

Praxisleitfaden zur Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes für Betriebe der Getreideverarbeitung, Getreidelagerung und des Handels[©]



Ausgabe 10/2014

Bei diesem Leitfaden handelt es sich um eine mit dem

**Fachbereich Rohstoffe und chemische Industrie der DGUV
Sachgebiet Explosionsschutz**

abgestimmte Schrift.

**Dieser Leitfaden wird in der Beispielsammlung der
DGUV Regel 113-001 (ehem. BG-Regel 104)
„Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in
Zonen nach TRBS 2152 Teil 2, Anlage Pkt. 2“ unter der Ziffer 5.26
geführt.**



Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin
www.fsa.de



Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe
www.bgn.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 5 |
| 2 | Anwendungsbereich des Leitfadens | 6 |
| 3 | Zoneneinteilung für Stäube..... | 8 |
| 3.1 | Erläuterungen zu den Zonendefinitionen..... | 8 |
| 3.2 | Anwendung auf ein Kraffutterwerk..... | 9 |
| 3.2.1 | Siloboden | 12 |
| 3.2.2 | Beispielhafte Zoneneinteilung | 13 |
| 4 | Anforderungen an Geräte und Schutzsysteme..... | 14 |
| 5 | Beurteilung des Explosionsrisikos als Grundlage für das Explosionsschutzdokument..... | 15 |
| 5.1 | Beurteilung der Explosionsgefahr durch brennbare Stäube | 16 |
| 5.2 | Gefährdungen durch wirksame Zündquellen | 18 |
| 5.3 | Die Beurteilung der Risiken der im Betrieb relevanten Bereiche | 20 |
| 5.3.1 | Schüttgossen | 20 |
| 5.3.2 | Entstaubungsanlage..... | 22 |
| 5.3.3 | Pneumatische Förderer | 25 |
| 5.3.4 | Trogkettenförderer..... | 26 |
| 5.3.5 | Bandförderer | 26 |
| 5.3.6 | Schneckenförderer | 27 |
| 5.3.7 | Elevatoren | 27 |
| 5.3.8 | Mahlanlagen | 28 |
| 5.3.9 | Mischanlagen | 29 |
| 5.3.10 | Rohrweichen und Fallrohre..... | 30 |
| 5.3.11 | Ventilatoren | 31 |
| 5.3.12 | Aspirateure..... | 31 |
| 5.3.13 | Getreidetrockner | 32 |
| 5.3.14 | Elektrische Ausrüstung..... | 33 |
| 5.3.15 | Silozellen | 34 |
| 5.3.16 | Räume, die mit Silos in Verbindung stehen..... | 35 |
| 5.3.17 | Lagerhallen und andere Räume..... | 36 |
| 6 | Maßnahmen zum Brand- und Explosionsschutz | 39 |
| 6.1 | Brandschutz | 39 |
| 6.2 | Maßnahmen zur Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre | 41 |
| 6.3 | Maßnahmen zur Vermeidung wirksamer Zündquellen..... | 42 |
| 6.4 | Maßnahmen zum konstruktiven Explosionsschutz..... | 43 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 6.4.1 | Explosionsdruckentlastung | 43 |
| 6.4.2 | Explosionsunterdrückung..... | 44 |
| 6.4.3 | Entkopplungseinrichtungen..... | 44 |
| 6.5 | Gebäuereaktion auf Explosionsdruck..... | 49 |
| 7 | Organisatorische Maßnahmen des Explosionsschutzes | 50 |
| 8 | Aufbau des Explosionsschutzdokumentes | 55 |
| 8.1 | Allgemeines..... | 55 |
| 8.2 | Mögliche Gliederung des Explosionsschutzdokuments gemäß § 6 BetrSichV | 56 |
| Anlage | | 59 |

1 Einleitung

Die gesetzlichen Anforderungen zum betrieblichen Explosionsschutz werden durch die „Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)“ geregelt.

Hieraus ergibt sich die Forderung, dass der Arbeitgeber eine Gefährdungsbeurteilung zur Bewertung der Explosionsgefahren durchzuführen hat, auf deren Grundlage geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen sind, die die Sicherheit der Beschäftigten gewährleisten.

Im Explosionsschutzdokument sind die Ergebnisse der Analyse und die Bewertung von Explosionsgefahren sowie die getroffenen Schutzmaßnahmen technischer, organisatorischer und personeller Art unter Berücksichtigung der betrieblichen Belange festzuhalten. Dies gilt unabhängig von der Zahl der Beschäftigten sowie dem Unfallgeschehen.

Mit dem Explosionsschutzdokument hat der Arbeitgeber nachzuweisen:

- dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und bewertet worden sind,
- in welchen Bereichen eine explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann,
- welche technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen getroffen wurden, um eine Gefährdung zu vermeiden bzw. um auftretenden Gefährdungen zu begegnen,
- nach welchen Kriterien Arbeitsmittel für explosionsgefährdete Bereiche ausgewählt wurden und
- wann und durch wen Prüfungen durchgeführt werden¹.

Das Explosionsschutzdokument muss insbesondere beinhalten:

- eine Gefährdungsbeurteilung inkl. der durchgeführten Maßnahmen,
- eine Zoneneinteilung,
- Angaben zu Unterweisungen,
- Angaben zu Instandhaltungsmaßnahmen,
- Angaben zur Koordination von sicherheitstechnischen Maßnahmen,
- Angaben zum Prüfkonzept.

Die im Explosionsschutzdokument dokumentierten Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung sind nicht als eigenständige Betrachtung, sondern als eine Erweiterung der allgemeinen Gefährdungsbeurteilung nach dem Arbeitsschutzgesetz bzw. der Betriebssicherheitsverordnung zu verstehen. Diese muss sowohl für bestehende wie auch für neue Anlagen erstellt werden. Hierbei kann auf vorhandene Gefährdungsbeurteilungen sowie andere gleichwertige Dokumente zurückgegriffen bzw. verwiesen werden.

¹ Formal hat die Ermittlung von Prüffristen gemäß § 15 BetrSichV auf Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung zu erfolgen. Deren Ergebnisse sind somit nicht zwingend im Explosionsschutzdokument aufzunehmen. Aus praktischen Erwägungen macht es aber Sinn die Dokumentation des Prüfkonzeptes im Ex-Dokument vorzunehmen, um hier alle für den Explosionsschutz relevanten Informationen zusammenzuführen.

2 Anwendungsbereich des Leitfadens

In vielen Betrieben der Verarbeitung, des Handels und der Lagerei gibt es Bereiche, in denen Explosionsgefährdungen durch brennbare Stäube (z. B. Getreide - und Futtermittelstäube oder Düngemittel), aber auch unter bestimmten Umständen durch brennbare Gase oder brennbare Flüssigkeiten nicht auszuschließen sind.

Dieser Praxisleitfaden soll den Betreibern derartiger Anlagen als Hilfestellung für die Gefährdungsbeurteilung von Explosionsgefährdungen dienen. Dieser Praxisleitfaden beschränkt sich dabei auf die Betrachtung von Explosionsgefährdungen durch brennbare Stäube.

Beispielsweise sind die folgenden Räume und Einrichtungen, die zur Herstellung und zur Lagerung von Getreide und Futtermitteln dienen, zu betrachten:

- Lagerräume für Roh- und Hilfsstoffe,
- Gossen bzw. Produktaufgaberäume
- Silos, Siloböden und Silokeller,
- Be- und Verarbeitungsmaschinen und deren Aufstellungsräume
(z. B. Mühlen, Waagen, Mischer usw.)
- Transport- und Entstaubungssysteme
- Trockner

Die Abbildung 1 auf der folgenden Seite zeigt beispielhaft den typischen Verfahrensablauf für die Einlagerung sowie die Weiterverarbeitung in einem Kraffutterwerk.

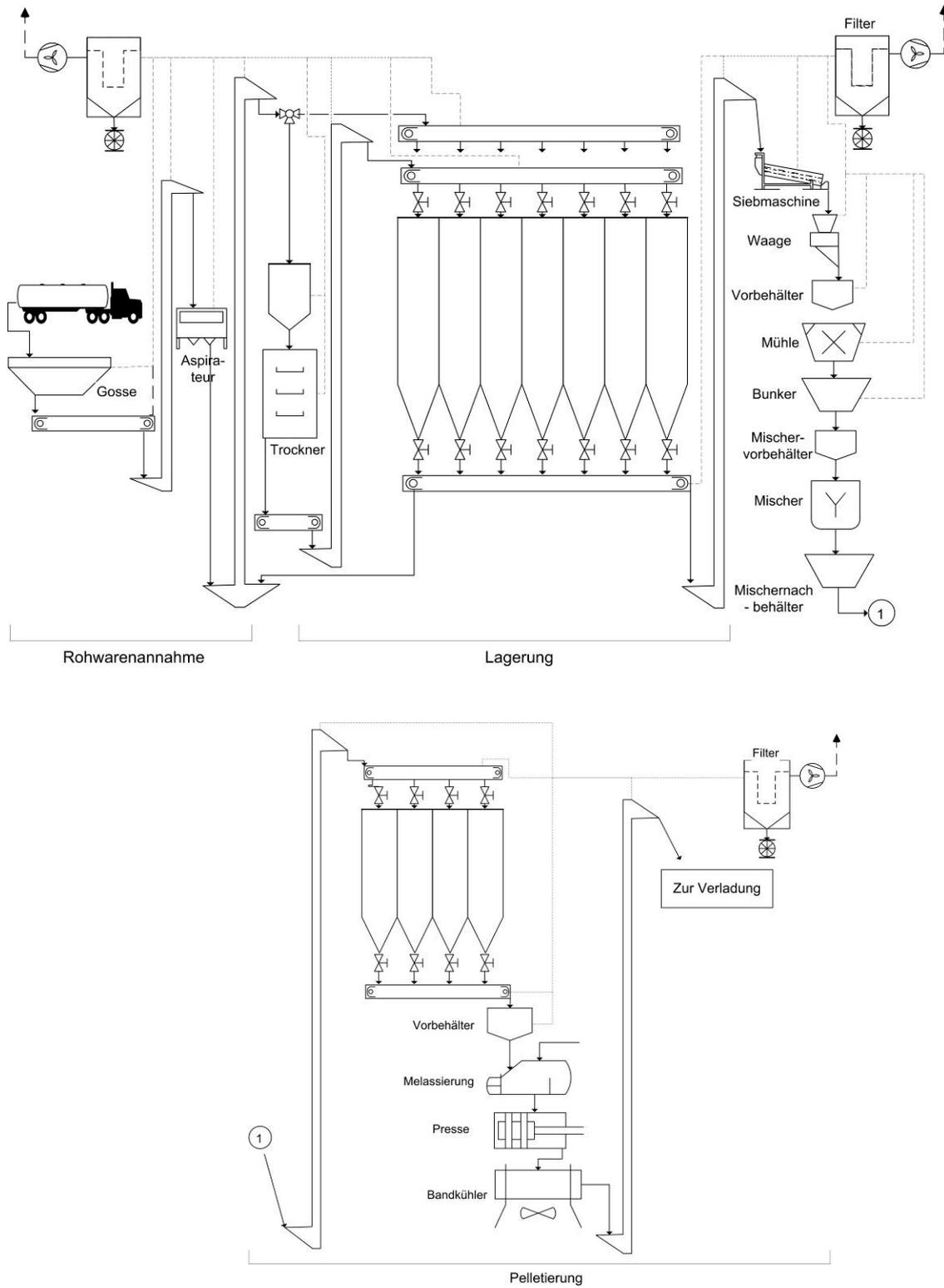


Abbildung 1:
Anlagenbeispiel für ein Fließschema eines typischen Kraftfutterwerkes

3 Zoneneinteilung für Stäube

Kern des Explosionsschutzdokuments ist die nachfolgend beschriebene Zoneneinteilung der einzelnen Betriebsbereiche in Gefährdungszonen bzgl. möglicher Explosionen. Die Zuordnung der Betriebsbereiche zu den Zonen 20, 21 und 22 erfolgt entsprechend der Dauer und Häufigkeit des Vorhandenseins explosionsfähiger Atmosphäre entsprechend den folgenden Definitionen:

Zone 20

ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Zone 21

ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.

Zone 22

ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

3.1 Erläuterungen zu den Zonendefinitionen

Zum besseren Verständnis werden im Folgenden die wichtigsten Begriffe aus den Zonendefinitionen erläutert.

Normalbetrieb

Dies ist der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden. Störungen, die Instandsetzung oder Abschaltung erfordern, gehören grundsätzlich nicht zum Normalbetrieb. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind aber auch mögliche betriebsbedingt zu erwartende Störungen (z.B. Abriss eines Sacks) und angemessene Gegenmaßnahmen zu betrachten. An- und Abfahren, Probenahme und Reinigen gehören zum Normalbetrieb.

Explosionsfähige Atmosphäre

Explosionsfähige Atmosphäre liegt vor, wenn brennbare Stoffe in feiner Verteilung (hoher Dispersionsgrad) in Form von Gasen, Dämpfen, Nebeln (Flüssigkeitströpfchen bzw. Aerosole) oder Stäuben (Feststoffteilchen) vorhanden sind und ihre Konzentration im Gemisch mit Luft innerhalb der Explosionsgrenzen liegt.

Explosionsfähige Atmosphäre liegt dann in gefahrdrohender Menge vor (gefährliche explosionsfähige Atmosphäre), wenn im Falle ihrer Entzündung die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten oder Dritter beeinträchtigt werden kann und deshalb besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden.

Staubschichten

Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen kann, bei der Zoneneinteilung zu berücksichtigen.

Die Reinhaltung einer Anlage ist eine sicherheitstechnisch bedeutsame Maßnahme bei der Realisierung des Explosionsschutzes und wirkt sich vorteilhaft bei der Zoneneinteilung aus. Die Reinhaltung ist beispielsweise durch die Umsetzung eines Reinigungsplans zu realisieren.

Wahrscheinlichkeitsbegriff

Die Zone ergibt sich aus der Dauer und der Häufigkeit des Auftretens der gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre.

Zone 20 ist nur im Inneren von Behältern, Rohrleitungen, Apparaturen usw. anzutreffen. Dies bedeutet aber nicht, dass in Behältern, Rohrleitungen, Apparaten usw. grundsätzlich Zone 20 anzunehmen ist. Wesentlich sind Verfahrensbedingungen (z.B. Füllverfahren) und Stoffeigenschaften (z. B. Staubungsverhalten, Korngröße).

Zu **Zone 21** können u.a. Bereiche in der unmittelbaren Umgebung von Staubentnahme- oder Füllstationen gehören.

Zu **Zone 22** gehören u.a. auch Bereiche in der Umgebung Staub enthaltender Apparaturen, wenn Staub zwar nur in nicht explosionsfähiger Konzentration austritt aber sich längerfristig Staubablagerungen bilden, die kurzzeitig zu gefährlichen explosionsfähigen Staub/-Luftgemischen aufgewirbelt werden können.

