

TAA

**TECHNISCHER
AUSSCHUSS FÜR
ANLAGENSICHERHEIT**

beim
Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Leitfaden

**EXPLOSIONSFÄHIGE STAUB/LUFT-GEMISCHE
UND STÖRFALL-VERORDNUNG**

TAA-GS-33

Arbeitskreis Staubexplosion

des Technischen Ausschusses für
Anlagensicherheit (TAA)

LEITFADEN

EXPLOSIONSFÄHIGE STAUB/LUFT-GEMISCHE UND STÖRFALL-VERORDNUNG

verabschiedet auf der 30. TAA-Sitzung am 22. April 2004

TAA-GS-33

Der Technische Ausschuss für Anlagensicherheit (TAA) ist ein nach § 31a Bundes-Immissionsschutzgesetz [1] beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gebildeter Ausschuss. Seine Geschäftsstelle ist bei der GFI Umwelt (Gesellschaft für Infrastruktur und Umwelt mbH) in Bonn eingerichtet.

Anmerkung:

Dieses Werk wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernehmen die Verfasser und der Auftraggeber keine Haftung für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können daher keine Ansprüche gegenüber den Verfassern und/oder dem Auftraggeber gemacht werden.

Dieses Werk darf für nichtkommerzielle Zwecke vervielfältigt werden.

LEITFADEN

Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische und Störfall-Verordnung

Teil I: Anwendungsbereich

Vorbemerkung

- A. Einführung / Problemstellung
- B. Anwendungsvoraussetzungen

Teil II: Störfallvorsorge

- C. Gefahrenquellenanalyse
- D. Maßnahmen
- E. Auswirkungsbetrachtungen im Rahmen des anlagenbezogenen Sicherheitsberichts und für die Gefahrenabwehr
- F. Literatur

Anhang

Dieser Leitfaden wurde von einem Arbeitskreis im Auftrage des Technischen Ausschusses für Anlagensicherheit (TAA) beim BMU erstellt.

Mitarbeiter des Arbeitskreises:

Herren	Dipl.-Ing. Beck	(BIA)
	Dr. Hauert	(BGN, ab April 2003)
	Dr. Hensel	(BAM)
	Dipl. Phys. Kalusch	(BBU und TAA)
	Dipl.-Ing. Konz	(Bayer Industry Services)
	Dr. Reif	(ECKA Granulate GmbH & Co. KG)
	Dr. Schacke (Vorsitz)	(Bayer Industry Services und TAA)
	Dr. Uth	(UBA und TAA)
	Dipl.-Ing. van Stiphout	(Gerling)
	Dr. Wiese	(LUA NRW und TAA)
	Dipl.-Ing. Zockoll	(BGN, bis April 2003)
Geschäftsstelle:	Dipl.-Ing. Eifländer	(GFI Umwelt)

Hinweise:

Aufgrund der neuen Störfall-Verordnung vom 26.04.2000 war eine Überarbeitung der Leitfäden TAA-GS-13 und TAA-GS-15 erforderlich. In diesem Zusammenhang wurden die überarbeiteten Inhalte der ursprünglichen Leitfäden zu einem einzigen Dokument zusammengefasst. Der neue Leitfaden trägt die Kennzeichnung TAA-GS-33. Mit Veröffentlichung dieses Leitfadens werden die früheren Versionen zurückgezogen.

In den vorliegenden vom TAA verabschiedeten Leitfaden wurden in die Abschnitte B.5, C sowie C.1 zusätzlich Aussagen eines Minderheitsvotums aufgenommen. Die Aufnahme wurde erforderlich aufgrund der Beschlusslage des TAA vom 22. April 2004 in Verbindung mit § 9 (2) der TAA-Geschäftsordnung, nach der unter bestimmten Bedingungen ein abweichendes qualifiziertes Minderheitsvotum gefasst werden kann. Die dem Minderheitsvotum entsprechenden Aussagen sind im Text kenntlich gemacht.

