wurden,
wie die Qualifikation der Beschäftigten gewährleistet wird,
Inhalt und Häufigkeit der Unterweisungen (und wer teilgenommen hat),
wie ggf. die Benutzung von ortveränderlichen Arbeitsmitteln in den *explosionsgefährdeten Bereichen* geregelt wird,
wie sichergestellt wird, dass die *Arbeitnehmer* nur geeignete Schutzkleidung tragen,
ob ein Arbeitsfreigabesystem existiert und wie dieses ggf. organisiert ist,
wie Instandhaltungs-, Prüfungs- und Kontrollarbeiten organisiert sind und
wie die *explosionsgefährdeten Bereiche* gekennzeichnet sind.**

Sind zu diesen Punkten entsprechende Formulare vorhanden, können diese als Muster dem Explosionsschutzdokument beigelegt werden. Dem Dokument sollte eine Liste mit für den Einsatz in explosionsfähigen Bereichen zugelassenen ortsveränderlichen Arbeitsmitteln beigelegt werden. Wie detailliert die Angaben sind, sollte von Art und Umfang der Arbeitsvorgänge und vom der Höhe des Risikos abhängen.

6.3.6 Realisierung der Explosionsschutzmaßnahmen

Aus dem Explosionsschutzdokument sollte hervorgehen, wer für die Umsetzung bestimmter Maßnahmen verantwortlich ist oder wer beauftragt wurde oder wird (u.a. auch für die Erstellung und Fortführung des Explosionsschutzdokumentes). Es ist auch zu erwähnen, zu welchem Zeitpunkt die Maßnahmen angewendet werden müssen, und wie ihre Wirksamkeit kontrolliert wird.

6.3.7 Koordinierung der Explosionsschutzmaßnahmen

Sind Arbeitgeber mehrerer Betriebe an derselben Arbeitsstätte tätig, so ist jeder *Arbeitgeber* für die Bereiche, die seiner Kontrolle unterstehen verantwortlich. Derjenige *Arbeitgeber*, der die Verantwortung für die Arbeitsstätte hat, koordiniert die Durchführung der den Explosionsschutz betreffenden Maßnahmen und macht in seinem Explosionsschutzdokument genauere Angaben über das Ziel, die Maßnahmen und die Modalitäten der Durchführung dieser Koordinierung.

6.3.8 Anhang des Explosionsschutzdokumentes

Der Anhang kann z. B. EG-Baumusterprüfbescheinigungen, EG-Konformitätserklärungen, Sicherheitsdatenblätter, Betriebsanleitungen von Apparaten, Betriebsmitteln oder technischen Arbeitsmitteln, o. ä. enthalten. Hier können beispielweise auch explosionsschutzrelevante Wartungspläne mit aufgenommen werden.

ANLAGEN

A.1 Glossar

Zum eindeutigen Verständnis des Leitfadens werden nachfolgend wesentlichen Begriffe zum Explosionsschutz bestimmt. Für Begriffe, die sich auf Legaldefinitionen in den europäischen Richtlinien und harmonisierten Normen stützen, sind die zugehörigen Quellen angegeben. Für weitergehende Fachbegriffe wurden Definitionen aus der Fachliteratur entnommen.

Arbeitgeber:

Jede natürliche oder juristische Person, die als Vertragspartei des Beschäftigungsverhältnisses mit dem Arbeitnehmer die Verantwortung für das Unternehmen bzw. den Betrieb trägt. [RL 89/391/EWG]

Arbeitsmittel

Als Arbeitsmittel werden alle Maschinen, Apparate, Werkzeuge oder Anlagen, die bei der Arbeit benutzt bezeichnet. [89/655/EWG]

Arbeitnehmer:

Jede Person, die von einem Arbeitgeber beschäftigt wird, einschließlich Praktikanten und Lehrlingen, jedoch mit Ausnahme von Hausangestellten. [RL 89/391/EWG]

Atmosphärische Bedingungen

Als atmosphärische Bedingungen werden in der Regel eine Umgebungstemperatur von -20 °C bis 60 °C und ein Druckbereich zwischen 0,8 bar und 1,1 bar verstanden. (ATEX-Leitlinien, Richtlinie 94/9/EG)

Bestimmungsgemäße Verwendung:

Verwendung von Geräten, Schutzsystemen und Vorrichtungen im Sinne des Artikels 1 Absatz 2 entsprechend der Gerätegruppe und -kategorie und unter Beachtung aller Herstellerangaben, die für den sicheren Betrieb der Geräte, Schutzsysteme und Vorrichtungen notwendig sind. [RL 94/9/EG]

Dispersionsgrad:

Maß für die (feinste) Verteilung eines festen oder flüssigen Stoffes (Dispersum) in einem anderen flüssigen oder gasförmigen Stoff (Dispersens) ohne molekulare Verbindung als Aerosol, Emulsion, Kolloid oder Suspension.

Explosion:

Plötzliche Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beider gleichzeitig. [EN 1127-1]

Explosionsdruck (maximaler):

Unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelter maximaler Druck, der in einem geschlossenen Behälter bei der Explosion einer explosionsfähigen Atmosphäre auftritt. [EN 1127-1]

Explosionsdruckentlastung:

Schutzmaßnahme, die den Explosionsdruck unter Ausschub von unverbranntem Gemisch und von Verbrennungsprodukten durch Freigabe von vorgegebenen Öffnungen so begrenzt, dass der Behälter, der Arbeitsplatz oder das Gebäude nicht über seine vorgegebene Festigkeit (Explosionsfestigkeit) beansprucht wird.