3.2 Anwendung auf ein Kraffutterwerk

Die folgende Tabelle zeigt für die verschiedenen Anlagenteile eine beispielhafte Einteilung in die Zonen nach Anhang 3 der BetrSichV.

| Betriebsbereich bzw. Anlagenteil | Zone* | Bedingungen / Bemerkungen |
|--|-------|---|
| Eingehauste Annahmegosse | 21 | Unterhalb des Gossenrostes |
| | 22 | Oberhalb des Rosts innerhalb der Annahmeeinhausung in einem begrenzten Bereich (Ausdehnung abhängig von Produkteigenschaften und der technischen Randbedingungen) |
| Offene Annahmegosse | 21 | Unterhalb des Gossenrostes |
| | keine | Oberhalb des Rosts: Durch Witterung (Wind) Verteilung und damit Unterschreitung der UEG |
| Sackaufgabestellen, Absackstellen | 22 | Im Nahbereich (ca. 0.5 m im Umkreis) Im Bereich des Sackabrisses |
| Siebreinigung, innerhalb (auch: Schwingsieb mit Steigsichter/Aspirateur) | 21 | |
| Trieure, innerhalb | 22 | |
| Durchlaufwaage | 22 | Bei Getreide mit Absaugung der Waage (bei alten Waagen über natürliche Lüftung) |
| | 21 | Bei Mehl bzw. staubförmigen Stoffen |
| Zyklone | 21 | Bei höherer Beladung (z.B. in Transportleitungen) |
| | 22 | Aufgrund der tangentialen Beschickung (z. B. Zyklon an Aspirationsleitung) |

| Betriebsbereich bzw. Anlagenteil | Zone* | Bedingungen / Bemerkungen |
|--|------------|--|
| Filter, rohgasseitig | 20 | Abreinigungsintervalle erfolgen zeitlich überwiegend (vgl. VDI 2263 Blatt 6 Kap. 4.3.2 u. Tab. 1b) |
| | 21 | Abreinigungsintervalle selten; Staubkonzentration im zu filternden Luftstrom ist << UEG |
| Filter, reingasseitig | 22 | Ohne technische Maßnahmen im Reingasbereich (vgl. VDI 2263 Blatt 6 Kap. 4.3.2 u. Tab. 1b) |
| | keine | Mit technischen Maßnahmen, z.B. Trübungsmessung (vgl. VDI 2263 Blatt 6 Kap. 4.3.2 u. Tab. 1b) |
| Staubkammern | 20 | |
| Aspirationsleitungen, innerhalb | 21 | Undefinierte Staubmengen können auftreten, z. B. bei Absaugung mehrerer Anlagenbereiche |
| | 22 | Staubablagerungen können nicht sicher vermieden werden. |
| Pneumatische Förderung , innerhalb | 21 oder 22 | Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische ist im Einzelfall zu beurteilen und u.a. abhängig von der Art des Förderzustandes, z. B. Flugförderung, Strähnenförderung, Pfropfenförderung (s. besonders Bild 13). Es ist davon auszugehen, dass insbesondere beim An- und Abfahren mit explosionsfähigen Gemischen gerechnet werden muss. Die Häufigkeit des An- bzw. Abfahrvorgangs kann zu einer Verschärfung der Zone führen. |
| Trocknungsanlage, innerhalb Trocknungsanlagen im Auslaufbereich | 22 | |
| | 21 | Bei ungereinigtem Getreide |
| Silozellen, innerhalb | 20 | Bei vertikaler pneumatischer Befüllung mit reinen staubförmigen Stoffen bei denen die explosionsfähige Atmosphäre häufig oder über lange Zeiträume ansteht. |
| | 21 | Bei vertikaler pneumatischer Befüllung mit Getreide u. ä. Bei Befüllung mit staubförmigen Stoffen und Getreide über Fallrohre und u. ä. Bei pneumatischer tangentialer Befüllung mit staubförmigen Stoffen (bei gut schwebefähigen Stoffen). |
| | 22 | Bei pneumatischer tangentialer Befüllung mit Getreide u. ä. Im Bereich der Einstiegsöffnungen |
| Siloböden | | → siehe nächster Abschnitt |

| Betriebsbereich bzw. Anlagenteil | Zone* | Bedingungen / Bemerkungen |
|--|--------------|---|
| Schnelllaufende Mühlen (z. B. Hammermühlen) und Nachbehälter | 20 | Mit explosionsfähiger Atmosphäre muss durch starke Aufwirbelung von explosionsfähigen Feinfraktionen über lange Zeiträume oder häufig gerechnet werden |
| Langsam drehende Mischer (Konusmischer, Vertikalmischer) | 21 | Explosionsfähige Atmosphäre tritt nur beim Befüllen und Entleeren auf; Umfangsgeschwindigkeit der beweglichen Einbauten < 1 m/s |
| Übrige Mischer (Horizontalmischer) | 20 | Explosionsfähige Atmosphäre tritt langzeitig oder häufig auf (Umfangsgeschwindigkeit der Mischwerkzeuge > 1 m/s) |
| Trockner (Dächerschachttrockner) | 21 | In den luftführenden Leitungen kann explosionsfähige Atmosphäre vorhanden sein |
| Elevatoren | 20 | explosionsfähige Stäube mit und ohne Entstaubung |
| | 21 | Grobkörnige Schüttgüter (über ca. 1 mm) mit explosionsfähigem Staubanteil < 3 Gew.-% (z. B. gereinigtes Getreide) mit und ohne Entstaubung (gem. VDI 2263 Blatt 8 Tab. 1) |
| Trogkettenförderer | 21 | An Aufgabestellen für staubförmige Stoffe und Getreide mit hohem Feinstaubanteil |
| | 22 | Übriger Bereich |
| Geschlossene Bandförderer | 21 | Im unmittelbaren Bereich von Abwurf- oder Übergabestellen für staubförmige Stoffe und Getreide mit hohem Feinstaubanteil |
| | 22 | Im unmittelbaren Bereich von Abwurf- oder Übergabestellen für staubförmige Stoffe und Getreide mit Absaugung des Übergabebereichs |
| | 22 | Innerhalb der Einhausung für geschlossene Bandförderer bei Ablagerungen |
| Offene Bandförderer | 21 | Im unmittelbaren Bereich von Abwurf- oder Übergabestellen für staubförmige Stoffe und Getreide mit hohem Feinstaubanteil |
| | Keine | Offene Bandförderer für staubförmige Stoffe |
| Schneckenförderer | 22 | Für staubförmige Stoffe bei An- und Abfahrvorgängen (Voraussetzung: ausreichender Befüllgrad) |
| Schüttguthallen, innerhalb | 21 | An Abwurfstellen im Umkreis von 2 m |
| | 22 | Im übrigen Lagerbereich, mit Staubablagerungen |
| | keine | Im übrigen Lagerbereich, falls keine Staubablagerungen vorhanden |

| Betriebsbereich bzw. Anlagenteil | Zone* | Bedingungen / Bemerkungen |
|-------------------------------------|-------|--|
| Verladung innerhalb einer Umhausung | 21 | Im Fülltrichter |
| | 22 | Raum, wenn Staubablagerungen vorhanden |

* Die Zonenangaben gelten für gebräuchliche Anlagen im bestimmungsgemäßen Betrieb und fachgerechter Wartung. Von den angegebenen Werten kann aufgrund anderer Bedingungen abgewichen werden.

3.2.1 Siloboden

Das folgende Bild (Abbildung 2:) zeigt einen Siloboden mit einer technisch dichten Anlage, auf dem so häufig gereinigt wird, dass sich keine gefährlichen Staubablagerungen bilden können. Im Normalbetrieb (s.o.), also im Falle, dass keine Störungen auftreten, wird die untere Explosionsgrenze beim Aufwirbeln nicht überschritten. Die Bodenmarkierung ist gut sichtbar. Daher ist hier keine Zone vorhanden.



Abbildung 2:

Auf dem Siloboden sind keine Staubablagerungen vorhanden, daher liegt hier keine Zone vor. Die Reinigung sollte so erfolgen, dass die Markierung auf dem Fußboden immer sichtbar ist.

Im folgenden Bild liegt jedoch Zone 22 vor, da Staubablagerungen vorhanden sind und so aufgewirbelt werden können, dass die UEG überschritten wird.



Abbildung 3:
Staubablagerung auf einem Siloboden

3.2.2 Beispielhafte Zoneneinteilung

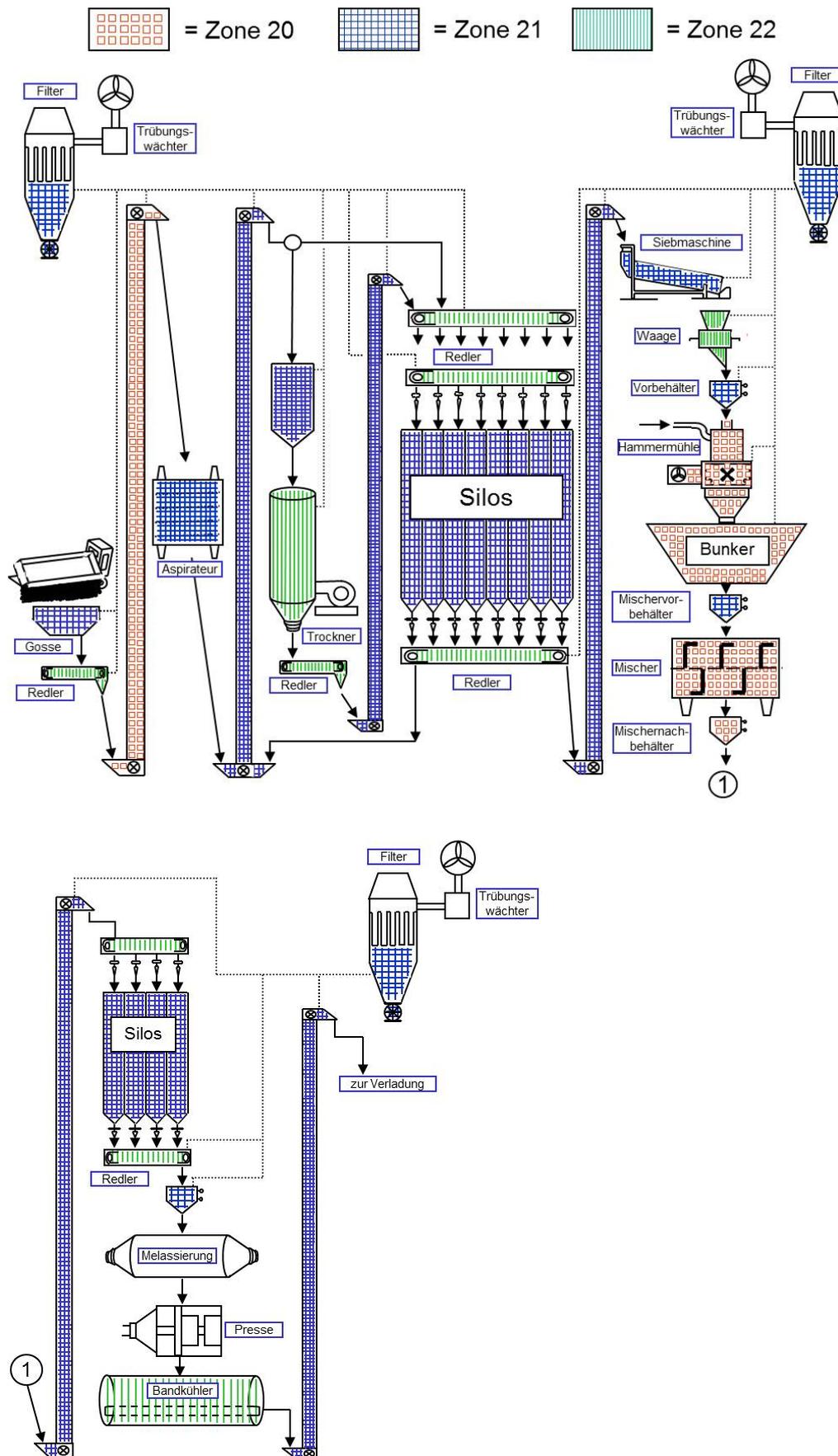


Abbildung 4: Beispiel eines Zonenplans für das Kraffutterwerk aus Abb.1. Die verschiedenen Zonen innerhalb der Anlagenteile sind farblich verdeutlicht.

4 Anforderungen an Geräte und Schutzsysteme

Sofern im Explosionsschutzdokument unter Zugrundelegung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung nichts anderes vorgesehen ist, sind in explosionsgefährdeten Bereichen (Zonen), Geräte und Schutzsysteme entsprechend den Kategorien gemäß der Richtlinie 94/9/EG einzusetzen.

Nach dieser Richtlinie werden Geräte und Schutzsysteme in verschiedene Kategorien unterteilt. Die Kategorien spiegeln die sicherheitstechnischen Anforderungen für die Verwendung in einer bestimmten Zone wider.

Die EG-Konformitätserklärung des Herstellers muss jedem Gerät beiliegen. Der Betreiber muss jedoch vor dem Einsatz der Geräte überprüfen, ob die vom Hersteller festgelegte „bestimmungsgemäße Verwendung“ für seinen Anwendungsfall zutrifft.

Nachstehende Tabelle zeigt, welche Geräte-Kategorie in den unterschiedlichen Zonen eingesetzt werden darf:

| Verwendbare Geräte mit Kennzeichnung | Geeignet für | in Zone |
|--------------------------------------|---|---------|
| II 1 G | Gas/Luft-Gemisch bzw. Dampf/Luft-Gemisch bzw. Nebel | 0 |
| II 1 G oder 2 G | Gas/Luft-Gemisch bzw. Dampf/Luft-Gemisch bzw. Nebel | 1 |
| II 1 G oder 2 G oder 3 G | Gas/Luft-Gemisch bzw. Dampf/Luft-Gemisch bzw. Nebel | 2 |
| II 1 D | Staub/Luft-Gemisch | 20 |
| II 1 D oder 2 D | Staub/Luft-Gemisch | 21 |
| II 1 D oder 2 D oder 3 D | Staub/Luft-Gemisch | 22 |

Weitere Einteilungskriterien müssen berücksichtigt werden, z. B. Temperaturklasse, Zündschutzart, Explosionsgruppe usw.

Ist es nicht möglich, Geräte der entsprechenden Kategorie einzusetzen (z. B. weil sie in der entsprechenden Kategorie für den gedachten Einsatz nicht verfügbar sind), besteht grundsätzlich gem. Anh. 4 Teil B BetrSichV die Möglichkeit auch Geräte einer anderen (niedrigeren) Kategorie oder ohne Kategorie zu verwenden. In diesen beiden Fällen müssen durch eine Gefährdungsbeurteilung die zusätzlich erforderlichen Maßnahmen ermittelt werden. Die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung sowie die erforderlich gewordenen und angewandten Maßnahmen sind im Explosionsschutzdokument festzuhalten.

Altgeräte

Für den weiteren Betrieb von Arbeitsmitteln, die vor dem 1. Juli 2003 bereits in Verkehr gebracht waren, ist auch hier im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung gem. §§ 3, 5 BetrSichV zu überprüfen, ob die Mindestanforderungen nach Anh. 4 Teil A BetrSichV erfüllt sind.

Geräte, die vor dem 1. Juli 2003 bereits in Verkehr waren, brauchen **keine** Kennzeichnungen nach der Richtlinie 94/9/EG. Für elektrische Betriebsmittel sowie Schutzsysteme mit Inbetriebnahme vor dem 30.06.2003 ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung die Eignung für die jeweilige Zone nachzuweisen!

5 Beurteilung des Explosionsrisikos als Grundlage für das Explosionsschutzdokument

Die Betriebssicherheitsverordnung legt fest, dass zur Ermittlung notwendiger sicherheitstechnischer Maßnahmen auf der Grundlage eines systematischen Vorgehens eine Gefährdungsabschätzung zu erstellen ist. Insbesondere sind die Bestimmungen in den Anhängen dieser Verordnung zu berücksichtigen.

Dabei müssen

- die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären (wesentlich für die Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche),
- die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung sowie des Wirksamwerdens von Zündquellen, einschließlich elektrostatischer Entladungen sowie
- das Ausmaß der Auswirkungen von möglichen Explosionen

beurteilt werden.

Grundsätzlich muss die Beurteilung der Explosionsgefahren als Teil der Gefährdungsbeurteilung vom Arbeitgeber auf Basis einer nachweisbaren und den jeweiligen spezifischen Randbedingungen Rechnung tragenden Zoneneinteilung erfolgen. Dabei gilt zu berücksichtigen, dass sich eine Gefährdungsbeurteilung nicht ausschließlich auf das Element (Maschine, Apparat, Gerät) bezieht, sondern bei einer vorhandenen Produktionsanlage auch auf dessen Funktion, Ausrüstung und Einordnung in den Stofffluss. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine Gefährdungsbeurteilung ohne Berücksichtigung sämtlicher vorgenannter Einflussgrößen – z. B. durch pauschale Festlegung – nicht zulässig ist.

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

- die eingesetzten Maschinen und Arbeitsmittel,
- die baulichen Gegebenheiten,
- die verwendeten Stoffe,
- die Arbeits- und Verfahrensbedingungen und
- die möglichen Wechselwirkungen verschiedener Anlagen 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.

Im Allgemeinen wird bei der Beurteilung explosionsgefährdeter Bereiche ein dreistufiger Ansatz vorgesehen (vgl. TRBS 2152).

Aus der Gefährdungsbeurteilung hat der Arbeitgeber die erforderlichen Schutzmaßnahmen abzuleiten:

1. Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre).
2. Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen, einschließlich elektrostatischer Entladungen).

3. Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (konstruktiver Explosionsschutz).

In der Regel ist den Maßnahmen nach 1.) sicherheitstechnisch Vorrang zu geben. Es ist deshalb zunächst zu überlegen, ob und wie weit diese Maßnahmen sinnvoll angewendet werden können. Führt diese Überlegung nicht zu einer befriedigenden Lösung, so sind nach sachkundigem Ermessen Maßnahmen nach 2.) oder 3.) oder geeignete Kombinationen von Maßnahmen anzuwenden.

5.1 Beurteilung der Explosionsgefahr durch brennbare Stäube

Staubexplosionsgefahr besteht nur dann, wenn aus brennbarem Staub eine Staubwolke mit einer Konzentration oberhalb der unteren Explosionsgrenze gebildet wird und gleichzeitig eine wirksame Zündquelle vorhanden ist.

Bei Getreide handelt es sich grundsätzlich um ein brennbares Schüttgut. Zusätzlich besteht bei Getreide bei einem zu hohen Feuchtigkeitsgehalt und bei Insektenbefall die Gefahr der Selbsterhitzung. Es bleibt jedoch festzuhalten, dass die Neigung zur Selbsterhitzung mit steigendem Reinheitsgrad und sinkendem Feuchtigkeitsgehalt vermindert wird und dann als gering einzustufen ist.

Durch Sedimentation von Stäuben in Luft treten praktisch niemals homogene Staub/Luft-Gemische auf. Daher ist der explosionsfähige Bereich bei Staub/Luft-Gemischen nicht so eindeutig abzugrenzen wie bei Gas/Luft-Gemischen. Dies gilt vor allem für die obere Explosionsgrenze. Bei Staubkonzentrationen unter 30 g/m³ in Luft sind Staubexplosionen bei den im Kraffutterwerk oder der Getreideverarbeitung eingesetzten Stoffen im Allgemeinen nicht zu befürchten.

Je feiner Stäube sind, desto länger bleiben Staub/Luft-Gemische erhalten, desto größer werden der maximale Explosionsdruck (p_{max}) und insbesondere der maximale zeitliche Druckanstieg, und desto niedriger liegt die Mindestzündenergie. Teilchen mit Durchmessern oberhalb ca. 500 µm reagieren im Allgemeinen nicht mehr explosionsartig. Enthalten Schüttgüter mit einem Durchmesser > 500 µm Anteile (auch geringe) von Feinstaub (< 500 µm) können diese den Gesamtstaub wieder explosionsfähig machen. Es ist stets zu beachten, dass aus Grobanteilen durch Abrieb Feinstaub entstehen kann.

