

Die Methode Explosionsrisiken in der Getreide- und Futtermittelindustrie zu identifizieren

S. Radandt, FSA

Bestimmung von Kenngrößen von Stäuben

Für die Zoneneinteilung und das Erstellen von Sicherheitsbetrachtungen aber auch zur Auslegung von Schutzmaßnahmen ist die Kenntnis der stoffspezifischen Eigenschaften der brennbaren Stäube von fundamentaler Bedeutung. Im Labor werden daher Brenn- und Explosionskenngrößen ermittelt, im folgenden sicherheitstechnische Kenngrößen genannt, die eine Einschätzung des Gefahrenpotentials in Abhängigkeit des Staubes ermöglichen.

Bei den sicherheitstechnischen Kenngrößen handelt es sich um Stoffkonstanten, die allerdings sowohl von der Bestimmungsmethode, als auch dem Wassergehalt und der Korngrößenverteilung abhängig sind. Es ist daher notwendig, die Bestimmungsmethode mit all ihren Randbedingungen zu beschreiben, was früher ausschließlich in nationalen Richtlinien beschrieben wurde und jetzt auch in europäischen Normen vorgegeben wird. Sicherheitstechnische Kenngrößen von abgelagertem Staub sind:

- Entzündbarkeit
- Brennverhalten
- Mindestzündtemperatur einer Staubschicht (Glimmtemperatur) Selbstentzündung
- Exotherme Zersetzung
- Spontane Zersetzung (Deflagration)
- Schlagempfindlichkeit

Datenbanken mit Kenngrößen

Stoffname	Medianwert [µm]	Feuchte [%]	UEG [g/m³]	Zündtemperatur [°C]	BZ	Glimmtemperatur [°C]	KST-Wert [bar m/s]	p _{max} [bar]
Getreide	160	nb	nb	490		290	89	9,3
Getreide, ausgesiebt	<50	nb	nb	520	4	300	45	7,9
Getreide, Mischstaub aus Filter	<37	nb	125	510	4	300	131	9,2
Getreide, Mischstaub, abgelagert	<63	nb	60	420	3	290	79	8,7
Getreide, Staub	70	6,3	nb	360	2	nb	nb	nb
Getreide, Staub aus Silo	<10	9,6	nb	410	2	nb	nb	nb
Getreide, Staub aus Silo	<18	7,4	nb	400	2	nb	nb	nb
Getreidestaub/Fleischmehl	< 20	4,4	nb	410	2	nb	nb	nb
Fettkonzentrat 35% (Futtermittelvormischung)	117	nb	60	500	2	385	86	8,3
Fettkonzentrat 40 % (Futtermittelvormischung, 30% Milchzucker, 23 % Eiweiß)	100	nb	30	450	3	350	74	8,1
Fettkonzentrat 50 % (Futtermittelvormischung)	< 63	nb	15	nb	2	nb	nb	nb
Futtermittel	< 63	1,7	30	nb	2	nb	nb	nb
Futtermittel	< 250	9,3	250	nb	4	320	37	6,4
Futtermittel (Maisstärke, Antibiotika)	13	nb	100	nb	3	nb	nb	nb
Futtermittel (Mineralsalze, Hefe,	< 63	nb	30	nb	2	nb	nb	nb

Vitamine)								
Futtermittel (65 % Fischmehl mit 3 % Konservierungsmittel)	< 63	2,4	30	nb	nb	nb	nb	nb
Futtermittel (abgelagerter Staub)	< 63	3,1	30	nb	nb	nb	nb	nb
Futtermittel (Fegegut)	< 63	2,6	100	nb	2	nb	nb	nb
Futtermittel, Fischmehl, Schüttboden	< 63	2,3	30	nb	2	nb	nb	nb
Futtermittel, Mischfutterstaub	< 63	3,1	30	nb	nb	nb	nb	nb
Futtermittel, Pellets	< 250	3,8	100	nb	2	nb	nb	nb
Futtermittel, Pellets, abgelöste Anbackungen vom Boden	< 63	3,2	30	nb	2	nb	nb	nb
Futtermittel, Speicherfegegut	< 63	3,0	100	nb	nb	nb	nb	nb
Futtermittel (Staubablagerungen)	26	nb	30	440	2	nb	nb	nb
Futtermittel-Zwischenprodukt (Raps-Bohnen)	< 63	nb		400		nb	24	6,5
Futtermittelstaub aus Trocknungsanlage	< 89	nb	30	460 (bei <63 µm)	4	nb	96	7,6
Futtermittelzusatz (30 % Holzmehl, 25 % Fett, 10 % Zucker, 10 % Protein)	< 63	nb	< 15	320	3	nb	93	7,6
Sojaschrot	< 63	nb	100	nb	2	nb	nb	nb
Sojaschrot	95	nb	250	450	1	290	53	8,5
Sojaschrot entölt (ca. 48% Protein)	80	5,9	60	420	2	290	47	7,2
Sojamehl	20	nb		620	2	280	110	9,2
Sojamehl	28	nb		500		245	117	9,0
Sojaproteinkonzentrat (Filterabfall)	19	4,8	30	460	2	nb	70	8,3
Maiskeimschrot	165	9,0	30	440		nb	117	8,7
Maiskeimschrot (Pellets gemahlen)	179	8,9	30	440	2	nb	117	8,7
Weizenkleie	< 63	nb	30	410	2	nb	nb	nb
Weizenkleie	30	nb	30	400	nb	290	94	8,4
Weizenkleber	43	5,4	60		2	nb	74	8,1
Maiskleber	150	nb	125	520	2	590	110	7,7