Explosionsdruckentlastungsflächen:

Die geometrischen Entlastungsfläche einer Explosionsdruckentlastungseinrichtung.

Explosionsdruckentlastungseinrichtungen:

Einrichtung, die während des normalen Betriebes eine Entlastungsöffnung verschließt und im Explosionsfall freigibt.

Explosionsdruckfest:

Eigenschaft von Behältern und Betriebsmitteln, die so gebaut sind, dass sie dem zu erwartenden Explosionsdruck standhalten, ohne sich bleibend zu verformen. [EN 1127-1]

Explosionsdruckstoßfest:

Eigenschaft von Behältern und Betriebsmitteln, die so gebaut sind, dass sie dem zu erwartenden Explosionsdruck standhalten, ohne zu bersten, wobei jedoch bleibende Verformungen zulässig sind. [EN 1127-1]

Explosionsfähige Atmosphäre:

Als „Explosionsfähige Atmosphäre“ gilt ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt. [RL 1999/92/EG]

Zu beachten ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre, wie sie in der Richtlinie definiert ist, unter Umständen nicht schnell genug brennen kann, um eine Explosion auszulösen, wie sie in EN 1127-1 definiert ist.

Explosionsfähiges Gemisch:

Gemisch aus einem in der Gasphase feinverteiltem Brennstoff und einem gasförmigen Oxidationsmittel in dem sich eine *Explosion* nach erfolgter Zündung ausbreiten kann. Handelt es sich bei dem Oxidationsmittel um Luft unter atmosphärischen Bedingungen, so spricht man von *explosionsfähiger Atmosphäre*.

Explosionsgefährdeter Bereich:

Ein Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre in solchen Mengen auftreten kann, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der betroffenen Arbeitnehmer erforderlich werden, gilt als „Explosionsgefährdeter Bereich“. [RL 1999/92/EG]

Explosionsgrenzen:

Wenn die Konzentration des ausreichend dispergierten brennbaren Stoffes in Luft einen Mindestwert (untere Explosionsgrenze) überschreitet, ist eine Explosion möglich. Eine solche kommt nicht mehr zustande, wenn die Gas- oder Dampfkonzentration einen maximalen Wert (obere Explosionsgrenze) überschritten hat.

Unter anderen als atmosphärischen Bedingungen ändern sich die Explosionsgrenzen. Der Konzentrationsbereich zwischen den Explosionsgrenzen erweitert sich, z. B. in der Regel mit steigendem Druck und steigender Temperatur des Gemisches. Über einer brennbaren Flüssigkeit kann sich explosionsfähige Atmosphäre nur bilden, wenn die Temperatur der Flüssigkeitsoberfläche einen Mindestwert überschreitet.

Explosionsgruppe:

Gase und Dämpfe werden in Abhängigkeit von ihrer Grenzspaltweite (in einer genormten Apparatur wird die Durchschlagsfähigkeit einer Explosionsflamme durch einen definierten Spalt ermittelt) und ihrem Mindestzündstrom (Strom der in einer genormten Apparatur zur Zündung führt) in drei Gruppen unterteilt (II A, II B, II C wobei II C die Gruppe mit den kleinsten Grenzspaltweite ist).

Flammpunkt:

Niedrigste Temperatur, bei der unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen eine Flüssigkeit brennbares Gas oder brennbaren Dampf in solcher Menge abgibt, dass bei Kontakt mit einer wirksamen Zündquelle sofort eine Flamme auftritt. [EN 1127-1]

Gefahrdrohende Mengen:

Explosionsfähige Atmosphäre in einer Menge, die die Gesundheit und die Sicherheit von Arbeitnehmern oder anderen gefährden kann. [1999/92/EG]

Bereits 10 Liter explosionsfähige Atmosphäre als zusammenhängende Menge müssen in geschlossenen Räumen unabhängig von der Raumgröße in der Regel als gefahrdrohend angesehen werden.

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre :

Explosionsfähige Atmosphäre, die in *gefährdenden Mengen* auftritt.

Gerät:

Als „Geräte“ gelten Maschinen, Betriebsmittel, stationäre oder ortsbewegliche Vorrichtungen, Steuerungs- und Ausrüstungsteile sowie Warn- und Vorbeugungssysteme, die einzeln oder kombiniert zur Erzeugung, Übertragung, Speicherung, Messung, Regelung und Umwandlung von Energien und/oder zur Verarbeitung von Werkstoffen bestimmt sind und die eigene potenzielle Zündquellen aufweisen und dadurch eine Explosion verursachen können. [RL 94/9/EG]

Gerätegruppe:

Gerätegruppe I gilt für Geräte zur Verwendung in Untertagebetrieben von Bergwerken sowie deren Übertageanlagen, die durch Grubengas und/oder brennbare Stäube gefährdet werden können. Gerätegruppe II gilt für Geräte zur Verwendung in den übrigen Bereichen, die durch eine explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können. [RL 94/9/EG]

Hinweis: Geräte der Gerätegruppe I sind für diesen Leitfaden nicht relevant. (siehe Kapitel 1.2 Anwendungsbereich)

Geräteklasse:

Geräte und Schutzsysteme können für eine bestimmte explosionsfähige Atmosphäre konzipiert werden. In diesem Fall werden sie entsprechend gekennzeichnet. [RL 94/9/EG]

Hinweis: Es gibt auch Geräte die für den Einsatz in verschiedenen explosionsfähigen Atmosphären konzipiert werden, die z. B. in Staub/Luft- als auch in Gas/Luft-Gemischen eingesetzt werden können.