Um ein Explosionsschutzkonzept erstellen zu können, müssen die relevanten sicherheitstechnischen Kenngrößen der auftretenden Stäube bekannt sein. (z. B. Gestis-Staub-Ex Datenbank: www.dguv.de)

Für den vorbeugenden Explosionsschutz:

| Schutzmaßnahme | Relevante Kenngrößen |
|-----------------------------|---|
| Ersatz brennbaren Materials | Brennzahl, Explosionsfähigkeit |
| Konzentrationsbegrenzung | Untere/Obere Explosionsgrenze, Staubungsneigung |
| Inertisierung | Sauerstoffgrenzkonzentration, Brennzahl |
| Vermeidung von Zündquellen | Mindestzündenergie, Mindestzündtemperatur, Glimmtemperatur, Selbstentzündungsverhalten, Elektrostatisches Verhalten |

Für den konstruktiven Explosionsschutz:

| Schutzmaßnahme | Relevante Kenngrößen |
|----------------------------------|--|
| Explosionsfeste Bauweise | p_{max} |
| Explosionsdruckentlastung | p_{max} , K_{St} , Untere Explosionsgrenze |
| Explosionsunterdrückung | p_{max} , K_{St} |
| Explosionstechnische Entkopplung | Untere Explosionsgrenze, p_{max} , K_{St} , Brennzahl, Mindestzündtemperatur, Mindestzündenergie |

Stoffe, die zu beurteilen sind, können z. B. sein:

- Nachprodukte (z. B. Sojaschrot, Sojaschalen, Rapsschrot, Palmexpeller, Corngluten, Trockenschnitzel, Weizenkleie, Protapec, Milurex)
- Getreide und Leguminosen (z. B. Roggen, Gerste, Weizen, Mais, Erbsen, Sojabohnen)
- Vormischungen (z. B. Vitaminvormischungen)

Diese Stoffe sind bezüglich der Brennbarkeit für die Anteile $< 250 \mu\text{m}$ maximal den Brennzahlen BZ 2 (kurzes Anbrennen und rasches Auslöschen) oder BZ 3 (örtliches Brennen oder Glimmen ohne Ausbreitung) zuzuordnen. Lediglich die Staubanteile ($< 250 \mu\text{m}$) von Getreide und Soja können ein Verhalten nach BZ 4 (Durchglühen ohne Funkenwurf oder langsame flammenlose Zersetzung) haben.

Bezüglich der Explosionsfähigkeit der Anteile $< 63 \mu\text{m}$ sind diese Stoffe maximal mit ST 1, d.h. staubexplosionsfähig mit einem K_{St} -Wert $< 200 \text{ bar}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ eingestuft. Die minimalen Zündtemperaturen liegen bei 470°C und die minimalen Glimmtemperaturen bei 290°C . Die maximalen Explosionsüberdrücke sind in der Regel $< 9 \text{ bar}$. Die Mindestzündenergie liegt meist oberhalb von 10 mJ .

Inerte Stäube sind nicht explosionsfähig. Darunter fallen z.B. Mineralien wie Kalk oder Salze.

Einer Sonderbetrachtung bedürfen **extrahierte Schrote von Ölsaaten**. Die immer vorhandene Restbenzinmenge hängt vom Entbenzinierungsprozess, von der Schrotsorte, von der Struktur des Schrotes als Folge der Aufbereitung der Saat vor der Extraktion, vom Restöl und vom Feuchtigkeitsgehalt ab. Auf dem Wege durch eine Schrotsäule in einem Silo nimmt die durchströmende Luft Hexan aus dem Schrot auf. Dieser Transportprozess dauert so lange bis der Partialdruck in der Luft gleich dem Dampfdruck des Hexans in den Schrotteilchen geworden ist. Das gebildete Hexan/Luft-Gemisch ändert dann bis zum Austritt aus der Schrotsäule seinen Hexangehalt nicht mehr. Der Abbau des Hexangehalts im Schrot geschieht somit von unten nach oben. In unbelüfteten Schrotsäulen kann man jedoch feststellen, dass durch Lösemittelwanderung der Hexangehalt sowohl in der das Schrot umgebenden Luft als auch im Schrot selbst in gebundener Form höher ist als in den oberen Bereichen der Schüttung. Dies zeigt, dass in der Schüttung sowohl Desorptions- als auch Adsorptionsvorgänge ablaufen und Hexankonzentrationen von mehr als 100% der UEG partiell vorkommen können, wenn nicht belüftet wird. Dies trifft auch zu, wenn die Ausgangswerte geringer waren und im Luftraum über der Schüttung Konzentrationen kleiner als 5% der UEG gemessen wurden. Es bleibt die Gefahr der Abwanderung von Hexangas aus dem unteren Bereich der Lagerzellen in Hohlräume von damit in Verbindung stehenden Räumen (z. B. Gruben). Außer diesen Stoffen können explosionsfähige Düngemittel (z. B. ammoniumnitrat-haltige Düngemittel der Gruppen A, B oder D) ein zusätzliches Risiko darstellen, wenn starke Zündquellen wirksam werden können (z. B. Brände). Die Lagerung größerer Mengen an einem Ort ist deshalb grundsätzlich zu vermeiden. Entsprechend TRGS 511 Nr. 6.1.2 dürfen ammoniumnitrat-haltige Düngemittel ohnehin nicht gemeinsam mit Getreide gelagert werden.

Für die Risikobewertung ist außerdem folgendes festzuhalten:

- Die Reinheit des Getreides ist für die Sicherstellung des Explosionsschutzes eine wesentliche Kenngröße, die überwacht werden muss. Hierbei spielt, um Abrieb gering zu halten, der schonende Transport des Schüttgutes eine besondere Rolle.
- Der Feuchtigkeitsgehalt des Getreides muss ständig kontrolliert werden.
- Eine regelmäßige Umschichtung des gelagerten Schüttgutes ist durchzuführen, um die Entstehung von Glimmnestern zu vermeiden.
- Bei extrahierten Schrotten ist die Möglichkeit der Bildung von hybriden Gemischen zu beachten.

5.2 Gefährdungen durch wirksame Zündquellen

Ohne Zündquelle sind zündfähige Staub-Luft-Gemische kein brand- oder explosionstechnisches Risiko. Daher hat die Vermeidung mechanischer, elektrischer und thermischer Zündquellen eine hohe sicherheitstechnische Relevanz.

Nach DIN EN 1127-1 bzw. TRBS 2152 Teil 3 sind 13 Zündquellen zu analysieren:

1. Heiße Oberflächen
2. Flammen und heiße Gase
3. Mechanisch erzeugte Funken
4. Elektrische Anlagen
5. Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz
6. Statische Elektrizität
7. Blitzschlag
8. Elektromagnetische Felder im Bereich der Frequenzen von 9×10^3 Hz bis 3×10^{11} Hz
9. Elektromagnetische Strahlung im Bereich der Frequenzen von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz bzw. Wellenlängen von $1.000 \mu\text{m}$ bis $0,1 \mu\text{m}$
10. Ionisierende Strahlung
11. Ultraschall
12. Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase
13. Chemische Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben

Von den nach DIN EN 1127-1 bzw. TRBS 2152 Teil 3 insgesamt möglichen 13 Zündquellenarten kommen für Stäube in der Regel folgende 7 in Betracht:

1. Heiße Oberflächen
2. Flammen und heiße Gase
3. Mechanisch erzeugte Funken
4. Elektrische Anlagen
5. Statische Elektrizität
6. Blitzschlag
7. Selbstentzündung

Ob eine dieser Zündquellen wirksam sein kann, hängt u. a. von der Energie der Zündquelle und der Zündempfindlichkeit des Brennstoffs ab. Wesentliches Beurteilungskriterium für die Zündwirksamkeit einer Zündquelle ist die Mindestzündenergie des Staubes.

Zur Vermeidung **thermischer Zündquellen**, z. B. heißer Oberflächen (Nr. 1), dürfen keine Flächen vorhanden sein, deren Temperatur $2/3$ der Mindestzündtemperatur bzw. die Glimmtemperatur minus 75 K überschreitet. Heiße Oberflächen können u.a. auch durch Reibung entstehen. Auch als Folge von Betriebsstörungen (z. B. beim Versagen von Temperaturbegrenzern, nach Heißlaufen von Wellendurchführungen, generell bei Reibvorgängen etc.) können sie zur Entzündung von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen führen (weitere Informationen TRBS 2152-3). Zu den thermischen Zündquellen sind weiterhin Glimmester zu zählen, die unter Umständen unerkannt in eine explosionsfähige Atmosphäre eingetragen werden können.

Flammen und heiße Gase (Nr. 2) als Zündquelle können prozessbedingt beispielsweise in Getreidetrocknern mit Direktrocknung aktiviert werden, in dem die zu trocknenden Stoffe in direktem Kontakt mit Verbrennungsgasen bzw. der Brennerflamme stehen.

Mechanische erzeugt Funken (Nr. 3) können grundsätzlich durch schnelllaufende Anlagenteile oder durch den Eintrag von Fremdkörpern, die zu Reib- und Schleifvorgängen oder auch zur Blockierung und somit zur Überlastung von bewegten Anlagenteilen führen, entstehen. Es ist außerdem Funkenflug durch Schweiß-, Schleif- und Trennschneidarbeiten zu beachten. Zündgefahren sind insbesondere dann zu erwarten, wenn mehrere Funken in kurzer Folge entstehen (Funkenregen, z. B. beim Flexen).

Elektrische Zündquellen durch **elektrische Anlagen** (Nr. 4) sowie durch **statische Elektrizität** (Nr. 5) können durch mangelhafte explosionsgeschützte Ausführung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel sowie einer nicht durchgeführten bzw. unzureichenden Erdung elektrisch leitender Anlagenteile (elektrostatische Aufladungen) entstehen. Auch Kurzschluss durch Zernagen der Isolation (Mäuse, Ratten) stellt eine Gefährdung dar.

Eine Gefährdung durch elektrische Betriebsmittel ist in Abhängigkeit von den entsprechenden Zündschutz- und Gehäuseschutzarten zu betrachten. Bezüglich der Anforderungen an elektrische Betriebsmittel für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen siehe Kap. 5.

Blitzschlag (Nr. 6) ist als Zündquelle auszuschließen, sofern eine funktionsfähige Blitzschutzanlage (Ausführung gem. VDE-Richtlinien) vorhanden ist. Weitere Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung sowie zu erforderlichen Schutzmaßnahmen sind der TRBS 2152 Teil 3 Zif. 5.8 zu entnehmen.

Exotherme chemische Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung (Nr. 7) können beispielsweise bei der längeren Lagerung organischer Komponenten (> 3 Tage) auftreten.



Abbildung 5:
Durch exotherme chemische Reaktion (Selbstentzündung) während der Lagerung entzündete Hopfenpellets

5.3 Die Beurteilung der Risiken der im Betrieb relevanten Bereiche

5.3.1 Schüttgossen

Die LKW-Annahmegosse ist mit einem befahrbaren Rost auszurüsten. Diese Konstruktion dient gleichzeitig als Grobsieb. Größere Fremdkörper werden dadurch von den Fördererelementen ferngehalten, dass die kaskadenförmige Gestaltung auch dünnere längliche Teile (Länge über ca. 100mm) zurück hält. Während des Befüllens der Schüttgossen können im Inneren (also unterhalb des Gitterrosts) kurzzeitig explosionsfähige Staubwolken entstehen. Je nach Füllvorgang können dabei homogene oder inhomogene Staubwolken auftreten, die das gesamte Gossenvolumen oder nur einen Teil davon ausfüllen.

Es können folgende Zündquellen betriebsbedingt auftreten:

- Während des Füllvorgangs können Glimmnester eingebracht werden, die während des Fallens aufflammen und die Staub/Luft-Gemische zur Zündung bringen.
- Vor weiterführenden Elevatoren sind nach der Annahme Metallabscheider vorzusehen. Aus dem nachgeschalteten Elevator kann - jedoch nur bei weitgehend entleerter Schüttgosse - eine Staubexplosionsflamme in die Schüttgosse zurückschlagen.
- Eine weitere Zündquelle stellen heiße Oberflächen an Motoren oder Auspuffanlagen von Fahrzeugen dar. Aus der Schüttgosse austretender Staub kann sich nur dann an einer heißen Oberfläche des Lieferfahrzeuges entzünden, wenn die Staubkonzentration entsprechend hoch ist. Wird vor dem Abkippen an der Schüttgosse eine ausreichende Zeit zur Abkühlung des Fahrzeugs eingehalten, besteht keine Gefahr.

Schutzmaßnahmen:

- Absaugsysteme
- Organisatorische Maßnahmen zur Abkühlung der LKW-Motoren
- Schüttgossenroste mit Fremdkörperabscheidung (Kaskadenrost)



Abbildung 6:
Typische Getreideannahme mit Aspiration



Abbildung 7:
Filter für die Gossentstaubung



Abbildung 8:
Bei der Anlieferung von Getreide können sich im Abwurfbereich gelegentlich explosionsfähige Staubwolken bilden



Abbildung 9:
Bodenentleerung von Weizen aus Silofahrzeug: keine Bildung explosionsfähiger Staubwolken

5.3.2 Entstaubungsanlage

Entstaubungsanlagen dienen dem Erfassen und Abscheiden von Staub, um seine Ausbreitung in Betriebsräume oder weitere Anlagenteile zu verhindern.

Staubaustritt lässt sich durch geringen Unterdruck in der Anlage verhindern. Hierbei ist darauf zu achten, dass an allen Dichtflächen Unterdruck herrscht. Auch eine Objektabsaugung kann eine Staubausbreitung verhindern. Bei Luftrückführung in Räume ist zu beachten, dass sich auch bei gereinigter Luft durch den Reststaubgehalt feinsten Staub ablagern kann.

Aus Behältern und Silozellen muss die durch das Schüttgut verdrängte Luft abgesaugt werden. In vielen Fällen kann durch eine intensive Absaugung dem Schüttgut so viel Feinstaub entzogen werden, dass die Staubkonzentration unter die untere Explosionsgrenze sinkt.

Entstaubungsanlagen bringen es mit sich, dass in ihnen besonders feiner Staub anfällt und ein Gefahrenpotential darstellt. Eine Einzelabsaugung, bei der jeder Absaugstelle ein getrennter Abscheider zugeordnet wird, ist einer Zentralabsaugung vorzuziehen. Durch diese Maßnahme werden einzelne Bereiche der Aspiration explosionstechnisch entkoppelt.

In (Alt-)Anlagen mit Zentralabsaugung in denen eine Einzelabsaugung nicht zu realisieren ist, sind die Absaugleitungen einzelner Abschnitte soweit wie möglich getrennt zum Abscheider zu führen und z. B. mit einem Entlastungsschlot vor dem Eintritt in den Abscheider explosionstechnisch zu entkoppeln.

Nicht benötigte Stränge sind mit druckstoßfesten Absperrrichtungen vom Saugstrang abzusperrern.

Filternde Abscheider müssen über eine Explosionsdruckentlastung (gem. RL 94/9/EG) verfügen, sofern der Eintrag von Zündquellen nicht sicher ausgeschlossen werden kann.

Der Ventilator sollte grundsätzlich hinter dem Abscheider auf der Reinluftseite angeordnet werden. Wird die Reinluft nicht ins Freie abgeleitet, sondern in Betriebsräume zurückgeführt, sind die Ausblasleitungen mit automatisch wirkenden EG-baumustergeprüften Entkopplungseinrichtungen (gem. RL 94/9/EG) für den Fall einer Explosion auszurüsten (z. B. mit Schnellschlussventilen). Rohrleitungen sind evtl. entsprechend druckstoßfest auszuführen. Der sich ablagernde Feinstaub in den Betriebsräumen muss regelmäßig entfernt werden.

Als Abscheider kommen in Frage:

Fliehkraftabscheider - sind in der Regel relativ sicher, da nur selten explosionsfähige Gemische auftreten und außerdem bei Erdung eigene Zündquellen vermieden werden können. Explosionsübertragungen sind allerdings möglich.

Filternde Abscheider (Gewebe-Filter) - finden die häufigste Anwendung. Bei der Abreinigung des Filters können explosionsfähige Staubkonzentrationen und hohe elektrostatische Aufladungen auftreten.

Stützkörbe und Schellen aus Metall sind ausreichend zu erden. Bei besonders zündfreudigen Stäuben wie z. B. Maltodextrin oder spezielle Vitaminmischungen sollte elektrisch leitfähiges Filtergewebe Verwendung finden (Widerstand $< 10^8 \Omega$). Da ins Filter gelangende Funken Glimmnester hervorrufen können, ist unter Umständen der Einsatz von Funkenerkennungs- und Löschanlagen in gefährdeten Absaugleitungen vorzusehen.

Staubkammern - sind wegen der großen Staubablagerung und der Gefahr der Selbstentzündung als Abscheider abzulehnen.

Gefahren:

- durch betriebsmäßig vorhandene Staub/Luft-Gemische,
- bei filternden Abscheidern Explosionsgefahr, insbesondere beim Abreinigen;
- durch eingeschleppte Glimmnester und infolge elektrostatischer Aufladung.
- bei Ventilatoren auf der Rohgasseite Zündgefahren durch mechanische Fehler oder Fremdkörper.
- durch das Aufwirbeln abgelagerten Staubes in den Rohrleitungen, z.B. auch beim An- und Abfahren. Explosionsfortpflanzung in weiterverzweigten Rohrleitungssystemen.