Beurteilung des stofflichen Risikos

Staubexplosionsgefahr besteht nur dann, wenn aus brennbarem Staub eine Staubwolke gebildet wird und gleichzeitig eine wirksame Zündquelle vorhanden ist.

Bei Getreide handelt es sich grundsätzlich um ein brennbares Schüttgut, wobei gereinigtes Getreide, d.h. Getreide ohne Verunreinigungen wie Stroh, Rispen oder andere getrocknete Pflanzenbestandteile, als schwer entzündbar einzustufen ist.

Ungeachtet davon besteht bei Getreide grundsätzlich 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 gefährdend einzustufen ist.

Durch Sedimentation von Stäuben in Luft treten praktisch niemals homogene Staub/Luft-Gemische auf. Daher haben auch die Explosionsgrenzen bei Staub nicht die gleiche sicherheitstechnische Bedeutung 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 Kraftfutterwerk oder der Getreideverarbeitung eingesetzten Stoffen im Allgemeinen nicht zu befürchten.

Je feiner Stäube sind, umso länger bleiben Staub/Luft-Gemische erhalten, um so größer werden der maximale Explosionsdruck (p_{\max}) und insbesondere der ma-

ximale zeitliche Druckanstieg, und um so niedriger liegt die Mindestzündenergie. Teilchen mit Durchmessern oberhalb ca. 500 µm reagieren im Allgemeinen nicht mehr explosionsartig. Enthält solcher Grobstaub allerdings Feinstaub innerhalb der Explosionsgrenzen, so nimmt auch ein Teil des Grobstaubes an der Explosion teil. Es ist stets zu beachten, dass aus Grobanteilen durch Abrieb Feinstaub entstehen kann.

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 µm maximal den Brennzahlen BZ 2 (kurzes Anbrennen und rasches Auslöschen) oder BZ 3 (örtliches Brennen oder Glimmen ohne Ausbreitung) zuzuordnen. Lediglich die Staubanteile (< 250 µm) von Getreide und Soja können ein Verhalten nach BZ 4 (Durchglühen ohne Funkenwurf oder langsame flammenlose Zersetzung) haben.

Bezüglich der Explosionsfähigkeit der Anteile < 63 µm sind diese Stoffe maximal mit ST 1, d.h. schwach staubexplosionsfähig mit einem K_{St} -Wert < 200 bar·m·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 bar. Die Mindestzündenergie liegt meist unterhalb 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 Partial-Druck 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 Schüttschicht. 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. ammonium-nitrat-haltige Düngemittel der Gruppen A, B oder D) ein zusätzliches Risiko dar-

stellen, wenn starke Zündquellen wirksam werden können (z.B. Brände). Die Lagerung größerer Mengen an einem Ort ist deshalb grundsätzlich zu vermeiden. Entsprechend TRGS 511 6.2.1 dürfen ammoniumnitrathaltige Düngemittel ohne-hin 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.

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 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 Frequenzbereich 9 kHz ... 300 GHz 9. Elektromagnetische Strahlung im Frequenzbereich 3×10^{11} ... 3×10^{15} Hz bzw. im Wellenlängenbereich 1000 μm ... 0,1 μm (optischer Spektralbereich) 10. Ionisierende Strahlung 11. Ultraschall 12. Adiabatische Kompression, Stoßwellen 13. Exotherme chemische Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung

Zur Vermeidung **thermischer Zündquellen**, z.B. heißer Oberflächen (Nr. 1), dürfen keine Flächen vorhanden sein, die mit Staub Kontakt haben können und bei senkrechter Anordnung Temperaturen erreichen, die 2/3 der Zündtemperatur des Staubes überschreiten bzw. bei waagerechter Anordnung Temperaturen aufweisen, die größer sind als die Glimmtemperatur des Staubes minus 75 K. Heiße Oberflächen können u.a. auch durch Reibung entstehen. Zu den thermischen Zündquellen sind weiterhin Glimmester zu zählen, die unter Umständen unerkannt in eine explosionsfähige Atmosphäre eingetragen werden können.