Hybride Gemische:

Gemisch von Luft und brennbaren Stoffen, in unterschiedlichen Aggregatzuständen, z. B. Methan und Kohlenstaub in Luft. [EN 1127-1]

Kategorie

Einteilung von Betriebsmitteln in Abhängigkeit vom geforderten Schutzgrad. [94/9/EG]

Komponente:

Als „Komponenten“ werden solche Bauteile bezeichnet, die für den sicheren Betrieb von Geräten und Schutzsystemen erforderlich sind, ohne jedoch selbst eine autonome Funktion zu erfüllen. [RL 1994/9/EG]

Korngröße

Nenn Durchmesser eines Staubteilchens.

Nichtexplosionsgefährdeter Bereich:

Ein Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre nicht in solchen Mengen zu erwarten ist, dass besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, gilt als „Nichtexplosionsgefährdeter Bereich“. [RL 1999/92/EG]

Obere Explosionsgrenze:

Obere Grenze des Bereiches der Konzentrationen eines brennbaren Stoffes in Luft, in dem eine Explosion auftreten kann. [in Anlehnung an EN 1127-1]

Oberflächentemperatur, maximal zulässige

Maximal zulässige Temperatur einer Oberfläche (z. B. eines Betriebsmittels), die durch abziehen eines festgelegten Temperaturwertes von der Zünd- und/oder Glimmtemperatur erhalten wird.

Q-Rohr

Die sog. Q-Rohre können Explosionsentlastungseinrichtungen nachgeschaltet werden. Durch ein spezielles Drahtgewebe wird die Explosionsflamme unterbrochen und breitet sich nicht außerhalb des Q-Rohres aus.

Sauerstoffgrenzkonzentration:

Maximale Sauerstoffkonzentration in einem Gemisch eines brennbaren Stoffes mit Luft, in dem eine Explosion nicht auftritt, bestimmt unter festgelegten Versuchsbedingungen. [EN 1127-1]

Schutzsystem:

Als „Schutzsysteme“ werden alle Vorrichtungen mit Ausnahme der Komponenten der vorstehend definierten Geräte bezeichnet, die anlaufende Explosionen umgehend stoppen und/oder den von einer Explosion betroffenen Bereich begrenzen sollen und als autonome Systeme gesondert in den Verkehr gebracht werden. [RL 94/9/EG]

Hinweis: Unter Schutzsystemen versteht man auch integrierte Schutzsysteme, die in Verbindung mit einem Gerät in den Verkehr gebracht werden.

Stoffe zur Bildung explosionsfähiger Atmosphäre:

Brennbare Substanzen sind als Stoffe, die explosionsfähige Atmosphäre bilden können einzustufen, es sei denn, die Prüfung ihrer Eigenschaften hat ergeben, dass sie in Mischungen mit Luft nicht in der Lage sind, eine Explosion selbsttätig fortzuleiten. [RL 1999/92/EG]

Schwelppunkt

Der Schwelppunkt ist die Temperatur, oberhalb derer mit der Bildung eines explosionsfähigen Gemisches durch die entstehenden Schwelppgase gerechnet werden muss. [VDI 2263]

Technisch dicht:

Technisch dicht sind Anlagenteile, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder Dichtheitsüberwachung bzw. -kontrolle, z. B. mit schaubildenden Mitteln oder mit Lecksuch- oder -anzeigegeräten, eine Undichtheit nicht erkennbar ist, jedoch seltene kleine Freisetzen brennbarer Stoffe nicht ausgeschlossen werden können.

Temperaturklasse:

Betriebsmittel werden nach ihrer maximalen Oberflächentemperatur in Temperaturklassen eingeteilt. In Analogie dazu wird eine Einteilung der Gase nach ihren Zündtemperaturen vorgenommen.

Untere Explosionsgrenze:

Untere Grenze des Bereiches der Konzentrationen eines brennbaren Stoffes in Luft, in dem eine Explosion auftreten kann. [EN 1127-1]

Wirksame Zündquelle:

Zündquellen werden in ihrer Wirkung häufig unterschätzt oder nicht erkannt. Ihre Wirksamkeit, d.h. die Fähigkeit explosionsfähige Atmosphäre zu entzünden, hängt u.a. von der Energie der Zündquelle und von den Eigenschaften der explosionsfähigen Atmosphäre ab. Unter anderen als atmosphärischen Bedingungen ändern sich die für die Entzündung maßgebenden Eigenschaften der explosionsfähigen Gemische, z. B. wird die Mindestzündenergie von Gemischen mit erhöhtem Sauerstoffgehalt um Zehnerpotenzen verringert.

Zonen:

siehe „Zoneneinteilung“

Zoneneinteilung:

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt. [RL 1999/92/EG]

Zündquelle

Eine Zündquelle gibt eine Energiemenge an ein explosionsfähiges Gemisch ab, die in der Lage ist zu bewirken, dass sich der Zündvorgang in diesem Gemisch fortpflanzt.