Schutzmaßnahmen:

- Fliehkraftabscheider, z.B. Zyklone sind zu bevorzugen
- so genannte "Staubkammern" sind zu vermeiden; bei filternden Abscheidern regelmäßiges Entfernen des anfallenden Staubes, elektrostatische Erdung der Stützelemente
- Ventilatoren auf der Reinluftseite anordnen
- konstruktiver Explosionsschutz
- Aufstellung der Abscheider außerhalb von Betriebsräumen
- Vermeidung von Staubablagerung durch ausreichende Strömungs-geschwindigkeit (etwa $18-20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), strömungstechnische günstige Rohrleitungsführung und sinnvolle Reihenfolge beim An- und Abfahren der Anlage (z.B. verzögertes Abschalten der Absaugung).



Abbildung 10:
Aufsatzfilter



Abbildung 11:
Totalabscheider in einer pneumatischen Schiffsent-
ladeanlage mit ständiger explosionsfähiger
Atmosphäre während der Förderung

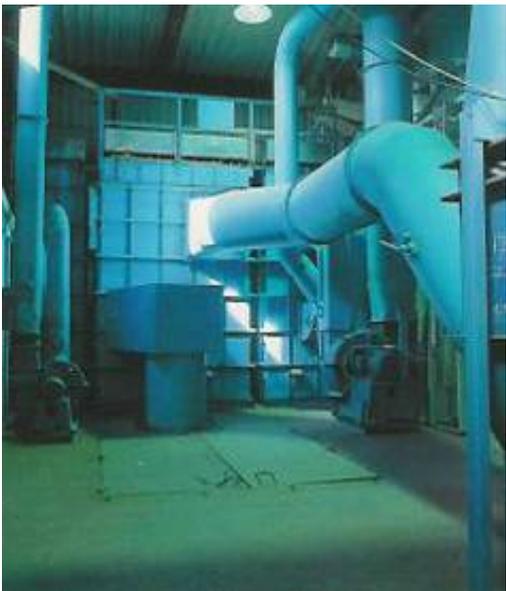


Abbildung 12:
Filteranlage mit Bildung einer explosionsfähigen
Atmosphäre während der Abreinigung. Gefahr von
Explosionsübertragung über Rohrleitungssystem.

5.3.3 Pneumatische Förderer

Wie die Erfahrung zeigt, ist bei diesen Förderern die Explosionsgefahr gering. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische ist abhängig von der Art des Förderzustandes, z. B. Flugförderung, Strähnenförderung, Pfpfenförderung.

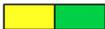
| Fördersystem | | Gutbeladung R | Zone |
|---|--|--|---|
| | | R = Verhältnis Produkt/Luft | 202122 |
|  | Flugförderung (kontinuierliche Förderung) | $R > 10 \Rightarrow 8 \text{ kg/m}^3$ |  |
|  | Flugförderung (diskontinuierliche Förderung) | $R > 5 \Rightarrow 4 \text{ kg/m}^3$ |  |
|  | Strähnenförderung (diskontinuierliche Förderung) | $R > 10 \Rightarrow 8 \text{ kg/m}^3$ |  |
|  | Dichtstromförderung | $R > 15 \Rightarrow 12 \text{ kg/m}^3$ |  |
| | | $R > 20 \Rightarrow 16 \text{ kg/m}^3$ |  |

Abbildung 13:

Zoneneinteilung in Abhängigkeit von der Art der pneumatischen Förderung (Quelle: AZO GmbH + Co.KG, Rosenberger Str. 28, D-74706 Osterburken)

Da die Turbulenz groß ist, und außer den langsam laufenden Austragsorganen (Schleusen) im Staubförderbereich keine bewegten Maschinenteile vorhanden sind, ist die Zündgefahr gering.

Glimmnester können durch pneumatische Förderleitungen übertragen werden. Dies führt nicht zu einer Entzündung in den Rohrleitungen, kann jedoch zu einer Entzündung eines explosionsfähigen Staub/Luft-Gemisches in den angeschlossenen Anlagenteilen führen, was in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen ist.

Über pneumatische Förderleitungen können Explosionen vom Ort der Entstehung in angeschlossene Anlagenteile übertragen werden. Dies ist nicht nur in, sondern auch entgegen der Förderrichtung möglich. Die Wahrscheinlichkeit einer Explosionsübertragung sinkt mit abnehmendem Förderrohrquerschnitt, ist aber selbst bei Querschnitten unterhalb von 80 mm nicht auszuschließen.

Werden in pneumatischen Fördereinrichtungen Schläuche verwendet, müssen zur Vermeidung zündwirksamer Gleitstielbüschelentladungen diese insgesamt aus ableitfähigem Material bestehen. Vorhandene Stützdrähte sind an beiden Enden zu erden. Explosionsgefahren können auch bei der Verwendung von Rohrleitungen durch elektrostatische Aufladungen entstehen, die zu Funkenüberschlägen führen können, wenn leitfähige Förderrohre durch Schaugläser oder Dichtungen an einzelnen Stellen unterbrochen und nicht geerdet sind. Ebenso können nicht leitende Beschichtungen im Inneren von metallischen Förderrohren zu zündwirksamen Entladungen führen.

5.3.4 Trogkettenförderer

Im Trogkettenförderer ist in der Regel nur an Aufgabestellen mit explosionsfähigen Staub-Luft-Gemischen zu rechnen. Es können aber im Störfall durch Reibung und Schanzung Zündquellen entstehen, die in angrenzenden Bereichen Explosionen verursachen können, deshalb sollen Trogketten- und Segmentförderer mit einem Staumelder an der Umlenkstation versehen sein. Über Trogkettenförderer können Explosionen übertragen werden.

Schutzmaßnahmen:

- Aspiration an Aufgabestellen
- Fördergeschwindigkeit < 1 m/s
- Überlastschutz (Stauschalter/Schanzklappe)
- Druckentlastung / Entkopplung

5.3.5 Bandförderer

Während des Betriebes sind in Bandförderern in der Regel keine explosionsfähigen Staub/Luft-Gemische, dafür aber meist aufwirbelbare Staubablagerungen vorzufinden.

Zündquellen in Bandförderern sind denkbar durch heiße Oberflächen, wenn die Relativgeschwindigkeit zwischen festen und bewegten Teilen mehr als 1 m/s beträgt, Rollen blockieren, Lager-schäden nicht erkannt werden, das Band an Anbackungen schleift oder Fremdkörper sich in den Umlenkstellen verklemmen. Da Fördergurte durch solche Störungen relativ schnell in Brand geraten können, spielt die Vermeidung von Bränden und die Übertragung von Bränden in andere Anlagen (die dort dann Sekundärexplosionen bewirken können) eine wesentliche Rolle.

Bandförderer können Staubexplosionen zwischen der Annahme, der Reinigung, den Silozellen, den Lagerhäusern und der Beladung übertragen; jedoch ist diese Gefahr bei offenen Bandförderern in der Getreidewirtschaft sehr gering. Geschlossene Bandförderer können aufreißen. Flammen und Staub können austreten und zu Sekundärexplosionen in Räumen führen. Letzteres ist bei den großen Lagerhallen und Silozellen besonders schwerwiegend.

Gefahren:

- große Staubablagerungen am Bandunterbau wegen schlechter Reinigungsmöglichkeit
- Raumverstaubung
- verklemmte Rollen, über die das Band schleift
- elektrostatische Entladungen

Schutzmaßnahmen:

- regelmäßige Reinigung
- Temperaturüberwachung
- Schief Laufkontrolle
- Schlupfüberwachung
- ableitfähige Fördergurte, geerdete leit-/ableitfähige Anlagenteile

5.3.6 Schneckenförderer

Das Auftreten explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische im Innern von Schneckenförderern ist nicht auszuschließen.

In Schneckenförderern können sich Zündquellen in Form von heißen Oberflächen bilden, wenn die Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke größer als 1 m/s ist, wobei insbesondere das Anlaufen der Schneckengänge an die Wandung oder das Verkeilen von Fremdkörpern zwischen Schneckengang und Wandung zu heißen Oberflächen führen kann. Auch Warmlaufen von Zwischenlagern und Erwärmung der Produkte durch Verstopfen stellen Risiken dar. Schneckenförderer sind deshalb mit einem Staumelder am Produktauslauf auszurüsten. Schneckenförderer können, soweit sie nicht als druckstoßfeste Stopfschnecken ausgebildet sind, Staubexplosionen übertragen und aufreißen. Der Flammenaustritt kann zu Sekundärexplosionen in Räumen führen.

Gefahren:

- Erwärmung durch Verstopfung
- Fremdkörper, (zwischen Schnecke und Wand)
- Schleifen der Wendel am Gehäuse
- heißlaufende Lager

Schutzmaßnahmen:

- Überlastsicherung
- Umfangsgeschwindigkeit < 1 m/s
- Lagertemperaturüberwachung
- Vermeidung Fremdkörpereintrag
- Achsen durchgängig mit Schneckenwendel fest verschweißt und nicht nur gepunktet

5.3.7 Elevatoren

Während des Betriebes ist in Elevatoren mit explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen. Im wesentlichen Aufgabe-, Übergabe- und Abwurfstellen sind aufgrund der vorliegenden Konzentrationen explosionsgefährdete Bereiche. Insbesondere im Fußbereich ist mit einer Anreicherung von Feinstaub zu rechnen, der wesentlich zündempfindlicher sein kann als die Gesamtstaubfraktion. Im Leerbetrieb können im Elevator genügend große Staubmengen aufgewirbelt werden und bei Vorliegen einer Zündquelle - wie die Erfahrung zeigt - zur Explosion gebracht werden.

Zündquellen in Elevatoren können sein: eingebrachte Glimmnester, heiße Oberflächen durch Gurt- und Becherreibung, verkeilte Fremdkörper und dergleichen. Auch eine Explosionsübertragung aus anderen Anlagenteilen ist möglich.

Von Elevatoren können Staubexplosionen in die vor- und nachgeschalteten Anlagenelemente übertragen werden. Elevatoren können aufreißen, dabei austretende Flammen und Staub/Luft-Gemische können zu Sekundärexplosionen in Räumen führen.

Elevatoren gehören zu den Anlagenelementen, die das höchste Risiko aufweisen.

Gefahren:

- heiße Oberflächen durch Anlaufen des Gurtes, der Becher, der Gurtscheiben am Gehäuse oder Durchrutschen des Gurtes,
- Heißlaufen von Lagern, Reib- und Schlagvorgänge durch eingetragene Fremdkörper, elektrostatische Entladungsvorgänge bei unzureichend geerdeten leitfähigen Teilen,
- Reib- und Schleiffunken durch Anschlagen von Bechern bei gerissenen Tragmitteln,
- Aufbrechen mitgeförderter Glimmnester beim Schöpfen oder Abwerfen des Produktes.

Schutzmaßnahmen:

- ausreichende Abstände zwischen festen und beweglichen Teilen
- Drehzahlüberwachung
- Schiefelaufkontrolle
- Verwenden elektrostatisch ableitfähiger Gurte
- Eintrag von Fremdkörpern ist zu verhindern (Magnet- bzw. Metallabscheider, besonders vor dem Annahmeelevator)
- ggf. konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen

5.3.8 Mahlanlagen

Die Gefahren von Mühlen bzw. Mahlanlagen liegen hauptsächlich in der Erzeugung von Zündquellen. Wegen der hohen Stoffkonzentration ist in einer Hammermühle die obere Explosionsgrenze teilweise überschritten. Allerdings kann es durch Verdünnung des Stoffstroms beim Befüllen des Mühlennachbehälters zur Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre kommen.

Die Hammermühlenanlagen sind mit Schwerteilauslesern, Magneten, lastabhängigen Dosiereinrichtungen und Schwerteilfangvorrichtung auszurüsten.

Zur Vermeidung heißer Oberflächen sind die Hauptlager der Hammermühlen zusätzlich mit einem Temperaturmesssystem auszurüsten. Bei Erreichen einer voreingestellten Grenztemperatur zwischen 50 bis 180°C wird die gesamte Hammermühlenanlage automatisch abgestellt.

Mühlennachbehälter sind nach Möglichkeit mit einem konstruktiven Explosionsschutz, z. B. Berstscheiben, auszurüsten. Mindestens sollte aber vor den Mühlennachbehältern eine Funkenerkennungsanlage, die eine Erkennung möglicher Zündquellen zulässt, installiert werden. Im Falle des Ansprechens dieser Funkendetektion ist die Anlage sofort automatisiert abzuschalten (Not-Halt) und die Ursache für die Entstehung der Funken ist zu beheben. Eine Explosion kann jedoch mit dieser „Mindestmaßnahme“ nicht ausgeschlossen werden.

Gefahren:

- Lösen von Teilen innerhalb der Mühlen
- Anlaufen von bewegten Teilen an den Mühlenwänden oder -sieben
- Heißlaufen von Lagern
- Mahlguterhitzung durch Reibung
- Funkenbildung und Heißlaufen bei schnelllaufenden Prallmühlen durch deren Mahlwerkzeuge oder durch Fremdkörper,
- Heißlaufen von Reib- und Schneidmühlen durch zu engen Spalt oder durch Fremdkörper

Schutzmaßnahmen:

- explosionsfeste Bauweise für den vollen oder einen reduzierten Explosionsdruck (Explosionsdruckentlastung, Explosionsunterdrückung)
- Inertisierung (falls wirtschaftlich umsetzbar)
- elektrostatisch leitfähige Innenwände bei Luftstrahlmühlen
- Entkopplung der Mahlanlage z.B. durch Zellenradschleuse, Schnellschlussorgane, Löschmittelsperre, Produktvorlage
- Temperaturüberwachung der Lager
- Abschaltung der Mahlanlage bei Ansprechen der vorgenannten Schutzmaßnahmen durch Detektoren
- Sieb und/oder Metallabscheidung zur Vermeidung Fremdkörpereintrag im Zulauf

5.3.9 Mischanlagen

Aufgrund der bei Mischern üblichen Verfahrenstechnik, wie z.B. konstruktive Merkmale, ist das Auftreten explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische häufig eingeschränkt. Ist dies der Fall, so können Mischer mit Maßnahmen zum Vermeiden von wirksamen Zündquellen hinreichend sicher betrieben werden. Ist dies nicht der Fall müssen weitergehende Maßnahmen getroffen werden.

Gefahren:

- eingetragene Glimmnester
- mechanische Funken und heiße Oberflächen z. B. durch eingetragene Fremdkörper oder Beschädigungen
- elektrostatische Aufladungen
- heiß gelaufene Lager und Wellen im Innern des Mixers

Schutzmaßnahmen:

- Inertisierung (falls wirtschaftlich umsetzbar)
- Umfangsgeschwindigkeit der Mischwerkzeuge niedrig halten (besonders beim Befüllen und Entleeren)
- Eingebaute Zerhacker dürfen nur mit Produkt bedeckt betrieben werden (nicht beim Befüllen und Entleeren)
- elektrostatische Erdung
- Temperaturüberwachung z.B. an innenliegenden Lagern
- Verzicht auf lösbare Verbindungen
- Überwachte Spülung der Wellendurchführung

5.3.10 Rohrweichen und Fallrohre

In Rohrweichen und Fallrohren ist betriebsmäßig nur zeitweilig (während des Transports von Füllgut) ein explosionsfähiges Staub/Luft-Gemisch vorzufinden. Kritisch können Übergänge von Fallrohren zu anderen Anlagenelementen (Transporteure, Behälter Silozellen) sein, weil an diesen Stellen sowohl explosionsfähige Staub-Luft-Gemische entstehen als auch Zündquellen eingeschleppt werden können.

Als betriebsbedingte Zündquellen können elektrostatische Entladungsfunken auftreten, wenn nicht alle Rohrweichen und Fallrohre elektrisch leitfähig miteinander verbunden sind oder wenn Rohrweichen und Fallrohre mit hochisolierenden Materialien ausgekleidet sind.

Rohrweichen und Fallrohre können Staubexplosionen übertragen, dabei aufreißen, Flammen und Staub können austreten und zu Sekundärexplosionen in Räume führen. Sie können auch Glimmnester und sonstige brennende Teile weiterleiten.

Schutzmaßnahmen:

- Druckstoßfeste Bauweise
- Entkopplungen
- durchgängige Erdung bzw. Potenzialausgleich



Abbildung 14:
Trogkettenförderer mit Rohrweichen und
gesteuerten Auslaufschiebern und Klappkästen

5.3.11 Ventilatoren

Sind Ventilatoren rohgasseitig vor dem Filter von Aspirationssystemen angeordnet, ist während des Betriebes mit explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen. Zündquellen in Form von heißen Oberflächen könnten bei Störungen (wie z. B. bei Schleifen des Läufers am Gehäuse, Warten des Rotors in Verschanzungen) auftreten. Es müssen daher die erhöhten Zündschutzmaßnahmen der Zone 20 bzw. 21 angewendet werden.

Bei der Anordnung von Ventilatoren hinter dem Filter (reingasseitig) ist eine Zone 22 anzunehmen, da seltene Filterdurchbrüche oder Restablagerungen nicht ausgeschlossen werden können. Wird zur Überwachung und Erkennung von möglichen Filterdurchbrüchen hinter dem Filter eine Konzentrationsüberwachung (z. B. Trübungswächter) installiert, kann auf die Einteilung in die Zone 22 verzichtet werden.