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

Mechanische erzeugt Funken können grundsätzlich durch schnelllaufende Anlagenteile oder durch den Eintrag von Fremdkörpern, die zur Blockierung und somit zur Überlastung von bewegten Anlagenteilen führen, eine Gefährdung

darstellen. Es ist außerdem Funkenflug durch Schweiß-, Schleif- und Trennschneidarbeiten zu beachten.

Elektrische Zündquellen durch **elektrische Anlagen** sowie durch **statische Elektrizität** (Nr. 6) 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. Der IP-Schutzgrad der Betriebsmittel und Elektroinstallationen ist entsprechend den Umgebungsbedingungen und Zone auszuwählen (z.B. Zone 22 = IP 5X, Zone 21/20 = IP 6X).

Blitzschlag ist als Zündquelle auszuschließen, sofern eine funktionsfähige Blitzschutzanlage vorhanden ist.

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



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

Explosionsrisiko:

- Wahrscheinlichkeit , dass sich eine explosionsfähige Atmosphäre bildet und beharrt
- Wahrscheinlichkeit , dass Zündquellen vorhanden sind und wirksam werden
- Die Skala der zu erwartenden Auswirkungen
- Mögliche Interaktionen(Arbeitsumgebung)

Risiko-Management, Gefährdungsermittlung:

- Staub muss brennbar sein
- Staub muss Korngrößenverteilung haben, die eine Flammenpropagation zulässt
- Es muss genügend Sauerstoff vorhanden sein
- Staubwolke muss eine Staubkonzentration innerhalb der Explosionsgrenzen haben
- Staubwolke muss mit einer Zündquelle ausreichender Energie in Kontakt kommen

Funktionsanalyse

- Es wird die Funktion einer Anlage nach folgenden Gesichtspunkten untersucht:
 - Konstruktive Funktionsfähigkeit
 - Werkstofftechnische Funktionsfähigkeit
 - Fertigungstechnische Funktionsfähigkeit
 - Betriebstechnische Funktionsfähigkeit

Die Funktionsanalyse liefert :

- Stellen , an denen die Funktion versagen kann
- Funktionsfehler bei der Verwirklichung von z.B. physikalischen , chemischen Gesetzen
- Funktionsstellen bei der Verzweigung von Funktionssträngen mit besonderem Schwachstellenverhalten
- Schwerpunkte zur Anwendung der Ausfalleffektanalyse

Die Ausfalleffektanalyse :

- Es werden bei angenommenem Fehler die möglichen Versagenssituationen und ihre Folgen untersucht
- Die Verzweigung und Fortpflanzung eines Fehlers wird simuliert
- Die dem einzelnen Fehler zugeordnete Auswirkung wird gewichtet
Risiko-Einschätzung – erforderliche Schritte
- Festlegung der bestimmungsgemäßen Verwendung (Funktions/Zustandsanalyse)
- Ermittlung von Gefährdungen , gefährlichen Situationen , gefährlichen Abläufen
- Abschätzen der Wahrscheinlichkeit von Ereignis und Schadensausmaß
- Risikobewertung : Vergleich mit Risikokriterien
- Optionsanalyse zur Risikoreduktion

Risiko-Management, Systemgrenzen

- Bestimmungsgemäße Verwendung:
 - Produkt,Kapazität,Beanspruchung,Häufigkeit der Benutzung,Missbrauch
- Lebensdauer:
 - Abnutzung,Korrosion,Temperatur,Druck,
Vibration,Stoffe,Instandhaltung,Benutzungs- Änderung,Umgebung
- Konfiguration:
 - Ort,Volumen,Gewicht,Art der Verbindungen, Umfang der Bewegung,Raumbedarf
Fragestellung zum Risikobereich Gebäude
- Geometrie
 - Keller ,Galerien ,Treppenhäuser , Schächte , Hallen
- Festigkeit
 - Verdämmung , Entlastung
- Umgebung
 - Nachbarräume , Nachbargebäude , Verkehrswege
Fragestellung zum Risikobereich Räume
- Volumen (Oberfläche)
- Geometrie (Länge/Querschnitt)
- Verbindungen (Türen , Durchbrüche , Anlagen)
- Stockwerke (Decken , Durchbrüche)
- Wandfestigkeiten (Beton , Mauerwerk , Paneele)
- Funktion (Produktion ,Lager)
- Verstaubung

Fragestellung zum Risikobereich Anlage:

- Offenes/geschlossenes System
- Schnittstellen
- Verbindungen
- Festigkeiten
- Energiezustände
- Prozess-Produkt-Kenndaten
- Veränderung der Kenndaten durch Verfahren (Druck , Temperatur , Feuchtigkeit)

Fragen zu den Stoffen:

- 1. Stoffart,Stoffzustand,Stoffeigenschaft
 - Nutzstaub,Abfall-Abriebstaub,organisch, metallisch
 - Körnung,Feuchtigkeit
 - Selbstentzündlich, Mindestzündenergie, Zünd- temperatur, Glimmtemperatur,
Brennklasse, Schwelgasbildung, Anbackungsverhalten, UEG
Fragen zum Vorkommen von Staub-Luft-Gemischen
- 2. Wo ist mit explosionsfähigen Staub-Luft Gemischen zu rechnen ?
 - Ständig, häufig,überwiegend (Zone 20)

- Gelegentlich (Zone 21)
- Kurzzeitig (Zone 22)

- Ablagerungen

Fragen zu Zündquellen:

- 3. Wo ist mit explosionsfähigem Gemisch und mit potentiellen Zündquellen gleichzeitig zu rechnen ?
- 4. Wo ist mit Zündquellen und dem möglichen Transport dieser Zündquellen in Bereiche mit explosionsfähigen Gemische zu rechnen ?