Leitfaden
Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische und Störfall-Verordnung

Teil I: Anwendungsbereich

Inhalt:	Vorbemerkung
	A. Einführung /Problemstellung
	B. Anwendungsvoraussetzungen
	B.1 Staubexplosionsfähigkeit
	B.2 Bereiche der Zone 20
	B.3 Zu berücksichtigende Volumina der Zone 20
	B.4 Grundpflichten/erweiterte Pflichten
	B.5 Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische in Betriebsbereichen

Vorbemerkung

Die Ausführungen dieses Leitfadens beziehen sich in erster Linie auf genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne der 4. BImSchV [2], in denen Stoffe der Stoffgruppe 1 des Anhangs VII der Störfall-Verordnung [3] ("explosionsfähige Staub/Luft-Gemische") im bestimmungsgemäßen Betrieb vorhanden sind oder bei einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes entstehen können. Die Stoffgruppe 1 ist abweichend von den übrigen in den Anhängen I oder VII namentlich genannten Stoffen oder Kategorien von Stoffen und Zubereitungen nicht allein aufgrund einer inhärenten Eigenschaft der Stoffe in die StörfallV aufgenommen, sondern es wird zusätzlich das Vorliegen bestimmter Randbedingungen an die Handhabung der Stoffe vorausgesetzt. Damit ergibt sich eine modifizierte Betrachtungsweise für die Behandlung der Stoffe im Sinne der StörfallV.

Der Leitfaden soll Hilfestellung bieten sowohl für die Betreiber solcher Anlagen, als auch für Behörden und Gutachter. Er behandelt Entscheidungs- und Beurteilungskriterien für die Anwendung der StörfallV und hat zum Ziel, Interpretationsspielräume der Störfall-Verordnung auszufüllen. Weiter enthält er Anleitungen zur Ermittlung und Beschreibung der sicherheitsrelevanten Anlageteile, zur Durchführung der Gefahrendiskussion sowie zur Festlegung der sich hieraus ergebenden störfallverhindernden und – begrenzenden Maßnahmen. Der Leitfaden geht nicht im Detail ein auf die materiellen Anforderungen des Staubexplosionsschutzes, soweit sie bereits an anderen Stellen des technischen Regelwerkes und in den zugehörigen Normen (z.B. GPSG, BetrSichV, Richtlinien der Europäischen Gemeinschaften, EX-RL und anderes Berufsgenossenschaftliches Regelwerk, CEN/CENELEC-Normen, VDI-Richtlinien) niedergelegt und zu beachten sind. Der Leitfaden ergänzt hier lediglich die Ausführungen der Regelwerke um die Betrachtung der Auswirkung einer Störung (Staubexplosion) im Nah- und Fernfeld eines betroffenen Anlageteiles und gibt Hinweise auf gegebenenfalls zu treffende Maßnahmen. Damit wird zugleich der Stand der Sicherheitstechnik zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wiedergegeben.

Darüber hinaus enthält der Leitfaden Hinweise zur Behandlung explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische in Betriebsbereichen, die auf Grund des Vorhandenseins von Stoffen nach Anhang I StörfallV (in dem explosionsfähige Staub/Luft-Gemische selbst nicht genannt sind) unter die Störfall-Verordnung fallen.

A. Einführung/Problemstellung

Staubexplosionen sind schnelle exotherme Oxidationsreaktionen, die auftreten, wenn brennbarer, aufgewirbelter Staub¹ in ausreichender Feinheit und geeigneter Konzentration im Gemisch mit einem gasförmigen Oxidationsmittel (meist dem Sauerstoff der Luft, "Staub/Luft-Gemische") vorliegt und mit einer Zündquelle ausreichender Energie in Berührung kommt. Für eine explosionsartig verlaufende Reaktion ist die intensive Vermischung von Brennstoff und Oxidationsmittel unmittelbar vor der Entzündung eine unabdingbare Voraussetzung. Die Reaktion breitet sich unter Flammeneerscheinung rasch selbständig, d.h. ohne weitere Energiezufuhr von außen, durch das Gemisch aus und heizt die Atmosphäre sehr schnell auf, was besonders in geschlossenen Behältern oder Räumen zu erheblichen Drucksteigerungen führt mit der möglichen Folge mechanischer Zerstörungen und Stofffreisetzungen.

Die Gefahrstoffverordnung [4] führt in der novellierten Fassung vom 15.11.1999 in § 4, Abs. 2 das Gefahrenmerkmal der Explosionsfähigkeit von Stäuben im Gemisch mit Luft auf:

" (sind) explosionsfähig im Gemisch mit Luft, wenn nach Wirksamwerden einer Zündquelle eine selbständig sich fortpflanzende Flammenausbreitung stattfindet, die im allgemeinen mit einem sprunghaften Temperatur- und Druckanstieg verbunden ist."