Zündschutzart:

Die besonderen Maßnahmen, die an Betriebsmitteln getroffen sind, um die Zündung einer umgebenen explosionsfähigen Atmosphäre zu verhindern. [in Anlehnung an EN 50014]

Zündtemperatur:

Die unter vorgegebenen Versuchsbedingungen ermittelte, niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei sich der die Entzündung eines brennbaren Stoffes als Gas/Luft-, Dampf/Luft- oder Staub/Luft-Gemisch eintritt. [EN 1127-1]

A.2 Vorschriften und weiterführende Informationsquellen zum Explosionsschutz

Anhang A.2 enthält die Europäischen Richtlinien und Leitlinien sowie die europäisch harmonisierten Normen in der jeweiligen Landessprache der nationalen Leitfadenfassung. Nationale Rechtsvorschriften zur Umsetzung der Richtlinie 1999/92/EG sind - soweit zum Zeitpunkt der Leitfadenerstellung bereits bekannt - in der Sprache ihrer Veröffentlichung aufgeführt.

Zur Aufnahme weiterer nationaler Vorschriften und weiterführender Literatur sowie der nationalen Beratungsstellen hält der Anhang zusätzliche Kapitel bereit, die von den national zuständigen Stellen aufgefüllt werden können.

A.2.1 Nationale Vorschriften der europäischen Mitgliedsstaaten zur Umsetzung der Europäischen Richtlinien und Leitlinien¹

89/391/EWG	Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit (ABl. L 183 vom 29.06.1989, S. 1)
89/655/EWG	Richtlinie 89/655/EWG des Rates vom 30. November 1989 über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit (Zweite Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. L 393 vom 30.12.1989, S. 13)
90/396/EWG	Richtlinie 90/396/EWG des Rates vom 29. Juni 1990 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Gasverbrauchseinrichtungen (ABl. L 196 vom 26.07.1990, S. 15)
92/58/EWG	Richtlinie 92/58/EWG des Rates vom 24. Juni 1992 über Mindestvorschriften für die Sicherheits- und/oder Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (Neunte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. L 245 vom 26.8.1992, S. 23)
92/91/EWG	Richtlinie 92/91/EWG des Rates vom 3. November 1992 über Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer in den Betrieben, in denen durch Bohrungen Mineralien gewonnen werden (Elfte Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. L 348 vom 28.11.1992, S. 9)
92/104/EWG	Richtlinie 92/104/EWG des Rates vom 3. Dezember 1992 über Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer in übertägigen oder untertägigen mineralgewinnenden Betrieben (Zwölfte Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. L 404 vom 31.12.1992, S. 10)
94/9/EG	Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ABl. L 100 vom 19.04.1994, S. 1).
96/82/EG	Richtlinie 96/82/EG des Rates vom 9. Dezember 1996 zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen (ABl. L 10 vom 14.1.1997, S. 13)

¹ Die Volltexte der genannten Richtlinien können kostenlos über das Internet im Europäischen Rechtslexikon (EUR-LEX) unter http://europa.eu.int/eur-lex/en/search/search_lif.html eingesehen werden.

1999/92/EG	Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können (Fünfzehnte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. L 23 vom 28.01.2000, S. 57;
2001/45/EG	Richtlinie 2001/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 zur Änderung der Richtlinie 89/655/EWG des Rates über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit (zweite Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. L 195 vom 19.7.2001, S. 46)
ATEX-Leitlinien	Leitlinien zur Anwendung der Richtlinie 94/9/EG des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen, Mai 2000 (Herausgegeben von der europäischen Kommission, 2001). ISBN 92-894-0784-0
67/548/EWG	Richtlinie 67/548/EWG des Rates vom 27. Juni 1967 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe (ABl. L 196 vom 16.08.1967, S. 1), zuletzt geändert am 6. August 2001 (ABl. L 225 vom 21.08.2001, S. 1)

A.2.2 Nationale Vorschriften der europäischen Mitgliedsstaaten zur Umsetzung der Richtlinie 1999/92/EG (*Kursivtext von Kommission nachzutragen*)

Belgien

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Dänemark

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Deutschland

BetrSichV Verordnung zur Rechtsvereinfachung im Bereich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, der Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und der Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV), 27. September 2002 (BGBl. 2002 Teil I S. 3777)

England

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Griechenland

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Schweden

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Spanien

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Frankreich

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Irland

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Italien

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Luxemburg

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Niederlande

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Österreich

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Portugal

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

Finnland

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

A.2.3 Auswahl an Europäischen Normen

Eine aktuelle Liste ist auf der Website des Europäischen Komitees für Normung (CEN) zu finden:
http://www.cenorm.be/standardization/tech_bodies/cen_bp/workpro/tc305.htm