Fragen zum abgelagerten Staub:

- 5. Wo erhöht abgelagerter Staub das Gefährdungspotential ?
 - Lagerung von Schüttgut , Sackware , Container
 - Offene Transporteure
 - Abfüllstationen
 - Filterausblasöffnungen
 - Kontrollöffnungen
 - Undichtigkeiten

Fragen zu Schnittstellen:

- 6. Wo gibt es Schnittstellen der Apparate zu Räumen ?
 - Abfüllstationen
 - Füllstationen
 - Luftansaugleitugen
 - Abluftleitungen
 - Kontrollöffnungen
 - Siloböden

Fragen zu Raumexplosionen:

- 7. Welche Räume müssen im Falle einer Explosion entlastbar sein ?
 - Explosionsgefahr durch Brand
 - Explosionsgefahr bei Instandhaltung
 - Explosionsgefahr durch sich im Explosionsfall entlastende Apparate
 - Explosionsgefahr durch Übertragung aus anderen Bereichen

Schritte zum Erkennen der Gefährdung und zur Risikoabschätzung

- Funktionsanalyse
- Identifizieren von Zündquellen
- Verknüpfen von Zündquellen und EX-Bereichen
- Risikolevel abschätzen
- Risikooptionen
- Neue Risikolevel nach Risikooptionen

Identifizieren der Zündquellen

- Aus der Liste der möglichen Zündquellen die relevanten (im System vorkommenden) auswählen
- Aus relevanten die signifikanten Zündquellen bestimmen (das sind die Zündquellen , die unter Systembedingungen zur Zündung führen können)

Zündquellen und EX-Bereiche verknüpfen:

- EX-Bereich :
 - Ort an dem EX-Atmosphäre erwartet wird
 - Vorgang , bei dem EX-Atmosphäre entsteht
- Zündquelle :
 - Art der Zündquelle
 - Ursache für das Vorhandensein
 - Normal,-Störbetrieb, sonstige Zustände/Vorgänge
 - Bedingungen für das Wirksamwerden
 - Risiko : Sekundärexplosion nach EX-Druckentlastung
- Ausmaß hängt ab von :
 - Dimension der Staubwolke , die ausgetrieben und gezündet wird
 - diese hängt ab von :
 - » Staubkonzentration im entlasteten Behälter (je höher, desto mehr)
 - » statischem Ansprechdruck der Entlastungseinrichtung (je niedriger desto mehr)
 - » kSt - Wert (je niedriger , desto mehr)
 - Ablagerungen und Aufwirbelungsfähigkeit von Staub im Bereich der Entlastungsöffnung

Was ist Realität ?

- In Silos ist während des Füllvorganges nicht Zone 20 obligatorisch
- In Elevatoren ist während des Vollbetriebes das Staub-Luft-Gemisch so „ fett „, dass eine Zündung schwer möglich ist. Die Anfahr- phase ist kritisch
- An Überwurfstellen (Fallrohren) sind die Staubwolken explosionsfähig (Flammen - ausbreitung)
- Im Labor ermittelte UEG`s sind kleiner als in Wirklichkeit benötigte

Risikobeurteilung der Bereiche und daraus abgeleitete Zoneneinteilung

Auf Grund der Risikobewertung darf folgende Zoneneinteilung angenommen werden:

Silozelle:

Gefahren: Beim Befüllen Gefahr der Entzündung eines eventuell vorhandenen Staub-Luft-Gemisches durch eingeschleppte Glimmnester

Beim Entleeren durch Einstürzen von Brücken in Verbindung mit Schwel/Glimmbränden Explosionsgefahr

Schutzmaßnahmen: Druckentlastung

Inertisierungsmöglichkeit mit Anschluss im Siloauslauftrichter und den anschließenden Trogkettenförderern

Zone 21

Technikräume:

Bei entsprechender Reinigung keine Zone, jedoch bis zu einem Umkreis von 1.5 m um Übergabestellen Zone 22

Räume über den Silos (Siloböden):

Auf Siloböden mit technisch dichter Anlage, auf denen so häufig gereinigt wird, dass sich keine gefährlichen Staubablagerungen bilden können, ist keine Zone vorhanden.

Im Normalbetrieb ist die untere Explosionsgrenze nicht überschritten.