Die Störfall-Verordnung hat explosionsfähige Staub/Luft-Gemische als eine mögliche Gefahr für die Auslösung eines Störfalls mit der Aufnahme der Stoffgruppe 1 in den Anhang VII berücksichtigt. Im Gegensatz zu anderen Stoffen und Zubereitungen wird hier jedoch eine bestimmte Zustandsform eines Stoffes in Verbindung mit einer Auftrittswahrscheinlichkeit ("Zone 20") als Anwendungskriterium verwendet, was zu Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Verordnung in die Praxis führen kann.

¹ Staub ist feinverteilter Feststoff beliebiger Form, Struktur und Dichte unterhalb einer Korngröße von ca. 500 µm, siehe VDI 2263 [5]

B. Anwendungsvoraussetzungen

Eine gemäß 4. BImSchV genehmigungsbedürftige Anlage, die nicht Betriebsbereich oder Teil eines Betriebsbereiches ist, unterliegt der Störfall-Verordnung, wenn folgende Voraussetzungen gegeben sind:

- Ein Stoff oder eine Zubereitung ist in der gehandhabten Form nach den Prüfmethoden der VDI-Richtlinie 2263, Blatt 1 [6] ("Staubbrände und Staubexplosionen, Gefahren-Beurteilungen-Schutzmaßnahmen Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben"), staubexplosionsfähig und
- in der Anlage gibt es Bereiche der Zone 20 und
- die Summe der Teilvolumina der Zone 20 überschreitet die im Anhang VII festgelegten Volumenschwellen.

B.1 Staubexplosionsfähigkeit

Ob Stäube als staubexplosionsfähig einzustufen sind, ergibt sich aufgrund der Prüfergebnisse gemäß der o.g. VDI-Richtlinie 2263, Blatt 1. Die Prüfung auf Staubexplosionsfähigkeit erfolgt richtliniengemäß an getrockneten Proben in der Kornfraktion < 63 µm. Fällt dagegen der Staub unter betrieblichen Bedingungen in einer anderen Form an, z.B.

- in gröberer Kornverteilung oder
- mit hoher Feuchte,

muss zur Bewertung der Staubexplosionsfähigkeit die Prüfung an einer hierfür repräsentativen Probe herangezogen werden. So reagieren z.B. Teilchen mit Durchmessern oberhalb 500 µm im Allgemeinen nicht mehr explosionsartig. Hierauf ist bei der Übernahme von Untersuchungsergebnissen aus Datenbanken zu achten.

Eine Prüfung ist entbehrlich, wenn Stäube ihrer chemischen Struktur nach eindeutig als nicht staubexplosionsfähig anzusehen sind (z.B. Metalloxide).

B. 2 Bereiche der Zone 20

B.2.1 Definition

Nach der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) vom 27.09.2002 [7] wird die Zone 20 wie folgt definiert:

"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."

Gemäß den Explosionsschutzregeln der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie (EX-RL) [8] liegt die Zone 20 in solchen Bereichen vor, in denen verfahrensbedingt zeitlich gesehen überwiegend² explosionsfähige Staub/Luft-Gemische auftreten.

B.2.2 Zuordnung oder Ausschluss von Zone-20-Bereichen

Die Zone 20 ist im Allgemeinen nur im Inneren von Apparaten und Rohrleitungen anzutreffen. Es ist zu prüfen, ob in dem betrachteten Apparat oder der betrachteten Rohrleitung zeitlich überwiegend staubexplosionsfähiges Gemisch mit Luft vorliegt und ob dieses den Apparat oder die Rohrleitung vollständig oder nur zum Teil ausfüllt.