EN 50 281-3	Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub - Teil 3: Einteilung von staubexplosionsgefährdeten Bereichen
EN 1127-1	Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik; Fassung EN 1127-1:1997
EN 13463-1	Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 1: Grundlagen und Anforderungen; Fassung EN 13463-1:2001
EN 12874	Flammendurchschlagssicherungen - Leistungsanforderungen, Prüfverfahren und Einsatzgrenzen, Fassung EN 12874: 2001
EN 60079-10	Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche - Teil 10: Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche, Fassung EN 60079-10:1996
prEN 1839	Bestimmung der Explosionsgrenzen von Gasen und Gasgemischen in Luft
prEN 13237-1	Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 1: Benennungen und Definitionen für Geräte, Schutzsysteme und Komponenten zur Verwendung in explosionsfähigen Atmosphären; Fassung prEN 13237-1:1998
prEN 13463-2	Nichtelektrische Geräte zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 2: Schutz durch schwadenhemmende Kapselung „fr“; Fassung prEN 13463-2:2000
prEN 13463-5	Nichtelektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 5: Schutz durch sichere Bauweise; Fassung prEN 13463-5:2000
prEN 13463-8	Nichtelektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 8: Schutz durch Flüssigkeitskapselung „k“; Fassung prEN 13463-8:2001
prEN 13673-1	Verfahren zur Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes und des maximalen zeitlichen Druckanstieges für Gase und Dämpfe - Teil 1: Bestimmungsverfahren für den maximalen Explosionsdruck; Fassung prEN 13673-1:1999

prEN 13673-2	Verfahren zur Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes und des maximalen zeitlichen Druckanstieges für Gase und Dämpfe - Teil 2: Bestimmungsverfahren für den maximalen zeitlichen Druckanstieg
prEN 13821	Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luft-Gemischen; Fassung prEN 13821:2000
prEN 13980	Explosionsgefährdete Bereiche - Anwendung von Qualitätsmanagementsystemen; Fassung prEN 13980:2000
prEN 14034-1	Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staubwolken - Teil 1: Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes; Fassung prEN 14034-1:2002
prEN 14034-4	Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staubwolken - Teil 4: Bestimmung der Sauerstoffgrenzkonzentration von Staubwolken; Fassung prEN 14034-4:2001
prEN 14373	Explosionsunterdrückungssysteme
prEN 14460	Explosionsfeste Bauweise
prEN 14491	Lüftungssysteme in staubexplosionsgefährdeten Bereichen
prEN 14522	Bestimmung der Mindestzündtemperatur von Gasen und Dämpfen

A.2.4 Weitere nationale Vorschriften und Literatur (*Eintrag durch nationale Stellen*)

Nationale Vorschriften

Bezeichnung *Langtitel (Kurztitel), Ausgabedatum, Quelle*

...

Literatur

Titel, Autor, Veröffentlichungsdatum, Quelle

...

A.2.5 Nationale Beratungsstellen (*Eintrag durch nationale Stellen*)

Name der Organisation <i>ggf. Ansprechpartner</i> <i>Straße/Postfach</i> <i>Postleitzahl, Ort</i>	Tel.: ... Fax: ... E-Mail: ...
...	...

A.3 Musterformulare und Checklisten

Muster und Checklisten dienen zur leichteren Umsetzung der Leitfadeninhalte in die Praxis. Sie erheben aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

- A.3.1 Checkliste »Explosionsschutz im Inneren von Apparaten«
- A.3.2 Checkliste »Explosionsschutz in der Umgebung von Apparaten«
- A.3.3 Muster »Erlaubnisschein für Arbeiten mit Zündquellen in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre«
- A.3.4 Checkliste »Koordinierungsmaßnahmen zum betrieblichen Explosionsschutz«
- A.3.5 Checkliste »Aufgaben des Koordinators zum betrieblichen Explosionsschutz«
- A.3.6 Checkliste »Vollständigkeit des Explosionsschutzdokuments«

A.3.1 Checkliste »Explosionsschutz im Inneren von Apparaten«

Checkliste Explosionsschutzbeurteilung I - Schwerpunkt »Inneres von Apparaten« -		Bearbeiter	
		Datum	
<i>Zweck</i> Beurteilung des Explosionsschutzes im Inneren von Anlagen und Apparaten, um das vorhandene Explosionsschutzkonzept aufgrund gezielter Fragen zu bewerten und ggf. weitere notwendige Maßnahmen zu ergreifen. Offene Fragen können mit Hilfe der angegebenen Kapitel im Leitfaden, durch Nachfrage örtlicher Arbeitsschutzorganisationen oder in Auswertung aktueller Literatur geklärt werden.			
<i>Apparat/Anlage</i>			
Checkpunkt	Ja	Nein	Ergriffene Maßnahmen/ Bemerkungen
Wird das Vorhandensein brennbarer Stoffe soweit möglich vermieden [vgl. Kap. 2.2.1]?	☐	☐	
Ist das Entstehen explosionsfähiger Gemische aus den vorhandenen brennbaren Stoffen weitmöglichst verhindert [vgl. Kap. 2.2.2/2.2.3]?	☐	☐	
Wird das Auftreten gefahrdrohender Mengen explosionsfähiger Atmosphäre soweit möglich ausgeschlossen [vgl. Kap. 2.2.4]?	☐	☐	
Kann die Bildung explosionsfähiger Gemische im Inneren verhindert oder eingeschränkt werden [vgl. Kap. 3.1]?	☐	☐	
• Können Verfahrensbedingungen sicherstellen, dass unbedenkliche Konzentrationen eingehalten werden [vgl. Kap. 3.1.2]?	☐	☐	
• Wird die Konzentration dauerhaft sicher unterhalb der unteren oder oberhalb der oberen Explosionsgrenze gehalten [vgl. Kap. 3.1.2]?	☐	☐	
• Wird beim Anfahren und/oder Abstellen der Anlage der Explosionsbereich umgangen [vgl. Kap. 3.1.2]?	☐	☐	
• Können beim Betrieb oberhalb der oberen Explosionsgrenze austretende Gemische außerhalb der Apparatur explosionsfähige Atmosphäre bilden und wird dies verhindert [vgl. Kap. 3.1.4]?	☐	☐	