Im Bereich der Einstiegöffnungen kann während des Füllvorganges Zone 22 vorliegen.

Die Siloböden sind jedoch bei Druckentlastung der Silos gefährdet.

Silokeller:

Zone 22, da erfahrungsgemäß trotz Reinigung gelegentlich mit gefahrdrohenden Staubablagerungen zu rechnen ist .

Gefahren: Instandhaltungsarbeiten, Störungsbeseitigung

Schutzmaßnahmen:

Organisatorische Maßnahmen

Druckentlastung

Elevator/Becherwerk:

Während des Betriebes ist in Elevatoren nicht immer mit explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen , da das Produkt grobkörnig und die Staubkonzentrationen meist zu „ fett“ sind und sich schwer zünden lassen. Aber während der Anfahrvorgänge können durch Erschütterungen genügend Staubmengen aufgewirbelt werden und bei Vorliegen einer Zündquelle zur Explosion gebracht werden.

Zündquellen in Elevatoren können sein:

eingebraachte Glimmnester, heiße Oberflächen durch Gurt- und Becherreibung, verkeilte Fremdkörper und dergleichen. Auch eine Explosionsübertragung aus anderen Anlagenteilen ist möglich.

Die Elevatoren übertragen Staubexplosionen in die vor - und nachgeschalteten Anlagenelemente.

Schutzmaßnahmen:

Überlastschutz

ausreichende Abstände zwischen festen und beweglichen Teilen

Schlupf- (Drehzahl)- und Schiefelaufkontrolle

Druckentlastung

Entkopplung(auch der Aspiration)

Zone 21

Bauart	eckige Schächte (kleine freie Fläche)		runde Schächte (grosse freie Fläche)	
Kst (bar.m/s)	< 150		<150	
EF %	100	75	100	75
Pred= 1.0 bar	15m	12m	6m	3m
Pred= 1.35 bar	20m	15m	8.5m	3.5m
Pred= 2.0 bar	30m	23m	10m	5m
Pred= 3.0 bar	-	-	30m	23m
Pred = 2.0 bar ohne Entlast'g	Elevatorhöhe bis 30m		-	
Pred= 3.0 bar ohne Entlast'g	-	-	Elevatorhöhe bis 30m	

Die Entlastung kann- je nach Gegebenheiten- durch nur 1 Entlastungselement in der Mitte des Elevators erfolgen; die maximal zulässige Elevatorhöhe entspricht dann theoretisch dem 2-fachen Wert der maximal zulässigen Laufstrecke; empfohlen wird für diesen Fall, nur ca. 2/3 dieser max. Höhe anzusetzen.

Trogkettenförderer:

Im Trogkettenförderer ist in der Regel nur an Aufgabestellen während der Produktaufgabe mit explosionsfähigen Staub-Luft-Gemischen zu rechnen. Es können aber im Störfall durch Reibung und Schanzung Zündquellen entstehen, wenn die Kettengeschwindigkeit > 1m/s ist.

Trogkettenförderer können Explosionen übertragen.

Schutzmaßnahmen: Aspiration an Aufgabestellen

Fördergeschwindigkeit < 1 m/s

Überlastschutz , Motorschutzschalter

Entkopplung

Verhindern des Heißlaufens von Lagern

Rohrschneckenförderer:

Explosionsfähige Atmosphäre nur zu Beginn der Förderung im Bereich des Produkteinlaufs.

Gefahren:

Im Störfall kann Schnecke durch Anlaufen an Wandung und in Verbindung mit verkeilten Fremdkörpern heiße Oberfläche erzeugen.

Heißlauf von Lagern und Zwischenlagern und Bildung von Glimmnestern.

Schutzmaßnahmen:

Umfangsgeschwindigkeit < 1m/s

Überlastschutz

Lagerkontrolle

Füllstandskontrolle im Produkteinlauf

Zone 22

Trogschneckenförderer:

Explosionsfähige Atmosphäre im weiteren Bereich des Produkteinlaufs.

Gefahren:

Zündquellen wie bei Rohrschneckenförderer.

Explosionsweiterleitung im Freiraum des Förderers

Schutzmaßnahmen:

Wie bei Rohrschneckenförderer, keine Füllstandskontrolle, jedoch ggf. Entkopplung

Zone 21

Schälmaschine:

Explosionsfähige Atmosphäre im Bereich der Produktzufuhr.

Gefahren:

Zündgefahr bei Rotordefekt

Heißlauf der Lager

Schutzmaßnahmen:

Umfangsgeschwindigkeit des Rotors $< 1\text{ m/s}$

Lagerüberwachung

Zone 21

Aspirateur:

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

Das gilt besonders für die Umfluttarare (Staubanreicherung durch 90% Umluftanteil). Zündquellen können vorkommen durch Glimmnester oder durch Funkenentladung isolierter Leiter entsprechender Kapazität, durch Selbstentzündungsvorgänge oder durch eingetragene Funken bzw. Staubexplosionen sowie durch heißlaufende Lager, Schleifen des Umluftventilators an der Wandung oder an Anbackungen.