Werden Ventilatoren in Bereichen eingesetzt in denen mit dem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen ist, somit eine Zoneneinteilung erfolgt ist, müssen die Ventilatoren den Anforderungen der EN 14986 erfüllen. Die verwendeten Ventilatoren müssen dabei der jeweils erforderlichen Kategorie gemäß der RL 94/9/EG entsprechen.

Schutzmaßnahmen:

- ausreichender Abstand Lüfterrad - Wandung
- funkenarme Materialpaarungen
- durchgängige Erdung bzw. Potenzialausgleich
- evtl. Lagertemperaturüberwachung

5.3.12 Aspiateure

In der Regel ist im Inneren von Aspiateuren nur selten mit dem Auftreten von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen.

Das gilt besonders für die Umlufttarare (Staubanreicherung durch 90% Umluftanteil). Im Zweifelsfall sind Staubkonzentrationsmessungen erforderlich.

Es kann zu Bränden und Explosionen kommen, die durch Leitungen übertragen werden. Die Aspiateure können bei Explosionen aufreißen. Druck- und Flammenausbreitung gefährden die Räume.

Gefahren:

- eingetragene Glimmnester
- elektrostatische Aufladungen
- heißlaufende Lager
- Schleifen des Umluftventilators an der Wandung oder an Anbackungen

Schutzmaßnahmen:

- Erdung
- geeignete Ausführung des Ventilators
- eventuell Lagertemperaturüberwachung

5.3.13 Getreidetrockner

Getreidetrockner sind insbesondere durch Brände gefährdet. Zur Begrenzung der Trocknungslufttemperaturen sind deshalb entsprechende Sicherheitsvorrichtungen vorzusehen. Bei Direktheizung sind wirksame Einrichtungen gegen Funkenflug und Durchschlagen der Flamme gefordert. Bei indirekt beheizenden Anlagen ist eine regelmäßige Kontrolle des Zustandes der Wärmetauscher erforderlich.

Gefahren:

- Brände
- Selbstentzündung durch Ablagerungen

Schutzmaßnahmen:

- brandsichere Warmluft- und Abluftkanäle
- Trocknungsbehälter und Ummantelungen müssen aus nichtbrennbarem hitzebeständigem Material sein
- Temperatursensoren und automatisierte Abschaltung bei Überschreitungen; zur Gewährleistung der Trocknertemperatur müssen ggf. Mischeinrichtungen dem Getreidetrockner vorgeschaltet werden.
- Warmluftherzeuger dürfen nicht in Räumen mit leicht entzündlichen Stoffen (Stroh, Heu, Flachs) aufgestellt werden.
- Die Frischluft muss der Außenluft oder aus staubfreien Räumen entnommen werden.
- Regelmäßig Kontrolle und Reinigung aller Trocknerkanäle



Abbildung 15:
Trockner für Außenaufstellung mit indirektem Lufterhitzer
in separatem Heizraum und Entstaubungsanlage



Abbildung 16:
Trockner für Außenaufstellung mit integriertem Gaskanalbrenner,
Entstaubungsanlage und Abluftschalldämpfer.

5.3.14 Elektrische Ausrüstung

Die elektrischen Betriebsmittel müssen entsprechend der Zoneneinteilung ausgeführt sein. Gefahren durch elektrische Betriebsmittel sind gegeben durch z. B. Funkenbildung und unzulässige Oberflächenerwärmung.

In Zone 21 müssen elektrische Ausrüstungen mindestens der Kategorie 2D gem. RL 94/9/EG entsprechen, für Zone 22 ist mind. Kategorie 3D erforderlich. Dies gilt auch für Handleuchten. Über den Lampen müssen immer Schutzgläser vorhanden sein, um die zulässigen Oberflächentemperaturen nicht zu überschreiten. Bei mechanischer Gefährdung ist für Leuchten zusätzlich ein Schutzkorb notwendig. Von den Vorgaben kann im Ausnahmefall bei entsprechender Beurteilung im Explosionsschutzdokument abgewichen werden (s. Anh. 4 Teil B BetrSichV).

Steckvorrichtungen müssen nach unten weisen und Stecker dürfen nur im spannungslosen Zustand gezogen oder eingesteckt werden können. Als bewegliche Leitungen sind nur mittlere und schwere Gummischlauchleitungen zulässig. Bewegliche Kupplungssteckvorrichtungen sind zu vermeiden.

Ein Potentialausgleich zwischen den einzelnen Apparaten ist in explosionsgefährdeten Bereichen grundsätzlich erforderlich.

In Zone 20 und 21 dürfen nur EG-baumustergeprüfte elektrische Betriebsmittel der Kategorie 1D bzw. 2D gem. RL 94/9/EG verwendet werden. Im Silobetrieb sind insbesondere zugelassene Füllstands-, Temperatur-, Druck- und optische Detektoren und Messgeräte erforderlich.

Da viele Kabelkurzschlüsse durch Ratten und Mäuse verursacht werden, ist auf entsprechende Verlegung der Kabel und Bekämpfung der Schädlinge Wert zu legen.



Abbildung 17:
Gefährliche Kabelverlegung

5.3.15 Silozellen

Explosionen in Silozellen können nach verschiedenen Mustern ablaufen. Sie hängen ab von den Kenndaten der Stäube, vom Ort der Zündung, von der Staubkonzentrationsverteilung innerhalb der Zelle, vom Füllstand, vom Füllverfahren und vom Höhen/Durchmesser Verhältnis der Silozellen. Wichtig für die Auswahl von Schutzmaßnahmen ist die Beurteilung, ob eine Explosion über Transporteure oder Aspirationsleitungen eingetragen werden kann. Die damit verbundene Möglichkeit einer Flammenstrahlzündung muss durch Entkopplungsmaßnahmen unterbunden werden. Die lang gestreckte Form und große Volumina sind Charakteristika der Silozellen und sind bei der Dimensionierung von Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen.

Versuche haben gezeigt, dass die Explosionsabläufe ganz deutlich von der Füllmethode beeinflusst werden. Ist schon gegenüber der quasi-homogenen Staubwolkenbildung nach dem VDI-Verfahren bei vertikaler Befüllung eine Minderung der Explosionsheftigkeit festzustellen, so ergibt sich bei Befüllung über Fallrohre oder erst recht bei tangentialer Befüllung eine weitere deutliche Verringerung der Staubwolkenausbreitung und damit eine nochmalige Reduzierung der Explosionsheftigkeit. Die daraus resultierenden Explosionsdrücke im Falle einer Explosion sind deutlich niedriger. Teilweise ist abhängig von der Stäubert bzw. der Staubeigenschaft keine Explosion mehr möglich.

In Silozellen ist also abhängig von Staubeigenschaft und Füllverfahren aber auch der Wirkungsweise der Aspiration mit Zone 20 (selten), Zone 21 (meist) oder Zone 22 (tangentiale Befüllung) zu rechnen. Gerade bei der Befüllung mit Getreide kann aber eine zu starke Aspiration die knapp über der Schüttung befindliche Staubwolke über das gesamte Silovolumen verteilen.

Da für Silos aufgrund der baulichen Vorgaben in vielen Fällen die Explosionsdruckentlastung nur über die Silodecke erfolgen kann und aufgrund des Platzbedarfs für Fördereinrichtungen u. ä. oft nicht einmal der gesamte Querschnitt zur Verfügung steht, ergeben sich für die Silos Mindestexplosionsfestigkeiten, die von der Art der Staubwolkenbildung (homogen-inhomogene), dem maximalen Explosionsdruck, dem K_{St} -Wert, dem zur Verfügung stehenden Querschnitt und vor allem vom Höhen/Durchmesser-Verhältnis (H/D) abhängen. Berechnungsmöglichkeiten für die Druckentlastungen sind in der VDI-Richtlinie 3673 bzw. in der DIN EN 14491 zu finden.

Druckentlastungssysteme von Silos, wie Berstscheiben aber auch jegliche andere Arten von Druckentlastungsflächen, z. B. in Silodecken eingebaute Konstruktionen, sind Schutzsysteme im Sinne der RL 94/9/EG. Druckentlastungssysteme, die nach dem 30.06.2003 in Verkehr gebracht werden, bedürfen als Schutzsysteme einer EG-Baumusterprüfbescheinigung sowie einer Kennzeichnung gemäß RL 94/9/EG. Für Sonderfälle sollten Experten hinzugezogen werden.

5.3.16 Räume, die mit Silos in Verbindung stehen

Müssen Silozellen in "Wetterschutzräume" (nicht Betriebsräume), z. B. Siloböden entlastet werden, so müssen diese Räume ebenfalls explosionsdruckentlastet werden. Auch Silokeller, Verbindungsgänge, Treppenhäuser usw. können als Nachbarräume von Silozellen gefährdet sein.

Bereiche, in denen Explosionsauswirkungen nicht auszuschließen sind, dürfen nur kurzfristig, z. B. zu Inspektionszwecken oder Probenahme, betreten werden. Ständige Arbeitsplätze in solchen gefährdeten Bereichen sind auszuschließen. Der Personenschutz ist evtl. über Zutrittsbeschränkungen sicherzustellen.

Die Entlastungsöffnungen sollten gleichmäßig über die Raumbofläche verteilt werden.

Der maximal zulässige Überdruck p_{bem} ist die statische Last, die der schwächste Teil der Struktur schadlos ertragen kann. Dabei sind in die Betrachtung alle Teile der Struktur wie Wände, Fenster, Decken, Zwischendecken und Dächer mit einzubeziehen.

Zur Beurteilung älterer Anlagen ist der aktuelle Zustand der Anlage in die Überlegungen einzubeziehen und nicht der Planungszustand. Für die Entlastungsflächen wird eine unversperrte Öffnung vorausgesetzt.

Lassen sich in der Anlage die notwendigen Entlastungsflächen nicht bereitstellen, müssen die belasteten Strukturelemente – soweit technisch möglich – verstärkt werden, um einem erhöhten Druck standzuhalten. Der neue Auslegungsdruck errechnet sich in Abhängigkeit von der vorhandenen Entlastungsfläche.



Abbildung 18:
Druckentlastung am Übergang zum Siloboden durch Gitterrostboden und des Silobodens über spezielle Entlastungsfenster

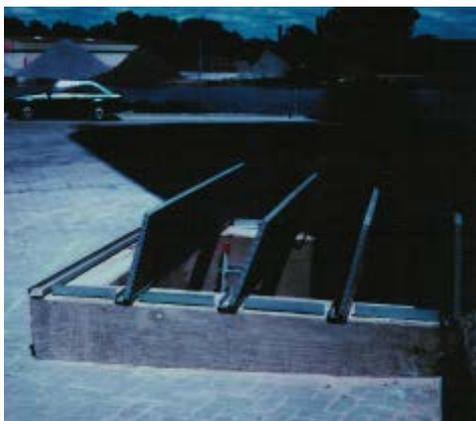


Abbildung 19:
Druckentlastung eines Silokellers unter Verwendung des Notausstieges

5.3.17 Lagerhallen und andere Räume

Explosionsgefährdete Bereiche können bei der Befüllung von **Lagerhallen** mit ungereinigten Getreide bzw. mehlartigen Komponenten mit erhöhten Feingutanteil vorliegen, wenn durch die Arbeitsweise Staubwolken entstehen. Im freien Fall sowie beim Auftreffen auf den Hallenboden können sich an den Getreidekörnern anhaftende Feinstaubanteile lösen und im Nahbereich der Produktaufschlagstelle gelegentlich ein explosionsfähiges Staub-Luft-Gemisch bilden. Dieses Risiko kann durch Reduzierung der Abwurfhöhen vermindert werden.

Im Nahbereich um Abwurf- und Übergabestellen liegt häufig eine Zone 21 vor; im weiteren Umkreis ist dann eine Zone 22 festzulegen. Ebenfalls kann es bei entsprechenden Ablagerungen erforderlich sein, den gesamten Raum (Lagerhalle) mit einer Zone 22 zu belegen.



Abbildung 20:
Abwurf des Produkts vom Förderband auf das Trimmfahrzeug bildet nur im Abwurfbereich gelegentlich ein explosionsfähiges Staub-Luft-Gemisch



Abbildung 21:
Staubwolkenbildung beim Einsatz von Trimmfahrzeugen. Explosionsfähige Atmosphäre gelegentlich nur am unmittelbaren Einsatzort



Abbildung 22:
Kleiebeladung mit Verladegarnitur ohne Bildung
explosionsfähiger Staubwolken

In Räumen können durch Aufwirbelung explosionsfähige Staub/Luft-Gemische entstehen, wenn Staubablagerungen nicht zuverlässig verhindert werden. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn Anlagen nicht zuverlässig dicht gehalten werden können oder betriebsmäßig offener Produktschlag erfolgt, wie z. B. bei Produkteinlagerung und -auslagerung (Scrappereinsatz) in den Lagerhauszellen. In dem Sammelraum für die Reinigungsabfälle kann häufig eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten.

Als Zündquellen kommen in Räumen vorzugsweise in Betracht:

- Die Trivialzündquellen, die bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten wie Schweißen, Schneiden und dergleichen zustande kommen sowie das Nichteinhalten des Feuer- und Rauchverbotes
- Staubexplosionsflammen (von außerhalb)
- Mögliche Brände / Selbstentzündung
- Elektrische Betriebsmittel ohne den nötigen Explosionsschutzgrad sowie überlastete, defekte und mit Staub bedeckte elektrische Betriebsmittel, durch die elektrische Funken und Lichtbögen sowie heiße Flächen entstehen.
- Staubablagerungen auf heißen Oberflächen von Trimmfahrzeugen



Abbildung 23:
Staubablagerungen an und in Trimmfahrzeugen können zur Glimmbrandbildung führen

Räume sind aber auch gefährdet, wenn Explosionsabläufe in den Anlagen selbst stattfinden und eine Entlastung in die Räume hinein aufgrund gezielter Entlastungsmaßnahmen oder ungewollter Entlastungen stattfindet.

Durch Explosionen in Räumen können diese zerbersten. Die Flugweite wegfliegender Teile kann, abhängig von der Heftigkeit der Explosion, Masse und Größe der Teile, mehrere hundert Meter betragen. Auch die Druckwelle hängt von der Heftigkeit und vom Explosionsdruck ab.

Je größer die Räume sind und je ausgedehnter und dicker die Staubablagerungen sind, desto größer ist die Gefährdung. Lagerhäuser sind ihrer Größe wegen besonders gefährdet.

Schutzmaßnahmen:

- Raumaufteilung in kleine Einheiten
- Entkopplung der Räume durch bauliche Maßnahmen
- Druckentlastung
- Trimmfahrzeuge mit staubgeschütztem Motor

6 Maßnahmen zum Brand- und Explosionsschutz

6.1 Brandschutz

Bei Getreide handelt es sich grundsätzlich um einen brennbaren Stoff.

Bei als Schüttgut gelagertem Getreide ist ein Brennen mit offener Flamme nicht zu erwarten, wenn keine wesentlichen Staubschichten vorliegen. Aufgrund der Lagerform ist somit ggf. mit einem Schwelbrand mit Temperaturen unter 1000°C zu rechnen. Bei einem solchen Schwel- oder Glimmbrand treten beißende und reizende Rauchgase auf. Bei einem Schwelbrand muss insbesondere auch mit der Bildung Kohlenmonoxid zu gerechnet werden. Da das gebildete Kohlenmonoxid hochentzündlich ist, kann es bei entsprechender Sauerstoffzufuhr zu einer Rauchgasexplosion führen.

Für die Gefährdungsbeurteilung ist somit folgendes festzuhalten:

- Die Reinheit des Getreides ist für die Sicherstellung des Brandschutzes eine wesentliche Kenngröße, die überwacht werden muss.
- Der Feuchtigkeitsgehalt des Getreides sollte überwacht werden.
- Die Temperatur im Siloinnern ist eine zu überwachende Kenngröße.
- Auftretende Rauchgase sind zu detektieren.
- Die Möglichkeit einer gesicherten Notentleerung im Falle eines Silobrandes unter inerten Bedingungen muss gegeben sein. Hierfür sind entsprechende Anschlüsse im unteren Bereich der Silos vorzusehen. Siehe z. B. VdS 2154.

In Bereichen, in denen technischen Anlagen installiert sind, ist grundsätzlich von einer Brandgefährdung auszugehen, die auf Störungen an den Maschinen, wie z. B. heißlaufende Lager etc., zurückzuführen ist. Die TRGS 800 ist zur Gefährdungsbeurteilung heranzuziehen.

Bedingt durch die Art des Betriebes und der verwendeten Produkte ist gerade in diesen Anlagenbereichen die Möglichkeit des Staubanfalls gegeben und damit auch die grundsätzliche Gefahr einer Staubexplosion vorhanden.

Wird durch die Löscharbeiten der Staub im Silo aufgewirbelt oder die Luftzufuhr zu beim Brand entstandenen Schwelgasen ermöglicht, sind Staub oder Schwelgasexplosionen die Folge. Um solche Staub oder Schwelgasexplosionen zu verhindern, sind einige Regeln zu beachten. Wichtig ist, dass möglichst kein Wasser für den direkten Löschvorgang eingesetzt wird. Stattdessen ist Inertgas das Mittel der Wahl. (S. auch „Handlungshilfe zur Vermeidung von Explosionen beim Löschen von Silobränden, BGN Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe, www.bgn.de).

Welche Brandschutz-Maßnahmen im Einzelnen zum Tragen kommen, soll mit der zuständigen Feuerwehr abgestimmt werden. Die Berücksichtigung folgender Punkte wird vorgeschlagen:

Die einschlägigen Bestimmungen der Landesbauordnungen sowie der DIN 4102 und der DIN 18230 hinsichtlich der Brandabschnitte, Gebäudeabstände und feuerbeständigen Bauweise werden eingehalten.