Checkliste Explosionsschutzbeurteilung I
- Schwerpunkt »Inneres von Apparaten« -

Checkpunkt	Ja	Nein	Ergriffene Maßnahmen/ Bemerkungen
Kommen alle notwendigen Maßnahmen zur Verhinderung einer Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zum Einsatz [vgl. Kap. 3.2/ 3.2.2]? • Sind Zonen bekannt und eingeteilt [vgl. Kap. 3.2.1]? • Sind wirksame Zündquellen der 13 bekannten Zündquellenarten entsprechend der Zoneneinteilung zu erwarten [vgl. Kap. 3.2.3]?	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	
Kann sich im Inneren der Anlage bzw. Apparate trotz aller vorgenannten Maßnahmen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entzünden [vgl. Kap. 2.2.6]?	☐	☐	
Werden die Auswirkungen einer Explosion durch entsprechend nach dem Stand der Technik dimensionierte konstruktive Maßnahmen auf ein unbedenkliches Maß beschränkt, ohne dass eine Gefährdung für die Umgebung entsteht (z. B. durch Druckentlastung) [vgl. Kap. 3.3]? • Explosionsfeste Bauweise [vgl. Kap. 3.3.1]? • Explosionsdruckentlastung [vgl. Kap. 3.3.2]? • Explosionsunterdrückung [vgl. Kap. 3.3.3]? • Verhinderung der Flammen- und Explosionsübertragung in vor- und nachgeschaltete Anlagenteile [vgl. Kap. 3.3.4]? - Flammendurchschlagsichere Einrichtungen für Gase, Dämpfe, Nebel? - Entkopplungseinrichtungen für Stäube? - Explosionstechnische Entkopplung bei hybriden Gemischen?	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	

A.3.2 Checkliste »Explosionsschutz in der Umgebung von Apparaten«

Checkliste Explosionsschutzbeurteilung II - Schwerpunkt »Umgebung von Apparaten« -			<i>Bearbeiter</i> <i>Datum</i>
<i>Zweck</i> Beurteilung des Explosionsschutzes in der Umgebung von Anlagen und Apparaten, um das vorhandene Explosionsschutzkonzept aufgrund gezielter Fragen zu bewerten und ggf. weitere notwendige Maßnahmen zu ergreifen. Offene Fragen können mit Hilfe der angegebenen Kapitel im Leitfaden, durch Nachfrage örtlicher Arbeitsschutzorganisationen oder in Auswertung aktueller Literatur geklärt werden.			
<i>Apparat/Anlage</i> 			
Checkpunkt	Ja	Nein	Ergriffene Maßnahmen/ Bemerkungen
Wird die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen verhindert [vgl. Kap. 3.1.4]? • Verhindern verfahrenstechnische Maßnahmen, die Bauart oder die räumliche Anordnung explosionsfähige Atmosphären? • Sind die Apparaturen/Anlagen dicht? • Kommen Lüftungs- bzw. Absaugungsmaßnahmen zum Einsatz?	☐ ☐ ☐ ☐ 	☐ ☐ ☐ ☐ 	
Erfolgt eine Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Apparaturen [vgl. Kap. 3.1.5]? • Durch Gaswarnanlagen mit Alarmgabe? • Durch Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Schutzmaßnahmen? • Durch Gaswarnanlagen durch automatische Auslösung von Notfunktionen?	☐ ☐ ☐ ☐ 	☐ ☐ ☐ ☐ 	
Kann in der Umgebung der Anlage bzw. Apparate trotz der vorgenannten Maßnahmen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten [vgl. Kap. 2.2.5]?	☐	☐	

Checkliste Explosionsschutzbeurteilung II
- Schwerpunkt »Umgebung von Apparaten« -

Checkpunkt	Ja	Nein	Ergriffene Maßnahmen/ Bemerkungen
Kommen alle notwendigen Maßnahmen zur Verhinderung einer Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zum Einsatz [vgl. Kap. 3.2/ 3.2.2]? • Sind Zonen bekannt und eingeteilt [vgl. Kap. 3.2.1]? • Sind wirksame Zündquellen der 13 bekannten Zündquellenarten entsprechend der Zoneneinteilung zu erwarten [vgl. Kap. 3.2.3]?	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	
Durch welche bautechnischen Maßnahmen werden die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränkt, z. B.: • Abmauerung von Hochdruckautoklaven?	☐ ☐	☐ ☐	
Werden organisatorische Maßnahmen getroffen, um die Wirksamkeit der technischen Maßnahmen zu gewährleisten [vgl. Kap. 4]? • Sind Betriebsanweisungen vorhanden? • Werden qualifizierte Mitarbeiter eingesetzt? • Werden Arbeitnehmer unterwiesen? • Besteht ein Arbeitsfreigabesystem? • Sind explosionsgefährliche Bereiche gekennzeichnet?	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
Sind Schutzmaßnahmen bei Instandsetzungsarbeiten vorgesehen [vgl. Kap. 4.5]?	☐	☐	