Es kann zu Bränden und Explosionen kommen, die durch Leitungen übertragen werden.

Die Aspirateure können bei Explosionen aufreißen.

Druck- und Flammenausbreitung gefährden die Räume.

Inspektionen sind geeignete Gegenmaßnahmen.

Pneumatische Förderung:

In einer pneumatischen Förderleitung mit kontinuierlicher Schüttgutförderung (Strahlen- oder Flugförderung) ist in der Regel die obere Explosionsgrenze überschritten.

Zu beachten sind allerdings An- und Abfahrbedingungen, bei denen die Staubkonzentration reduziert ist und der explosionsfähige Bereich durchfahren wird. Dort kann explosionsfähige Atmosphäre (Zone 22) vorhanden sein. Die Häufigkeit des An- bzw. Abfahrvorgangs kann zu einer Verschärfung der Zone führen.

Bei einer Sackentleerung über einen Trichter und anschließender pneumatischer Förderung ist die OEG gelegentlich unterschritten, daher liegt hier Zone 21 vor.

Filter:

Bei der Abreinigung des Filters können zündbare Staubkonzentrationen und hohe elektrostatische Aufladungen auftreten.

Stützkörbe und Schellen aus Metall sind ausreichend zu erden. Da ins Filter gelangende Funken Glimmnester hervorrufen können, ist dies zu verhindern.

Gefahren:

betriebsmäßig vorhandene Staub/Luft-Gemische,

bei filternden Abscheidern Explosionsgefahr, insbesondere beim Abreinigen;

Zündgefahren durch eingeschleppte Glimmnester und infolge elektrostatischer Aufladung.

Explosionsgefahr durch Aufwirbelung abgelagerten Staubes in den Rohrleitungen, z.B. auch beim An- und Abfahren.

Explosionsfortpflanzung in weit verzweigten Rohrleitungssystemen.

Schutzmaßnahmen:

bei filternden Abscheidern regelmäßiges Entfernen des anfallenden Staubes,

elektrostatische Erdung der Stützelemente

Ventilatoren auf der Reinluftseite anordnen

konstruktiver Explosionsschutz (z.B. Druckentlastung)

Zone 21

Schüttgasse:

Während des Befüllens der Schüttgassen können im Inneren kurzzeitig explosionsfähige Staubwolken entstehen.

Je nach Füllvorgang können dabei homogene oder inhomogene

Staubwolken auftreten, die das gesamte Gassenvolumen 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.

Aus dem nachgeschalteten Elevator kann - jedoch nur bei weitgehend entleerter Schüttgasse - eine Staubexplosionsflamme in die Schüttgasse zurückschlagen.

Aus der Schüttgasse austretender Staub kann sich an dem Auspuffsystem des Lieferfahrzeuges entzünden.

Maßnahmen:

Absaugsysteme

Organisatorische Maßnahmen zur Abkühlung der LKW-Motoren
Schüttgossenroste mit Fremdkörperabscheidung
Zone 21

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 können als auch Zündquellen eingeschleppt werden können.

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

Rohrweichen und Fallrohren können Staubexplosionen übertragen, dabei aufreißen, Flammen und Staub können austreten und zu Sekundärexplosionen in Räume führen.

Ventilatoren:

Sind Ventilatoren auf der Reinluftseite von Aspirationssystemen angebracht, ist während des Betriebes in der Regel nicht mit explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen.

Langfristig können jedoch Staubablagerungen aufgewirbelt werden. Bei Defekt des Filtermaterials können zeitweilig explosionsfähige Staub/Luft-Gemische auftreten. Sind Ventilatoren jedoch auf der Rohgasseite von Aspirationssystemen angebracht, 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, Waten des Rotors in Verschanzungen) auftreten. Inspektionen sind geeignete Gegenmaßnahmen.

Die Explosionsrisiken sind in ihrer Gesamtheit zu beurteilen.

Von Bedeutung sind:

- die eingesetzten Arbeitsmittel,
- die baulichen Gegebenheiten,
- die verwendeten Stoffe,
- die Arbeits- und Verfahrensbedingungen und
 - die möglichen Wechselwirkungen untereinander sowie mit dem Arbeitsumfeld

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

Beurteilung des stofflichen Risikos

Bei Getreide handelt es sich grundsätzlich um ein brennbares Schüttgut, wobei gereinigtes Getreide, d.h. Getreide ohne Verunreinigungen wie Stroh, Rispen oder andere getrocknete Pflanzenbestandteile, als schwer entzündbar einzustufen ist.

Ungeachtet davon besteht bei Getreide grundsätzlich 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 gefährdet einzustufen ist.