Zur Sicherstellung einer wirksamen Brandbekämpfung ist es notwendig, dass für die Rettungskräfte Verkehrsflächen z.B. Feuerwehrezufahrten vorhanden sind. Die notwendigen Flächen sind mit entsprechenden Schildern zu kennzeichnen und ständig freizuhalten.

Notwendige Flächen im Sinne des Brandschutzes sind insbesondere:

- Die Zufahrt auf das Gelände
- Die Umfahrt um das bestehende Gebäude
- Die Aufstellfläche für den Verdampfer und die Inert-Gas-Löschmittelfahrzeuge, bei einer notwendigen Inertisierung.

Weiter sind Flächen für die Aufnahme des Getreides, welches über die Notentleereinrichtungen aus den Zellen entnommen wird, vorzusehen. Diese Flächen sind nach Festlegung der Standorte der Notentleereinrichtungen zu konkretisieren und so auszuführen, dass das ausgefragene Getreide dort ggf. abgelöscht werden kann.

Löschwasserversorgung und -bereitstellung

Für ein Getreidesilo ist Wasser als Löschmittel bei Bränden in den Silozellen grundsätzlich nicht geeignet.

Ungeachtet davon ist es dennoch notwendig, für das Objekt eine ausreichende Löschwassermenge bereitzuhalten, da für mögliche Brände im Bereich der Anlagen oder für ggf. notwendige Ablöschmaßnahmen Wasser als Löschmittel genutzt werden kann.

Die notwendige Löschwassermenge ergibt sich aus dem Arbeitsblatt W 405 des DVGW.

Maßnahmen zur Branderkennung, Brandbekämpfung und Entrauchung

Zur wirksamen Branderkennung bzw. Verhinderung der Entstehung eines Brandes können folgenden Maßnahmen und Einrichtungen vorgesehen werden:

- Der gesamte Silobau wird flächendeckend durch eine automatische Brandmeldeanlage überwacht. Es ist ein ganzheitliches Konzept für die Brandmeldeanlage und die Angabe bezüglich der Art und Positionierung der entsprechenden Melder, Positionierung der Brandmeldezentrale, Form und Art der Laufkarten festzulegen.
- Die einzelnen Silozellen werden so überwacht, dass beim Überschreiten einer Grenztemperatur eine Warnung erfolgt.
- Zur Sicherstellung einer wirksamen Brandbekämpfung in den einzelnen Silozellen ist eine Inertisierungsmöglichkeit gem. VDS 2154 „Inertisierung von Silos im Brandfall“ vorzusehen. Für den Brandfall in einer der Silozellen ist damit die Möglichkeit der Notentleerung jeder einzelnen Zelle gegeben.
- Mit der örtlich zuständigen Feuerwehr werden Brandbekämpfungsmaßnahmen, die auch den Staubexplosionsschutz berücksichtigen, in der Brandschutzakte festgelegt und in Einsatzübungen trainiert.

Die Schwerpunkte sind dabei:

- die Ablöschung und gefahrlose Beseitigung von Entstehungsbränden
- die Verhütung von Aufflammen oder Staubexplosionen, die aus einem Staubbrand infolge Aufwirbelung entstehen können.
- der Anfertigung und Bereitstellung von Austragsvorrichtungen, die es gestatten, das Brandgut kontrolliert direkt aus der Anlage herauszufördern und abzulöschen und die gegen die normalen Austragsvorrichtungen ohne Umbauten leicht ausgewechselt werden können.

In Alarm- und Gefahrenabwehrplänen (Feuerwehrpläne nach DIN 14095) bzw. Brandschutzordnungen wird geregelt, wie sich die Beschäftigten im Brandfall zu verhalten haben und wie Brände in den einzelnen Teilen der Anlage am besten bekämpft werden. Diese Pläne werden in Einsatzübungen und im Informationsaustausch mit Feuerwehr und Polizei erprobt.

Die betrieblich Verantwortlichen für den Brandschutz werden in den Brandschutzunterlagen benannt.

Brandkontrollen erfolgen laufend im Rahmen der Anlagenkontrollgänge.

Bei der Brandbekämpfung wird das Aufwirbeln von Staub vermieden, vorzugsweise wird netzmittelhaltiges Wasser im Sprühstrahl eingesetzt.

Schaum wird zum Ablöschen von Oberflächenbränden und Bränden in dünnen Schichten verwendet.

Maschinen werden zusätzlich durch Schanz- und Temperaturwächter hinsichtlich Heißlaufen und Brandentstehung kontrolliert. Beim Ansprechen dieser Einrichtungen wird Alarm ausgelöst und die gesamte Produktionsanlage abgeschaltet.

Als Brand-Löschanlagen sind ggf. stationäre oder halbstationäre Löschanlagen sowie Trockensteigleitungen, Wandhydranten und Handfeuerlöcher vorzusehen. Diese Vorrichtungen und Anlagen werden

- nach Prüfbuch betriebsintern regelmäßig und nachweislich überprüft
- regelmäßig und nachweislich durch Fachfirmen gewartet

6.2 Maßnahmen zur Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre

Eine wirkungsvolle Maßnahme zur Vermeidung von explosionsfähigen Staub-/Luftgemischen im Inneren von Silozellen, Behältern, Einzelmaschinen und Förderwegen ist die abgestimmte Aspiration dieser Aggregate (Objektabsaugung). Da die Staubverteilung oft inhomogen hinsichtlich der Konzentrationen ist, ist darauf zu achten, dass durch die Aspiration keine Verteilung zum explosionsfähigen Bereich hin erfolgt (z. B. hohe Konzentrationen direkt über der Schüttung werden über das gesamte Volumen verteilt).

Durch Minimierung von Fallhöhen und durch Auswahl der Füllverfahren (z. B. tangentielle Befüllung) kann die Staubwolkenbildung reduziert werden.

Durch die Aspiration entsteht im Inneren der Gesamtanlage ein Unterdruck, der den Staubaustritt aus der Anlage verhindert.

Bei der Vermahlung der Rohstoffe sollte eine Korngröße, die deutlich oberhalb der 0,5 mm-Grenze liegt, angestrebt werden, so dass Staub nur als Abrieb auf Grund mechanischer Beanspruchungen entsteht.

Nach der Vermahlung der Rohstoffe in den Hammermühlen wird die Charge in der anschließenden Melassiermaschine mit Flüssigkeiten wie Melasse, Fett, Wasser oder Mikrokomponenten so gemischt, dass Staubanteile durch dieses Verfahren gebunden werden. Staubablagerungen sind regelmäßig zu beseitigen.

6.3 Maßnahmen zur Vermeidung wirksamer Zündquellen

Sollte die Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären nicht möglich sein, so ist die Vermeidung wirksamer Zündquellen die nächste Maßnahme der Maßnahmenhierarchie (vgl. auch TRBS 2152 Teil 3). Bei Umsetzung von Maßnahmen zur Vermeidung wirksamer Zündquellen sind die in Kap. 5.1 dargestellten potentiellen Zündquellen zu identifizieren und auf ihre Wirksamkeit zu beurteilen. Anschließend erfolgen die Maßnahmen zur Vermeidung dieser wirksamen Zündquellen. In Kap. 5.3 wurden bereits vielfältige Maßnahmen zur Vermeidung wirksamer Zündquellen einzelnen Anlagentypen zugeordnet.

Bei der Vermeidung von wirksamen Zündquellen gilt für alle Arten von Zündquellen folgende Abhängigkeit von der Zoneneinteilung:

| Zoneneinteilung | Zündquellen * müssen sicher vermieden werden bei: |
|------------------|--|
| 0 oder 20 | <ul style="list-style-type: none"> · störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb), · vorhersehbaren Störungen und · bei selten auftretenden Betriebsstörungen |
| 1 oder 21 | <ul style="list-style-type: none"> · störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb) und · vorhersehbaren Störungen |
| 2 oder 22 | <ul style="list-style-type: none"> · störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb) |

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

Grundlage für die Umsetzung der Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung an die Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Folge des Wirksamwerdens von Zündquellen ist die TRBS 2152 Teil 3.

Bei normal zündempfindlichen Stäuben, wie sie in der Getreideverarbeitung häufig vorkommen, also Stäube mit einer temperaturbezogenen Mindestzündenergie MZE $\gg 10$ mJ (o.l.), kann u.U. die Vermeidung wirksamer Zündquellen als alleinige Schutzmaßnahme ausreichend sein. Dazu sind jedoch im Einzelfall zu bewertende besondere Betriebsbedingungen einzuhalten sowie eventuell geeignete technische Maßnahmen zur Überwachung möglicher Zündquellen zu treffen, die hier nicht allgemeingültig aufgeführt werden können. Zudem ist die Anwendung dieser Schutzmaßnahme als alleinige Maßnahme nicht bei allen Anlagen möglich.

6.4 Maßnahmen zum konstruktiven Explosionsschutz

Bei allen im Folgenden beschriebenen Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes handelt es sich um Schutzsysteme im Sinne der RL 94/9/EG; sie dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn ihre Wirksamkeit durch eine EG-Baumusterprüfung nachgewiesen wurde. Eine entsprechende CE-Kennzeichnung gemäß RL 94/9/EG ist ebenfalls erforderlich (vgl. Kap. 5). Weiterhin sind die Vorgaben der TRBS 2152 Teil 4 zu beachten.

6.4.1 Explosionsdruckentlastung

Eine häufig angewandte Maßnahme ist die Explosionsdruckentlastung. Sie hat den Vorteil, dass Funktionsversagen sehr selten ist und die Einrichtungen, insbesondere wenn es sich um Berstscheiben handelt, fast wartungsfrei sind.

Durch die Schutzmaßnahme Explosionsdruckentlastung soll der Aufbau eines unzulässig hohen Druckes infolge einer Staubexplosion im Innern einer Anlage durch rechtzeitige Freigabe definierter Öffnungen verhindert werden. Entlastungseinrichtungen begrenzen den Explosionsüberdruck durch Entlassen von unverbranntem Gemisch und von Verbrennungsprodukten aus der Anlage. Der auftretende maximale reduzierte Explosionsüberdruck darf dabei die Explosionsfestigkeit der Apparatur nicht überschreiten. Die Explosion selbst wird nicht verhindert, sondern es werden nur deren gefährliche Auswirkungen begrenzt. Mit Nachfolgebränden muss jedoch gerechnet werden. Druckentlastungseinrichtungen können sowohl für einmalige Verwendung, z. B. als Berstscheiben, als auch für wiederholten Einsatz, z. B. als Explosionsklappen, ausgeführt werden. Die Anwendung von Druckentlastungseinrichtungen setzt voraus, dass Apparate mindestens für den maximalen reduzierten Explosionsüberdruck ausgelegt sind.

Dabei sind sämtliche dem Explosionsdruck ausgesetzten Teile der Apparatur, z. B. Reinigungsöffnungen sowie Rohrverbindungen, in die Festigkeitsüberlegungen einzubeziehen. Die Druckentlastungseinrichtungen sind so zu installieren, dass eine Gefährdung von Menschen und eine Beeinträchtigung der Wirksamkeit von sicherheitstechnisch bedeutsamen Anlageteilen ausgeschlossen ist.

Wird die Druckentlastung bei Anlagen in geschlossenen Räumen angewandt, so ist es zum Schutz der Räume und der darin Beschäftigten notwendig, die Druckentlastung über eine Rohrleitung (sogenanntes Abblasrohr) in eine ungefährliche Richtung ins Freie zu führen oder den Flammenaustritt aus explosionsdruckentlasteten Anlagen durch geprüfte flammenlose Entlastungseinrichtungen sicher zu unterbinden.

In beiden Fällen erhöht sich der maximale reduzierte Explosionsüberdruck $p_{red,max}$ im zu schützenden Apparat, so dass höhere Anforderungen an die Explosionsfestigkeit der Apparatur gestellt werden müssen.



Abbildung 24:
Flammenlose Druckentlastung

6.4.2 Explosionsunterdrückung

Wenn eine Zündquelle eine Explosion auslöst, werden durch Druck-/Flammendetektoren schon in sehr frühem Stadium der Explosion, d.h. beim Überdruck von ca. 0.05 bis 0.10 bar über die Steuerung der Unterdrückungsanlage die Löschmittelflaschen aktiviert (innerhalb weniger Millisekunden). Die Löschmittelflaschen (Volumen, Ausblasdüse usw.) sind so ausgewählt und platziert, dass das zu schützende Gerät unterdrückt, d.h. dass die Explosion vollständig durch das austretende Pulver gelöscht wird.

Bei Anwendung der Explosionsunterdrückung ist zu beachten, dass ein Unterdrückungssystem einer regelmäßigen Wartung und Prüfung unterzogen werden muss, um die Funktionsfähigkeit sicherzustellen.



Abbildung 25:
Beispiel einer Unterdrückungsanlage

6.4.3 Entkopplungseinrichtungen

Der Einsatz von Entkopplungseinrichtungen ist immer dann notwendig, wenn:

- in einer Anlage der ungeschützte Teil, der z. B. nicht druckfest ausgeführt sein kann, vom geschützten Teil, in dem mit dem Auftreten von wirksamen Zündquellen und somit auch mit Explosionen gerechnet wird, sicher getrennt werden muss.

oder wenn

- Apparate durch längere Rohre verbunden sind, so dass mit Flammenstrahlzündungen bzw. mit hohen Druckspitzen zu rechnen ist. Dabei ist es besonders problematisch, wenn sich ein großer Behälter in einen kleinen Behälter entlasten kann oder wenn Behälter höherer Festigkeit mit solchen niedrigerer Festigkeit verbunden sind.

Für die explosionstechnische Entkopplung stehen verschiedene Systeme zur Verfügung, deren Wirkungsweise und Funktionsfähigkeit unterschiedlich ist. Bei der Auswahl eines geeigneten Systems sind die jeweiligen verfahrenstechnischen und apparativen Randbedingungen zu berücksichtigen. Die Entkopplungseinrichtungen lassen sich in passive und aktive Systeme unterteilen. Die passiven Systeme wirken selbsttätig, ohne dass eine Steuereinheit notwendig ist. Die für ihr Wirksamwerden notwendige Energie wird den physikalischen Wirkungen der Explosion entnommen. Bekannte passive Systeme sind der Entlastungsschlot und das Explosionsschutzventil. Aber auch die Zellenradschleuse kann zu den passiven Elementen gezählt werden, ebenso Produktvorlagen in Verbindung mit Förderelementen wie z. B. Rohrschnecken.



Abbildung 26:
Explosionstechnische Entkopplung zwischen Mühlennachbehältern und Förderschnecken mittels gesicherter Produktvorlagen in Pufferbehältern

Die aktiven Systeme benötigen für ihre Auslösung bestimmte Steuereinrichtungen. Über diese Steuereinrichtungen wird dann im Explosionsfall die für die Betätigung der aktiven Systeme notwendige Fremdenergie freigesetzt. Zu den aktiven Systemen gehören der Schnellschlussschieber, das angesteuerte Explosionsschutzventil und die Löschmittelsperre.

Die Löschmittelsperre kann in Verbindung mit einem Unterdrückungssystem auch die Entlastungseinrichtung ersetzen.

Entlastungsschlot

Die Ausbreitung von Staubexplosionen über verbindende Rohrleitungen lässt sich in vielen Fällen durch den Einbau eines Entlastungsschlotes, oft auch Berststopf genannt unterbinden. So kann eine staubfördernde Leitung über einen Entlastungsschlot in den nachgeschalteten Abscheider, z. B. eine Filteranlage, geführt werden. Der Entlastungsschlot zeichnet sich durch eine spezielle Leitungsführung aus, in der eine Umkehr der Förderrichtung um 180° erfolgt.

Dies wird dadurch erreicht, dass die beiden Leitungsenden der geteilten Leitung, so ineinander geführt werden, dass die Rohrachsen zusammenfallen (siehe Abbildung 26).

Den Abschluss des äußeren Rohres gegen die Atmosphäre bildet eine Berstscheibe. Das innere Rohr sollte dabei möglichst dicht unterhalb der Druckentlastungseinrichtung enden. Für die Entlastungseinrichtung werden möglichst niedrige Ansprechüberdrücke von $\leq 0,1$ bar empfohlen.

Eine in den Entlastungsschlot hineinlaufende Explosion bewirkt ein Ansprechen der Entlastungseinrichtung. Der gesamte Leitungsquerschnitt wird freigegeben, und Druckwelle und Flamme können sich nach außen in axialer Richtung fortbewegen. Eine Explosionsübertragung in den abgehenden Leitungsteil wird dadurch erschwert, da hierzu eine Strömungsumkehr der Explosionsflammen um rund 180° erfolgen müsste. Aufgrund der Heftigkeit der Explosionen in Rohrleitungen und der bevorzugten axialen Ausbreitungsrichtung erfolgt vielfach keine Explosionsübertragung.

Entlastungsschlote lassen sich in Rohrleitungen sowohl vertikal als auch horizontal anordnen. Beim Einbau ist darauf zu achten, dass Druck- und Flammenaustritt in eine ungefährliche Richtung erfolgen. Das Wegfliegen von Berstscheiben wird durch einen Schutzkorb oder durch entsprechende Berstscheiben verhindert.