A.3.3 Muster »Erlaubnisschein für Arbeiten mit Zündquellen in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre«

Erlaubnisschein Für Arbeiten mit Zündquellen in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre		
1	Arbeitsort/-stelle	
2	Arbeitsauftrag (z. B. Rohr anschweißen)	
3	Art der Arbeiten	☐ Schweißen ☐ Schneiden ☐ Trennschleifen ☐ Löten ☐ Auftauen ☐
4	Sicherheitsvorkehrungen vor Beginn der Arbeiten	☐ Entfernen sämtlicher beweglicher brennbarer Gegenstände und Stoffe, auch Staubablagerungen, im Umkreis von m und – soweit erforderlich – auch in angrenzenden Räumen ☐ Abdecken der nicht beweglichen brennbaren Gegenstände, z. B. Holzbalken, Holzwände und -fußböden, Kunststoffteile usw. mit schützenden Materialien ☐ Abdichten von Gebäudeöffnungen, Fugen und Ritzen sowie sonstiger Durchlässe wie z. B. Gitterroste mit nicht brennbaren Stoffen ☐ Entfernen von Umkleidungen und Isolierungen ☐ Beseitigen von Explosionsgefahr in Behältern und Rohrleitungen, ggf. Inertisieren ☐ Verschließen der Öffnungen von Rohrleitungen, Behältern, Armaturen etc. ☐ Bereitstellen einer Brandwache mit gefüllten Wassereimern, Feuerlöschern oder mit angeschlossenem Wasserschlauch (bei Stäuben nur Sprühen)
5	Brandwache	☐ während der Arbeit Name: ☐ nach Beendigung der Arbeit Name: Dauer: Std.
6	Alarmierung	Standort des nächstgelegenen Brandmelders Telefons Feuerwehr Ruf-Nr.:
7	Löschgerät, -mittel	☐ Feuerlöscher mit ☐ Wasser ☐ CO ₂ ☐ Pulver ☐ gefüllte Wassereimer ☐ Angeschlossener Wasserschlauch
8	Erlaubnis	Die aufgeführten Sicherheitsmaßnahmen sind durchzuführen. Die gesetzlichen Vorschriften zur Unfallverhütung und die Sicherheitsvorschriften der Versicherer sind zu beachten.
Datum		Unterschrift des Betriebsleiters oder dessen Beauftragten Unterschrift des Ausführenden

A.3.4 Checkliste »Koordinierungsmaßnahmen zum betrieblichen Explosionsschutz«

Checkliste Koordinierungsmaßnahmen - Schwerpunkt »Betrieblicher Explosionsschutz« -	<i>Bearbeiter</i>	
	<i>Datum</i>	
<i>Zweck</i> Diese Checkliste kann unterstützen, wenn geprüft werden soll, ob zu einer sicheren Zusammenarbeit zwischen Arbeitgeber und Fremdfirma die vereinbarten Schutzmaßnahmen durchgeführt werden, die beteiligten Personen ausreichend unterwiesen sind und sie sich entsprechend den vereinbarten Schutzmaßnahmen verhalten.		
<i>Arbeitsauftrag</i>		
Checkpunkt	Ja	Nein
Findet eine Kontrolle statt, ob gesetzliche und betriebliche Vorschriften zur Umsetzung der RL 1999/92/EG beachtet werden? • Ist eine Person (Koordinator) zur Koordinierung der Zusammenarbeit beauftragt [vgl. Kap. 5.1]? • Ist die beauftragte Person hinreichend qualifiziert [vgl. Kap. 5.1]? • Ist der Koordinator vor Ort bekannt? • Werden Subunternehmer dem Arbeitgeber angezeigt?	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Wird der Arbeitsablauf auf mögliche gegenseitige Gefährdungen überprüft [vgl. Kap. 5.2]? • Ist die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Bereichen ausgeschlossen, in denen mit Zündquellen zu rechnen ist? • Ist das Verwenden oder Erzeugen von Zündquellen in Bereichen mit gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindert? • Wird das Auftreten von Betriebsstörungen in Nachbarbetrieben mit explosionsgefährdeten Bereichen vermieden?	☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐
Ist der Arbeitsablauf festgelegt [vgl. Checkliste in Anhang A.3.5]?	☐	☐
Werden aufgrund des Arbeitsfortschritts oder erkannter Defizite die vereinbarten Schutzmaßnahmen in geeigneter Weise angepasst? • Erfolgt eine ständige Unterrichtung? • Erfolgt eine ständige Abstimmung? • Erfolgt eine ständige Anweisung? • Erfolgt ein ständiges Vergewissern?	☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐

A.3.5 **Checkliste »Aufgaben des Koordinators zum betrieblichen Explosionsschutz«**