In den Silozellen wird nur gereinigtes Getreidekorn gelagert. Bei mehrmaligem Umlauf des Getreides kann durch erhöhten Abrieb die UEG gelegentlich erreicht werden.

Dann allerdings sind die Konzentrationen so, dass weder der maximale Explosionsdruck noch die maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit erreicht werden.

Für die Risikobewertung ist somit 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.

Die Temperatur im Siloinnern ist eine zu überwachende Kenngröße.

Die Möglichkeit einer gesicherten Notentleerung der einzelnen Silozellen ins Freie ist gegeben.

Eine regelmäßige Umschichtung des gelagerten Schüttgutes ist durchzuführen, um die Entstehung von Glimmnestern zu vermeiden.

Eine Staubexplosion kann in den Silozellen nicht ganz ausgeschlossen werden. Zur Beherrschung der möglichen Auswirkungen sind deshalb oft Entlastungseinrichtungen vorgesehen.

Silozelle:

Gefahren:

Beim Befüllen Gefahr der Entzündung eines eventuell vorhandenen Staub-Luft-Gemisches durch eingeschleppte Glimmester oder durch Explosionsübertragungen. Beim Entleeren durch Einstürzen von Brücken in Verbindung mit Schwel/Glimmbränden Explosionsgefahr.

Schutzmaßnahmen:

Druckentlastung

Entkopplungen

Inertisierungsmöglichkeit im Brandfall mit Anschluss im Siloauslauftrichter und den anschließenden Trogkettenförderern

Zone 21

Silokeller:

Zone 22, da erfahrungsgemäß trotz Reinigung gelegentlich mit gefahrdrohenden Staubablagerungen zu rechnen ist.

Gefahren:

Instandhaltungsarbeiten

Schutzmaßnahmen:

Organisatorische Maßnahmen

Druckentlastung

Elektrische Ausrüstung

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

In Zone 21 müssen elektrische Ausrüstungen mindestens der Schutzart IP 6X entsprechen oder eigensicher sein, wobei bei Motoren die Schutzart IP 44 mit Klemmenkasten entsprechend IP 5X zulässig ist.

Zur Vermeidung unzulässiger Erwärmungen von elektrischen Betriebsmitteln sollen Schutzschalter eingesetzt werden, am besten in Kombination mit in die Wicklungen integriertem Kaltleiter (Temperaturdetektoren). Bei Steuergeräten und größeren Schaltern sollten für den nötigen Luftausgleich mit Filterelementen versehene Öffnungen vorhanden sein, um den Eintritt von Feinstaub durch Undichtigkeiten zu verhindern.

Steckvorrichtungen müssen nach unten weisen und verriegelbar sein, damit Stecker nur im spannungslosen Zustand gezogen oder eingesteckt werden können. Als bewegliche Leitungen sind nur mittlere und schwere Gummischlauchleitungen zulässig. Bewegliche Kupplungssteckvorrichtungen sind zu vermeiden. Fest verlegte Leitungen sollen bei Aufputz-Verlegung möglichst eng an den Wänden angebracht werden, d.h. ohne Abstandschellen.

Alle Leuchten müssen mindestens der Schutzart IP 5X entsprechen. Dies gilt auch für Handleuchten, die mit stoßfesten Glühlampen bestückt sein sollten, wenn sie starken Erschütterungen ausgesetzt werden. 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. Vorsatzgeräte müssen auch bei Störungen gegen Überhitzung geschützt sein. Wenn Leuchten auf Wänden aus brennbaren Werkstoffen angebracht werden, ist ein Sicherheitsabstand von 35 mm zur Wand einzuhalten.

Ein Potentialausgleich zwischen den einzelnen Apparaten ist in Zone 20 und 21 zu empfehlen.

In Zone 20 (mit ständiger oder häufiger staubexplosionsfähiger Atmosphäre) dürfen nur typengeprüfte elektrische Betriebsmittel verwendet werden. Eigensichere Geräte erfüllen meist die nötigen Voraussetzungen. Im Silobetrieb sind insbesondere zugelassene Füllstands-, Temperatur-, Druck- und optische Detektoren und Messgeräte erforderlich. Leitungen von eigensicheren Stromkreisen müssen getrennt von nicht eigensicheren Leitungen verlegt werden.

Die Verwendung wärmeerzeugender Einrichtungen wie Antriebe und Beleuchtungen sollte in Zone 20 unterbleiben. Silozellen können statt mit Handlampen durch Siloscheinwerfer von Außen ausgeleuchtet werden. Bei der Verwendung von Handlampen, die in Silos eingelassen werden, ist unbedingt darauf zu achten, dass sowohl die Glasüberglocke als auch der Metallkorb vorhanden sind.

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



Gefährdete Kabelverlegung

Das Problem 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 Staubart bzw. der Staubungseigenschaft 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 (tangentielle 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 Platzbedarfes 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-inhomogen), 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 den korrespondierenden europäischen Standards zu finden.

Für Sonderfälle sollten Experten hinzugezogen werden.