Entlastungsschlote können eine Explosionsübertragung praktisch in beide Richtungen verhindern. Allerdings zeigen die experimentellen Untersuchungen, dass dieses nicht immer gegeben ist. So ist die Wahrscheinlichkeit einer Explosionsübertragung vom äußeren in das innere Rohr höher als umgekehrt. Ferner wird eine Explosionsübertragung begünstigt, wenn auf der der Explosion abgewandten Seite hohe Unterdrücke anliegen. Insbesondere bei langsam ablaufenden Explosionen mit niedrigen Druckäußerungen, bei denen die Druckentlastungseinrichtungen nicht ansprechen, muss mit einer Explosionsübertragung gerechnet werden.

Obschon der Entlastungsschlot nicht in allen Fällen eine Explosionsübertragung sicher verhindern kann, eignet er sich doch als Entkoppelungsglied und hat sich bei vielen Explosionsereignissen bewährt. Auch wenn eine Flammenübertragung stattfindet, so führt der Entlastungsschlot doch zu einer druckmäßigen Entkoppelung, so dass die gefürchteten Flammenstrahlzündungen für nachgeschaltete Apparate nicht zu erwarten sind. Im Falle einer Explosionsübertragung muss die Explosion im Entlastungsschlot erst wieder neu anlaufen. Sie wird aber aufgrund des offenen Systems nicht mehr die Heftigkeit erreichen wie bei nicht entkoppelten langen Leitungen. Deswegen empfiehlt es sich, die Entlastungsschlote möglichst dicht vor dem zu schützenden Apparat zu installieren.



Abbildung 27:
Entlastungsschlot (Schema links) und praktische Realisierung einer rohgasseitigen Entkoppelung einer Filteranlage (Foto rechts)

Zellenradschleuse

Zellenradschleusen können bei entsprechender Ausführung die Ausbreitung von Explosionsflammen unterbinden. Auch eine schlagartige Druckbeanspruchung nachgeschalteter Systeme unterbleibt weitgehend.

Zellenradschleusen eignen sich zur Absicherung von Produkteintrits- und austrittsöffnungen an Behältern und Apparaten.

Zum anderen kann durch ihren Einsatz an Produktübergabestellen eine Entkoppelung zwischen den vor- und nachgeschalteten Anlagenbereichen herbeigeführt werden.

Eng verknüpft mit der Flammendurchschlagsicherheit bzw. Zünddurchschlagsicherheit einer Zellenradschleuse ist natürlich auch ihre ausreichende Festigkeit gegenüber der zu erwartenden Explosionsbelastung.

Zellenradschleusen, die als Schutzsystem zur Entkopplung eingesetzt werden und ab dem 30.06.2003 in Verkehr gebracht wurden, müssen eine EG-Baumusterprüfbescheinigung sowie eine Kennzeichnung gem. RL 94/9/EG vorweisen.

Zellenradschleusen, die vor dem 30.06.2003 in Verkehr gebracht und nicht bauartgeprüft worden sind, sind formal nicht als Schutzsystem zulässig.

Jedoch lassen sich aufgrund einer Vielzahl von bisher durchgeführten Untersuchungen an Zellenradschleusen einige typische Konstruktionsmerkmale ableiten, die eine Zellenradschleuse aufweisen muss, wenn sie das Risiko einer Explosionsübertragung verringern soll.

Bei der Auswahl der Werkstoffe sollte zähen Werkstoffen der Vorzug vor den spröden gegeben werden. Rotoren von Zellenradschleusen sollten mindestens 8 Zellen aufweisen, wobei mindestens 2, besser 3 Stege auf jeder Seite im Eingriff sein sollten. Die Dicke der Stege sollte mindestens 3 mm betragen. Die Abstände zwischen Rotor und Gehäuse, auch als Spaltweite bezeichnet, sollten 0,2 mm nicht überschreiten. Der Rotor sollte auf jeden Fall beidseitig gelagert sein.

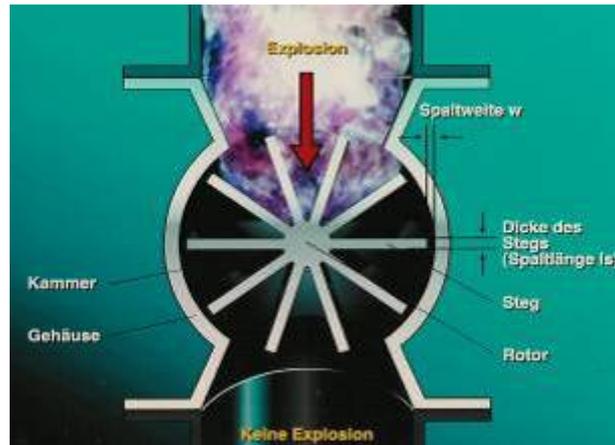


Abbildung 28:
Explosionsunterbrechende explosionsdruckfeste Zellenradschleuse

Explosionsschutzventil

Explosionsschutzventile eignen sich vornehmlich für den Einbau in Rohrleitungen mit niedrigen Staubbelastungen.

Typische Einsatzbeispiele sind die Reinluftseite von Filteranlagen, wo diese Ventile zum Schutz der reinluftseitig angeordneten Ventilatoren vor unzulässig hohen Druckbelastungen bei vorangegangenen Filterexplosionen eingesetzt werden.

Innerhalb der ellipsenförmig aufgeweiteten Rohrleitung befindet sich ein auf Kugelbüchsen gelagerter Schließkörper, der in axialer Richtung zu beiden Seiten hin beweglich ist. Durch Federkraft wird der Schließkörper in Mittelstellung gehalten.

Im Explosionsfall soll das Ventil durch den Explosionsdruck, welcher der Flammenfront in einer Rohrleitung vorausseilt, geschlossen werden. Dabei muss mindestens eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit auf über 25 m/s erfolgen oder sich ein Differenzdruck am Ventil von mehr als 0,1 bar einstellen, damit ein rechtzeitiges Schließen des Ventils erreicht wird.

Der Schließkörper wird beim Schließen gegen einen Dichtring gedrückt und arretiert. Das Ventil kann von außen wieder entriegelt werden. Die Stellung des Schließkörpers - offen oder geschlossen - wird über entsprechende Kontakte erfasst und angezeigt. Manche Ventile können in beiden Richtungen wirken. Bei langsamen Explosionsabläufen mit geringen Druckäußerungen kann ein derartiges Ventil von der Explosion überlaufen werden. Diese Unsicherheit kann dadurch behoben werden, dass das Explosionsschutzventil als aktives Element in Verbindung mit einer entsprechenden Steuereinrichtung ausgerüstet wird.



Abbildung 29:
Selbstschließendes Explosionsschutzventil

Aktive Entkopplungseinrichtungen

Allen aktiven Entkopplungseinrichtungen ist gemeinsam, dass zu ihrer Auslösung Sensor- und Steuersysteme notwendig sind. Zur Ansteuerung dieser aktiven Entkopplungseinrichtungen eignen sich sowohl Drucksensoren als auch optische Sensoren. Welche Bauart von Sensoren zum Einsatz kommt, hängt von den apparate- und verfahrensspezifischen Randbedingungen ab.

Dabei wird der Einsatz von Drucksensoren in Behältern oder behälterähnlichen Apparaten vorgenommen und die Anbringung der optischen Sensoren - im allgemeinen Infrarot-Detektoren - erfolgt in den verbindenden Rohrleitungen.

Zwischen dem Erkennen, Auslösen und Durchführen der Entkopplungsmaßnahme vergehen gewisse, wenn auch extrem kurze Zeiten. Deshalb müssen Sensorsysteme und Entkopplungseinrichtung unter Berücksichtigung ihrer Reaktionszeit und der zu erwartenden Explosionsgeschwindigkeit in einem entsprechenden Abstand voneinander angeordnet werden.

Schnellschlusschieber

Schnellschlusschieber haben gegenüber den Ventilen den Vorteil, dass sich ihr Schließelement im offenen Zustand außerhalb des Rohrleitungsquerschnittes befindet. Der Rohrleitungsquerschnitt bleibt somit frei und kann tottraumfrei ausgeführt werden, so dass sich kein Staub ablagern kann.

Aus diesem Grunde können Schnellschlusschieber unabhängig von der Staubbeladung in Rohrleitungen verwendet werden. Aufbau und Wirkungsweise der angebotenen Schieber sind ähnlich.

Das Schieberblatt ist über eine Stange mit dem Antriebskolben in einem Zylinder verbunden. Beim Ansprechen wird der Zylinder schlagartig mit Druckluft beaufschlagt und das Schieberblatt über das Kolbensystem geschlossen. Je nach Nennweite werden Schließzeiten von höchstens 50 ms erreicht.

Die für den Schließvorgang benötigte Druckluft wird in Vorratsbehältern bereitgehalten. Dabei können diese Vorratsbehälter permanent mit dem Druckluftnetz in Verbindung stehen, so dass für den Schließvorgang ein Betriebsdruck von 5 bis 6 bar ausreichend ist.

Schieber, die für den Schließvorgang wesentlich höhere Drücke benötigen, werden über werkluftunabhängige Hochdruckbehälter versorgt. Der Schließvorgang muss schnell und ohne Prellen des Schieberblattes erfolgen. Damit die auf den geschlossenen Schieber wirkenden Explosionsdruckbelastungen nicht unzulässig hoch werden, z. B. infolge von Vorkompressionseffekten, sollte der Abstand zwischen dem Schieber und der möglichen Zündquelle nicht größer als 10 m sein. Schnellschlusschieber sind wie Explosionsschutzventile nicht nur in der Lage, die Flammenausbreitung zu unterbinden, sondern sorgen auch durch das Verschließen der Rohrleitung dafür, dass die Druckbeaufschlagung hinter dem Schieber befindlicher Anlagenbereiche unterbleibt. Der Einbau der Schieber kann weitgehend lageunabhängig erfolgen und eignet sich sowohl für waagrecht als auch senkrecht verlegte Rohrleitungen.

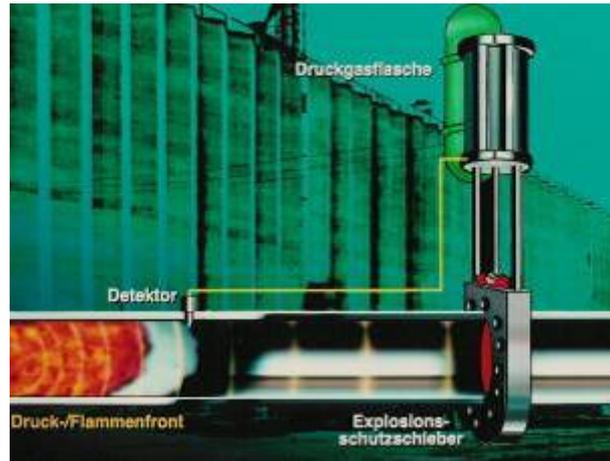


Abbildung 30:
Schnellschlussschieber

6.5 Gebäudereaktion auf Explosionsdruck

Staubexplosionen können erfahrungsgemäß ungefähr als statische Belastung betrachtet werden, deren Auswirkung dem maximalen Explosionsüberdruck entspricht.

Typische Berstdrücke von Gebäudeteilen:

| | | |
|--|--------------|-----|
| Fensterscheiben | 0,02 - 0,07 | bar |
| Türen | 0,02 - 0,05 | bar |
| Wandverglasung (Drahtglas) | 0,06 - 0,065 | bar |
| leichte Trennwände, leichte Dächer | 0,05 - 0,15 | bar |
| freistehende Backsteinwände | 0,07 - 0,15 | bar |
| unbewehrte Betonwände (20 cm dick) | 0,15 - 0,20 | bar |
| Beton- und Stahlbetongebäude (erdbebenfest) | 0,8 - 1,5 | bar |
| Industriegebäude in leichter Metallgerippebauweise: | 0,2 - 0,3 | bar |
| in schwerer Metallgerippebauweise: | 0,3 - 0,4 | bar |

Mit Hilfe dieser Richtgrößen können Druckentlastungsflächen berechnet bzw. ausgelegt werden.

7 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 aufrechterhalten. In der Praxis kann auch durch die Kombination von technischen und organisatorischen Explosionsschutzmaßnahmen die Arbeitsumgebung sicher gestaltet 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.

Als organisatorische Explosionsschutzmaßnahmen sind folgende Punkte zu realisieren:

- Reinigung
- Erarbeitung von schriftlichen Betriebsanweisungen
- Unterweisung der Mitarbeiter hinsichtlich des Explosionsschutzes
- Ausreichende Qualifikation der Beschäftigten
- Anwendung eines Arbeitsfreigabesystems für gefährliche Arbeiten
- Durchführung von Instandhaltungsarbeiten
- Durchführung von Prüfungen und Überwachungen
- Kennzeichnung der explosionsgefährdeten Bereiche

Die festgelegten organisatorischen Explosionsschutzmaßnahmen müssen im Explosionsschutzdokument beschrieben werden.

Wird die Anlage verändert oder gibt es Änderungen beim zu fördernden oder zu lagernden Produkt, ist die Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen und die erforderlichen Maßnahmen gegebenenfalls anzupassen.

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, in welchen Betriebszustand, z. B. An- und Abfahren oder Befüllen bzw. Entleeren und wo welche Explosionsgefährdungen bestehen, welche ortveränderlichen Arbeitsmittel verwendet werden dürfen und ob ggf. besondere persönliche Schutzausrüstung zu tragen ist.

Unterweisung der Arbeitnehmer

Die Arbeitnehmer sind über die am Arbeitsplatz herrschenden Explosionsgefahren und die getroffenen Schutzmaßnahmen zu unterweisen. Die Unterweisung sollte auf der Grundlage einer vorhandenen Betriebsanweisung erfolgen.

Im Rahmen dieser Unterweisung soll darauf eingegangen werden, wie die Explosionsgefahr entsteht und in welchen Arbeitsbereichen 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 Erläuterung der möglicherweise vorhandenen Kennzeichnung der explosionsgefährdeten Bereiche und eine Einweisung, welche ortveränderlichen Arbeitsmittel in diesen Bereichen eingesetzt werden dürfen.

Unterweisungen sind mind. zu folgenden Anlässen durchzuführen:

- bei der Einstellung (vor Arbeitsaufnahme!),
- einer Versetzung oder einer Veränderung des Aufgabenbereiches,
- der Einführung oder Änderung von Arbeitsmitteln, Produkten oder Verfahren,
- der Einführung einer neuen Technologie.

Die Unterweisung der Beschäftigten muss jährlich wiederholt werden. Die Unterweisung ist schriftlich zu dokumentieren. Die Durchführung der Unterweisung ist durch die unterwiesenen Personen durch Unterschrift zu bestätigen. Die Unterweisungspflicht gilt gleichermaßen für die Arbeitnehmer von Fremdfirmen.

Arbeitsfreigabesystem

Werden in einem explosionsgefährdeten Bereich oder in dessen Nähe Arbeiten ausgeführt, die möglicherweise zu einer Explosion führen können, so sind diese Arbeiten durch die für diesen Betrieb verantwortliche Person (Aufsichtsführender) zu genehmigen. Das gilt auch für Arbeitsvorgänge, die sich mit anderen Arbeiten überschneiden und dadurch Gefährdungen verursachen können. Für derartige Fälle ist ein Arbeitsfreigabesystem vorgeschrieben (Anh. 4 Nr. 2.2 BetrSichV). Dies wird durch einen Freigabeschein (z. B. Schweißerlaubnisschein) realisiert, den alle Beteiligten erhalten und unterschreiben müssen.

Ein Muster eines Formblatts für die Arbeitsfreigabe findet sich im Anhang.

Durchführung von Instandhaltungsarbeiten

Die Instandhaltung umfasst die Inspektion und Prüfung sowie die Wartung und Instandsetzung.

Bei Instandhaltungsarbeiten können für einen begrenzten Zeitraum

- innerhalb eines gefährdeten Bereiches explosionsfähige Atmosphären entstehen oder vorhanden sein oder
- Tätigkeiten erforderlich sein,

die durch die im Explosionsschutzdokument beschriebenen Explosionsschutzmaßnahmen nicht oder nicht hinreichend berücksichtigt sind.

Konkrete Regelungen zu Instandhaltungsarbeiten mit Explosionsgefährdungen können der TRBS 1112 Teil 1 „Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungsarbeiten - Beurteilung und Schutzmaßnahmen“ entnommen werden.

Art, Umfang und Verantwortlichkeiten der Instandhaltungsarbeiten sind in einem Wartungsplan festzulegen. Vor Beginn von Instandhaltungsarbeiten sind alle Beteiligten zu informieren und die Arbeiten werden mittels eines Arbeitsfreigabesystems freigegeben.

Bei Instandhaltungsarbeiten sind Explosionsgefahren und das unbeabsichtigte Einschalten während der Arbeiten durch eine mechanische und eine elektrische Trennung von Geräten oder Anlagenteilen zu verhindern.

Bei Instandhaltungsarbeiten mit Zündgefahren, wie z. B. Schweiß-, Schleif- oder Schneidarbeiten (Feuarbeiten), ist durch entsprechende Maßnahmen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auszuschließen. Die zu bearbeitenden Anlagenteile sind zu entleeren und zu reinigen. Sie müssen frei von brennbaren Stoffen sein. Während der Arbeiten dürfen keine brennbaren Stoffe an den Arbeitsort gelangen.

Bei anstehenden Feuerarbeiten in oder in der Umgebung explosionsgefährdeter Bereiche, also z. B. auch in angrenzenden Räumen, sind diese in die Schutzmaßnahmen einzubeziehen. Falls immer möglich, sind die betroffenen Anlagenteile auszubauen und im Freien, einer Werkstatt oder einer sonst ungefährlichen Stelle zu bearbeiten.