Checkliste Koordinierungsaufgaben - Schwerpunkt »Betrieblicher Explosionsschutz« -		Bearbeiter
		Datum
<i>Zweck</i> Bestimmung der Aufgaben der für die Koordinierung zuständigen Person (vorzugsweise eines vom Arbeitgeber benannten Koordinators), so dass die Arbeiten der beteiligten Arbeitsgruppen/Fremdfirmen so aufeinander abgestimmt sind, dass mögliche gegenseitige Gefährdungen rechtzeitig erkannt und verhindert werden und bei Störungen frühzeitig eingeschritten werden kann.		
<i>Arbeitsauftrag</i>		
Checkpunkt	Ja	Nein
Wird eine Ortsbesichtigung durchgeführt?	☐	☐
Wird ein zeitlich gegliederter Arbeitsablaufplan aufgestellt? - Sind Ort und Zeit der Einzelarbeiten aufgeführt? - Sind die beteiligten Personen einschließlich der Vorgesetzten benannt? - Ist der Zeitablauf festgelegt? - Sind die besonderen Voraussetzungen zur Durchführung der Arbeiten festgelegt? - Sind spezifische Explosionsschutzmaßnahmen dargelegt? - Sind die Gefahrenbereiche, insbesondere auch die explosionsgefährdeten Bereiche, festgelegt und gekennzeichnet? - Sind Maßnahmen für den Störfall vorgesehen?	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Werden Abstimmungsgespräche zwischen den beteiligten Personen herbeigeführt?	☐	☐
Wird die Einhaltung des Arbeitsablaufplans kontrolliert?	☐	☐
Erfolgt eine Neuplanung des Arbeitsablaufes bei Störungen?	☐	☐

A.3.6 Checkliste »Vollständigkeit des Explosionsschutzdokuments«

Checkliste Explosionsschutzdokument - Prüfung auf Vollständigkeit -		Bearbeiter	
		Datum	
<i>Zweck</i> Prüfung eines Explosionsschutzdokuments auf Vollständigkeit unter Angabe der Fundorte relevanter Informationen. Offene Fragen können mit Hilfe der angegebenen Kapitel im Leitfaden, durch Nachfrage örtlicher Arbeitsschutzorganisationen oder in Auswertung aktueller Literatur geklärt werden.			
<i>Explosionsschutzdokument (Titel, Standort)</i>			
Checkpunkt	Fundort der Informationen		
	im Explosionsschutz- dokument	in anderen Dokumenten	noch zu erstellen
Beschreibung der Arbeitsstätte und der Arbeitsbereiche vorhanden [vgl. Kap. 6.3.1]? • Textliche Beschreibung • Lageplan • Aufstellungsplan • Flucht- und Rettungswegeplan			☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Beschreibung der Verfahrensschritte/Tätigkeiten [vgl. Kap. 6.3.2]? • Textliche Beschreibung • Verfahrensfließbild (sofern notwendig) • R&I-Fließbild (sofern notwendig) • Lüftungsplan (sofern notwendig)			☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Beschreibung der eingesetzten Stoffe [vgl. Kap. 6.3.3]? • Textliche Beschreibung • Sicherheitsdatenblätter • Sicherheitstechnische Kenngrößen			☐ ☐ ☐ ☐

Checkliste Explosionsschutzdokument
- Prüfung auf Vollständigkeit -

Checkpunkt	Fundort der Informationen		
	im Explosionsschutz- dokument	in anderen Dokumenten	noch zu erstellen
Darstellung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung [vgl. Kap. 6.3.4]? • Nennung der Vorgehensweise bei der Gefährdungsidentifikation • Explosionsgefährdete Bereiche im Innern der Anlagenteile (textlich) • Explosionsgefährdeten Bereiche in der Umgebung der Anlage (textlich) • Zoneneinteilung (textlich) • Zonenplan (grafisch) • Gefährdungen im Normalbetrieb • Gefährdungen für das Anfahren/Abfahren • Gefährdungen bei Betriebsstörungen • Gefährdungen beim Reinigen • Gefährdungen bei Verfahrens-/Produktänderungen			☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Darstellung der technischen Explosionsschutzmaßnahmen [vgl. Kap. 6.3.5]? • Vorbeugende Maßnahmen • Konstruktive Maßnahmen • Maßnahmen der Prozessleittechnik • Anforderungen an und Auswahl von Arbeitsmitteln			☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Checkliste Explosionsschutzdokument
- Prüfung auf Vollständigkeit -

Checkpunkt	Fundort der Informationen		
	im Explosionsschutz- dokument	in anderen Dokumenten	noch zu erstellen
Darstellung der organisatorischen Explosionsschutzmaßnahmen [vgl. Kap. 6.3.6]? • Schriftliche Betriebsanweisungen • Benutzungshinweise für Arbeitsmittel • Beschreibung der persönlichen Schutzausrüstung • Qualifikationsnachweise • Dokumentation der Unterweisungen • Beschreibung des Arbeitsfreigabesystems • Beschreibung von Instandhaltungs-, Prüf- und Überwachungsintervallen • Dokumentation der Kennzeichnung der explosionsgefährdeten Bereiche • Kontrolle der Wirksamkeit			☐
Dokumentation von Verantwortlichen und Befähigten [vgl. Kap. 6.3.7]?			☐
Dokumentation der Maßnahmen und Modalitäten der Koordinierung [vgl. Kap. 6.3.8]?			☐
Inhalt des Anhanges [vgl. Kap. 6.3.9]: • • •			☐

A.4 Einfügen des Richtlinien textes in der jeweiligen Landessprache durch die Kommission

Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16. Dezember 1999 über die Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können.

⁴ Aus IVSS-Broschüre „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, the International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germany