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.

Die Entlastungsöffnungen sind möglichst in der Nähe potentieller Zündquellen anzuordnen. Ansonsten sollten sie gleichmäßig über die Raumbofläche verteilt werden.

Der maximal zulässige Überdruck p_{bem} ist die statistische 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.

Lagerhallen und andere Räume

Als Gefährdung im Sinne des Vorhandenseins einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ist die Befüllung von **Lagerhallen** mit ungereinigten Getreide bzw. mehlförmigen

Komponenten mit erhöhten Feingutanteil anzusehen, wenn durch die Arbeitsweise Staubwolken entstehen können. 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 Wurfhöhen vermindert werden.

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 Produktumschlag erfolgt, wie z.B. bei Produkteinlagerung und -auslagerung (Schrappereinsatz) 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
- 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

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

Anforderungen an Geräte und Schutzsysteme









In explosionsgefährdeten Bereichen (Zonen) sollen grundsätzlich nur Geräte, Komponenten und Schutzsysteme, gemäß der Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95) eingesetzt werden, sofern sie eine eigene Zündquelle besitzen. Es dürfen vom Hersteller nur solche Geräte, Komponenten und Schutzsysteme für explosionsgefährdete Bereiche in Verkehr gebracht werden, wenn sie der Richtlinie 94/9/EG entsprechen.

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 höchsten Anforderungen erfüllen Geräte der Kategorie 1. Nur für Geräte der Kategorie 1 und elektrische Geräte der Kategorie 2 sowie für Schutzsysteme muss der Hersteller eine EG-Baumusterprüfung durchführen lassen.

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:

Geräte-Kategorie	Verwendung in Zone	Geräte-Kennzeichnung	Erforderliche Dokumente
1 G	0, 1, 2	 II 1 G	EG-Baumusterprüfbescheinigung, (9999=Kennnummer der benannten Stelle), Konformitätserklärung des Herstellers, Betriebsanleitung
2 G	1, 2	 II 2 G	elektrisches Gerät: EG-Baumusterprüfbescheinigung, (9999=Kennnummer der benannten Stelle), Konformitätserklärung des Herstellers, Betriebsanleitung
2 G	1, 2	 II 2 G	nicht elektrisches Gerät: Konformitätserklärung des Herstellers, Betriebsanleitung
3 G	2	 II 3 G	Konformitätserklärung des Herstellers, Betriebsanleitung
1 D	20, 21,22	 II 1 D	EG-Baumusterprüfbescheinigung, (9999=Kennnummer der benannten Stelle), Konformitätserklärung des Herstellers, Betriebsanleitung
2 D	21, 22	 II 2 D	elektrisches Gerät: EG-Baumusterprüfbescheinigung, (9999=Kennnummer der benannten Stelle), Konformitätserklärung des Herstellers, Betriebsanleitung
2 D	21, 22	 II 2 D	nicht elektrisches Gerät: Konformitätserklärung des Herstellers, Betriebsanleitung
3 D	22	 II 3 D	Konformitätserklärung des Herstellers, Betriebsanleitung

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 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 sowie die erforderlich gewordenen und angewandten Maßnahmen sind im Explosionsschutzdokument festzuhalten.

Altgeräte

Der weitere Betrieb von Betriebsmitteln, die auf Grundlage bestehender nationaler Regelungen verwendet wurden, ist aus Sicht des Explosionsschutzes unbedenklich, wenn diese mindestens den dort festgelegten Anforderungen genügen. Es ist auch

hier im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung¹ zu überprüfen, ob die heutigen Einsatzbedingungen dies rechtfertigen.

Geräte, die vor dem 1. Juli 2003 bereits in Verkehr waren, brauchen **keine** Kennzeichnungen nach der Richtlinie 94/9/EG.

Maßnahmen zum 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 Rauchgasen auf.

Für die Risikobewertung 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.

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.

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

zuständigen Feuerwehr abgestimmt werden. Die Berücksichtigung folgender Punkte wird vorgeschlagen:

Die einschlägigen Bestimmungen der Landesbauordnung 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 ständig freizuhalten 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 ausgetragene 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. Die Konzeption der Brandmeldeanlage und die Angabe bezüglich der Art und Positionierung der entsprechenden Melder, Positionierung der Brandmeldezentrale, Form und Art der Laufkarten
- Die einzelnen Silozellen werden so überwacht, dass beim Überschreiten einer Grenztemperatur eine Warnung erfolgt.
- Zur Sicherstellung einer wirksamen Brandbekämpfung in den einzelnen Silozellen wird ein Inertisierungssystem gem. ASI 8.41 „Siloinertisierung im Schadensfall“ (zu beziehen bei der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten) eingebaut. 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.

Die schnelllaufenden 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 Trockensteigleitungen, Wandhydranten und Handfeuerlöscher vorzusehen. Diese Vorrichtungen und Anlagen werden

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