Prüf- und Überwachungskonzept

Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen, die Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne des Artikels 1 der Richtlinie 94/9/EG sind oder beinhalten, gelten als überwachungsbedürftige Anlagen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV. Um eine dauerhafte Aufrechterhaltung der für den Explosionsschutz getroffenen Schutzmaßnahmen zu gewährleisten, ist durch den Betreiber ein Prüf- und Überwachungskonzept zu erstellen. Das Prüf- und Überwachungskonzept muss Festlegungen hinsichtlich Prüfmethode, Prüfumfang, Prüftiefe sowie Prüfintervallen beinhalten. Der Umfang des Prüf- und Überwachungskonzeptes ist zu dokumentieren.

Gemäß BetrSichV sind für überwachungsbedürftige Anlagen die Prüfungen vor Inbetriebnahme, nach Inbetriebnahme sowie die wiederkehrenden Prüfungen zu unterscheiden. Eine weitere Konkretisierung hinsichtlich des Umfangs und der Inhalte der jeweiligen Prüfungen ist in der TRBS 1201 Teil 1 und 3 zu finden.

Alle laut Prüfkonzept durchgeführten Prüfungen sind zu dokumentieren und die Prüfprotokolle aufzubewahren.

Prüfung vor Inbetriebnahme

Hierbei werden wiederum zwei Prüfungen unterschieden:

1. Die Prüfung der Anlage (BetrSichV §14 Abs. 1 - 3)

Die Anlage ist unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich der Montage, der Installation, den Aufstellungsbedingungen und der sicheren Funktion zu prüfen. Diese Anforderung ist analog nach einer wesentlichen Veränderung der Anlage, bzw. soweit der Betrieb oder die Bauart der Anlage durch eine Änderung beeinflusst wird, zu erfüllen.

Diese Prüfung kann durch eine zugelassene Überwachungsstelle oder eine befähigte Person durchgeführt werden. Die Anforderungen an eine befähigte Person sind in der TRBS 1203 beschrieben.

Es handelt sich hierbei um eine Prüfung der einzelnen Anlagenteile (Arbeitsmittel) hinsichtlich der ordnungsgemäßen Montage, Installation und Funktion.

Hieran schließt sich bei einer Neuanlage vor Inbetriebnahme eine wesentliche zweite Prüfung an. Diese zweite Prüfung soll vor allem darüber Aufschluss geben, ob das angewendete Explosionsschutzkonzept der Anlage schlüssig und vollständig umgesetzt ist. Diese Prüfung darf daher auch nur von Experten (Befähigte Person mit besonderen Kenntnissen im Explosionsschutz) durchgeführt werden.

2. Prüfung von Arbeitsplätzen (BetrSichV Anh. 4 A Zif. 3.8)

Diese Prüfung setzt sich aus folgenden Schritten zusammen:

1. Prüfung der sachlichen Richtigkeit des Explosionsschutzkonzeptes,
2. Prüfung der Konkretisierung des Explosionsschutzkonzeptes im Explosionsschutzdokument,
3. Prüfung der Umsetzung des Explosionsschutzkonzeptes für den konkreten Bereich. Dieser Prüfschritt beinhaltet die ganzheitliche Prüfung der Umsetzung aller organisatorischen und technischen Maßnahmen.

Hierzu sind u. a. folgende Aspekte zu prüfen:

- Ganzheitliche Prüfung des Explosionsschutzkonzeptes vor dem Hintergrund der örtlichen Gegebenheiten,
- Prüfung der vollständigen Beschreibung des Explosionsschutzkonzeptes im Explosionsschutzdokument.

Weiterhin sind zu prüfen:

- die korrekte Umsetzung aller gemäß des Explosionsschutzkonzeptes erforderlichen technischen und organisatorischen Explosionsschutzmaßnahmen,
- die Umsetzung des Zonenplans daraufhin, ob die explosionsgefährdeten Bereiche gemäß Zonenplan realisiert sind,
- Geräte und Schutzsysteme und die sonstigen Arbeitsmittel daraufhin, ob sie für die Zonen, in denen sie verwendet werden sollen, auf Grund ihrer Geräte-Kategorie geeignet sind,
- die Kennzeichnung der explosionsgefährdeten Bereiche.

Diese Prüfung ist von einer befähigten Person mit besonderen Kenntnissen im Explosionsschutz durchzuführen. Die Anforderungen an eine befähigte Person mit besonderen Kenntnissen im Explosionsschutz sind in der TRBS 1203 beschrieben.

Prüfung nach Instandsetzung (BetrSichV §14 Abs. 6)

Nach der Instandsetzung eines Gerätes, eines Schutzsystems oder einer Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtung im Sinne der Richtlinie 94/9/EG hinsichtlich eines Teils, von dem der Explosionsschutz abhängt, ist eine Prüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) oder durch eine von der Behörde anerkannte befähigte Person durchzuführen. Die Prüfung darf auch durch den jeweiligen Hersteller durchgeführt werden. Der Hersteller hat in diesem Fall zu bestätigen, dass das Gerät, das Schutzsystem oder die Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtung in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen der BetrSichV entspricht. Weitere Konkretisierungen zu dieser Prüfung sind in der TRBS 1201 Teil 3 zu finden.

Wiederkehrende Prüfungen [BetrSichV §15]

Der Betreiber einer überwachungsbedürftigen Anlage hat auf Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung unter Berücksichtigung der Herstellerangaben und der Betriebsbedingungen die erforderlichen Prüffristen zu ermitteln. Auf eine sicherheitstechnische Bewertung kann verzichtet werden, wenn im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bereits eine Ermittlung der Prüffristen durchgeführt wurde. Die wiederkehrenden Prüfungen müssen spätestens alle 3 Jahre wiederholt werden.

Bei den Prüfungen gemäß § 15 Abs. 15 BetrSichV sind für die im Rahmen dieses Praxisleitfadens betrachteten Anlagen grundsätzlich zu prüfen:

1. Geräte, Schutzsysteme und Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne der EG-Richtlinie 94/9/EG auf ihren ordnungsgemäßen Zustand und ihre ordnungsgemäße Zusammenschaltung.
Insbesondere sind hierbei auch eventuell auftretende schädigende Einflüsse zu berücksichtigen (z. B. durch mechanische Belastungen, starke Verschmutzung, Chemikalien, Feuchtigkeit, Kälte oder Hitze), die Einfluss auf die Explosionssicherheit haben.
2. Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen auf ihre ordnungsgemäße Funktion entsprechend der ausgeführten Kategorie,
3. Wechselwirkungen von Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen und deren Verbindungselementen - untereinander und mit anderen Anlagenteilen.

Wiederkehrende Prüfungen gemäß §15 BetrSichV können durch eine zugelassene Überwachungsstelle oder eine befähigte Person durchgeführt werden.

Zusätzlich gilt:

Sofern andere Arbeitsmittel, Anlagenteile / Anlagen den unter Nr. 1 genannten schädigenden Einflüssen ausgesetzt sind, unterliegen diese nach den auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung festgelegten Maßnahmen ebenso der Pflicht zur wiederkehrenden Prüfung. Die Prüfung erstreckt sich auf ihren ordnungsgemäßen Zustand und ihre ordnungsgemäße Zusammenschaltung.

Erfolgen die wiederkehrenden Prüfungen im Rahmen der Instandhaltung (instandhaltungsbegleitende Prüfung), gelten diese als technische Anlagenprüfung für diese Geräte und Anlagenteile innerhalb der maximalen drei-jährlichen Prüffrist.

Koordinierungspflichten

Werden Arbeitnehmer mehrerer Unternehmer an derselben Arbeitsstätte tätig (Fremdarbeiten), ist jeder Arbeitgeber hinsichtlich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes für die Bereiche, die seiner Kontrolle unterstehen, verantwortlich. Neben dieser Einzelverantwortung jedes Arbeitgebers ist der für die Arbeitsstätte verantwortliche Arbeitgeber (Auftraggeber) zuständig für die Abstimmung untereinander und für den sicheren Betriebsablauf.

Vom Auftraggeber muss bei Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen ein Koordinator bestimmt werden, der die Arbeiten der beteiligten Arbeitsgruppen unabhängig von ihrer Unternehmenszugehörigkeit aufeinander abstimmt, um mögliche gegenseitige Gefährdungen zu verhindern. Der Koordinator ist zur Abwehr besonderer Gefahren mit einer entsprechenden Weisungsbefugnis auszustatten. Der Koordinator ist schriftlich zu bestellen.

Kennzeichnung

Gem. Anhang 4 Teil A Nr. 2.3 BetrSichV sind explosionsgefährdete Bereiche (Räume, Gebäudeteile, betretbare Anlagenteile etc.) an ihren Zugängen zu kennzeichnen mit dem Warnzeichen gemäß Anhang III der Richtlinie 1999/92/EG:



Zusätzlich ist ein Verbotsschild P02 (Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten; gemäß Anhang 1 Arbeitsstättenregel ASR A1.2) anzubringen. Zu diesen Bereichen haben nur entsprechend unterwiesene Personen Zutritt.

8 Aufbau des Explosionsschutzdokumentes

8.1 Allgemeines

Da einzelne Maßnahmen häufig auf ganze Apparategruppen zutreffen, kann das Explosionsschutzdokument in einen

- „Allgemeinen Teil“ mit denjenigen Beschreibungen, die für alle Anlagen/Apparategruppen des Geltungsbereichs in gleicher Weise zutreffen und einen
- „Anlagenspezifischen Teil“ mit detaillierten Angaben zu Besonderheiten einzelner Anlagen

getrennt werden.

Beide Teile des Explosionsschutzdokuments sind bezüglich der Maßnahmen gegliedert in die Abschnitte

- Vermeidung von explosionsfähiger Atmosphäre
- Vermeidung wirksamer Zündquellen
- Organisatorische Schutzmaßnahmen.

Anmerkungen zu fehlenden oder geplanten Schutzmaßnahmen werden gegebenenfalls den entsprechenden Abschnitten angefügt.

Im „Anlagenspezifischen Teil“ werden darüber hinaus die

- konstruktiven Schutzmaßnahmen und die
- Zoneneinteilung

behandelt.

Ein Deckblatt dient der Prüfung auf Vollständigkeit des Explosionsschutzdokuments und enthält eine Auflistung der relevanten Unterlagen unter Angabe der Fundorte für den Geltungsbereich.

Bei entsprechend kleinen Anlagen kann ein „Allgemeiner Teil“ entfallen.

8.2 Mögliche Gliederung des Explosionsschutzdokuments gemäß § 6 BetrSichV

1. Allgemeine Angaben

- Name des Betriebes
- Benennung von Betriebsbereichen/Arbeitsbereichen
- Geltungsbereich der Dokumentation
- Erstellungsdatum

2. Verantwortliche und befähigte Personen für den Betrieb bzw. Betriebsteil

- Betriebsleitung
- Abteilungsleitung
- Verantwortliche für die Erlaubnisverfahren (z.B. Feuerarbeiten, Einfahren in enge Behälter etc.)
- Befähigte Personen für die Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
- Angabe zu Art und Anzahl der befugten und unterwiesenen Beschäftigten in den jeweiligen Arbeitsbereichen

3. Kurzbeschreibung der baulichen und örtlichen Gegebenheiten

- Lagepläne der Gebäude und Anlagen
- Gebäudepläne
- Aufstellungspläne der relevanten Betriebs- und Anlagenteile
- Flucht- und Rettungswegepläne für alle Ebenen

4. Verfahrensbeschreibung

- Kurzbeschreibung des verfahrenstechnischen Ablaufs
- Kurzbeschreibung der relevanten Tätigkeiten (z. B. Probenahme, Kontrollen etc.)
- Verfahrensfließbilder mit Informationen zu sicherheitstechnisch relevanten Komponenten, Geräten, Schutzsystemen sowie elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln (z. B. R+I-Diagramme)

5. Beschreibung der eingesetzten Stoffe

- Stoffdaten (z. B. Korngrößenverteilung, Zusammensetzung, Konzentration, Dichte etc.)
- Für Rohprodukte Angaben zum Verarbeitungszustand, zu eventueller Vorreinigung oder sonstiger Vorbehandlung beim Lieferanten etc.
- relevante explosionstechnische Kenngrößen
- Einsatzmengen/Fördermengen

6. Zoneneinteilung

- Bereiche in denen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann
 - im Innern von Anlagen
 - in der Umgebung von Anlagen
- Zoneneinteilung in Betriebsräumen bzw. im Freien

7. Gefährdungsbeurteilung

- Relevanten Gefährdungen
 - Gefährdungen im Normalbetrieb unter Berücksichtigung von An- und Abfahrvorgängen
 - Gefährdungen bei betriebsbedingt zu erwartenden Störungen
 - Gefährdungen bei der Instandhaltung
- Beschreibung des Explosionsschutzkonzeptes
 - Vorbeugende Maßnahmen
 - Technische Schutzmaßnahmen
 - Rangfolge der Schutzmaßnahmen:
 - Maßnahmen zur Verhinderung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
 - Vermeiden von Zündquellen:
Maßnahmen zur Verhinderung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
 - Konstruktiver Explosionsschutz:
Maßnahmen zur Beschränkung der Auswirkung einer Explosion
 - Beschreibung der Anforderungen an Arbeitsmittel

8. Organisatorische Maßnahmen

- relevante Betriebsanweisungen
- Beschreibung der notwendigen Qualifikationen von Beschäftigten
- Beschreibung der notwendigen Unterweisungen
- Beschreibung des Arbeitsfreigabesystems
- Koordination zwischen mehreren Arbeitgebern; Arbeitsanweisungen zum Umgang mit Leiharbeitnehmern, Fremdfirmen, Schülern, Praktikanten etc.
- Kennzeichnung der Zonenbereiche
- Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Zoneneinteilung
 - Reinigungspläne
 - Kontrollgänge
 - Vorbeugende Instandhaltung
- Instandhaltungskonzept
- Prüfkonzert

9. Anhänge

- EG-Konformitätserklärungen
- Herstellererklärungen
- EG-Baumusterprüfbescheinigungen
- Nachweise für Auslegung von Druckentlastungsflächen, Unterdrückungssystemen etc.
- Nachweis für die Eignung von relevanten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln
- Muster-Erlaubnisschein für Heißenarbeiten (Schweißerlaubnisschein)
- Muster-Erlaubnisschein für Arbeiten in engen Räumen
- Relevante Betriebsanweisungen, Reinigungspläne
- Relevante Betriebsanleitungen von Arbeitsmitteln
- Dokumentation von Unterweisungen
- Prüfbescheinigungen

10. Maßnahmenplan

- Art der durchzuführenden Maßnahme (aus 7.)
- Angabe der verantwortlichen Person für die Durchführung
- Angabe des geplanten Fertigstellungstermins

Die Verfasser

Prof. Dr. Siegfried Radandt

Prof. Dr. Siegfried Radandt ist Geschäftsführer der Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin (FSA) e.V. mit einem Forschungsschwerpunkt „Explosionen“. Er ist zudem Leiter der Prüf- und Zertifizierungsstelle der FSA GmbH (Notifizierte Prüfstelle für den Bereich „Nichtelektrische Geräte für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre“ und für autonome Schutzsysteme). Er ist der Chairman des TC 305 „Potentially explosive atmospheres-Explosion prevention and protection“ und in dieser Eigenschaft auch Mitglied des “Standing Committees” für ATEX 94/9/EG und ist Mitglied der Arbeitsgruppe Explosionsschutz der IVSS.

Dr. Frank Hauert †

Dr. Frank Hauert war Leiter der Abteilung Sicherheit der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten, sowie stellvertretender Leiter der Zertifizierungsstelle der FSA GmbH. Er leitete die internationale Arbeitsgruppe 4 „Terminology and Methodology“ des TC 305 zur Erstellung von Normen bezüglich der Richtlinie 94/9/EG. Zudem war er Mitglied im Unterausschuss 5 „Explosionsschutz“ zum „Ausschuss für Betriebssicherheit“ nach der Betriebssicherheitsverordnung.

Dr. Bernhard Strocka

Dr. Bernhard Strocka war Fachberater für Explosionsschutz bei der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten und der FSA GmbH. Er erstellte Gutachten und Sicherheitsbetrachtungen im Staubexplosionsschutz. Er ist zudem anerkannter Sachverständiger nach § 29 a des Bundesimmisionsschutzgesetzes.

Für die Überarbeitung zeichnen verantwortlich:

Stefan Grund

Dipl.-Ing. Stefan Grund ist Aufsichtsperson und Fachberater für den Explosionsschutz bei der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe. Zudem ist er Mitglied des Fachausschusses Explosionsschutz der BG Chemie und des AK „Brand- und Ex-Schutz“ zum Unterausschuss 3 zum „Ausschuss für Betriebssicherheit“. Im Rahmen dieser Tätigkeit erstellt er Gutachten und Sicherheitsbetrachtungen überwiegend im Staubexplosionsschutz.

Manuel Gehrke

Dipl.-Ing. Manuel Gehrke ist Fachberater für Explosionsschutz bei der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe und der FSA GmbH. Zudem ist er Mitglied der Arbeitsgruppe Explosionsschutz der IVSS.

Herrn Dr. Arnold, Herrn Dipl.-Ing. Bergmann, Herrn Dr. Pape und Herrn Dr. Wenzel sowie den Mitgliedern des Unterarbeitskreises Ex-RL im Fachbereich Chemie Sachgebiet Explosionsschutz sei für Ihre Diskussionsbeiträge und Korrekturen gedankt.