² Unter "zeitlich überwiegend" wird grundsätzlich ein Zeitraum von 50% oder mehr der (Betriebs-)Zeit verstanden. Wegen u.a. der Besonderheiten bei der Bildung staubexplosionsfähiger Atmosphäre (z.B. Inhomogenitäten, Sedimentation und Aufwirbelung, An- und Abfahrvorgänge) kann der rein rechnerische Ansatz einer Summation über die Dauer einzelner Verfahrensschritte mit unterstellter Staubexplosionsgefahr zu einer Über- oder Unterbewertung des Zeitraums mit Staubexplosionsgefahr führen. Auch im Sinne der StörfallV ist hier ein **wesentlicher** Zeitraum mit Staubexplosionsgefahr zu berücksichtigen, so dass **im Einzelfall** vom Vorliegen der Zone 20 in einem Anlagenteil ausgegangen werden kann, wenn dort der Zeitraum mit unterstellter Staubexplosionsgefahr auch weniger als 50% der Gesamtbetriebszeit beträgt.

Bei der Festlegung der Gesamtbetriebszeit ist der Zeitraum zugrunde zu legen, in der die betreffende Anlage tatsächlich verfahrenstechnisch betrieben wird, d.h. planmäßige oder kampagnenbedingte Betriebsstillstände sind hier außer Betracht zu lassen.

Die Zone 20 liegt vor, wenn in Apparaten oder Rohrleitungen zeitlich überwiegend

- die Beladung der Gasphase über der unteren, aber noch unter der oberen Explosionsgrenze liegt³

und

- ein ausreichendes Sauerstoffangebot vorhanden ist.⁴

Damit kann eine Zone 20 im Inneren von z.B. folgenden Aggregaten vorliegen:

- Zerkleinerungs-, Misch- und Trennanlagen
- Silos, Bunker mit häufigen Befüllvorgängen
- Produktabscheider
- Konvektionstrockner
- Wirbelschichtgranulatoren
- pneumatische Fördereinrichtungen

Bei der Festlegung der Zone-20-Bereiche kann eine Differenzierung nach Volumenteilen in einzelnen Apparaten sinnvoll sein, wenn aufgrund inhomogener Staubverteilung oder technischer Vorkehrungen das staubexplosionsfähige Gemisch nicht zeitlich überwiegend das gesamte Volumen des Apparates ausfüllt.

Damit kann das zu zählende Volumen gegenüber dem sich aus den Apparateabmessungen ergebenden eingeschränkt sein. Dies kann z.B. bei Sprühtrocknern oder bei Großsilos mit rascher Sedimentation des aufgewirbelten Staubes der Fall sein. Eine derartige Differenzierung darf nur nach fachkundigem Ermessen vorgenommen werden und muss nachvollziehbar dargelegt werden.

³ Ist der Wert der unteren Explosionsgrenze experimentell nicht ermittelt worden, so kann als solcher 20 g/m^3 angenommen werden, d.h. unterhalb einer Beladung von 20 g/m^3 ist nicht mehr mit Explosionsgefahr zu rechnen. Es wird darauf hingewiesen, dass die obere Explosionsgrenze experimentell nur schwierig bestimmbar ist; sie liegt erfahrungsgemäß im Bereich einiger kg/m^3 .

⁴ Ein ausreichendes Sauerstoffangebot ist i.d.R. gegeben, wenn die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten ist. In den meisten Fällen liegt die Sauerstoffgrenzkonzentration bei 8 Vol.-% bis 10 Vol.-%. Ausnahmen bilden z.B. bestimmte Metallstäube, die deutlich geringere Werte aufweisen können.

Ist aufgrund der Verfahrensbedingungen oder von Überwachungseinrichtungen/-maßnahmen auszuschließen, dass zeitlich überwiegend eine Beladung der Gasphase zwischen den Explosionsgrenzen besteht oder ein ausreichendes Sauerstoffangebot vorhanden ist, so liegt keine Zone 20 im Sinne der BetrSichV vor. Dies ist der Fall, wenn folgende Situationen gegeben sind:

a) Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische sind zeitlich überwiegend vermieden durch Unterschreiten der unteren Explosionsgrenze, z. B:

- Objektabsaugung: Im Luftstrom von Absauganlagen und Reinluftleitungen nach Filtereinrichtungen wird im Normalbetrieb die untere Explosionsgrenze unterschritten.
- Sprühtrockner: Die Trocknungskammer (nicht notwendigerweise der Abscheider) wird häufig mit Beladungen unter der unteren Explosionsgrenze betrieben.
- Bandtrockner/Tellertrockner (Granulatbildung/keine Staubaufwirbelung)

b) Explosionsfähige Staub-/Luft-Gemische sind zeitlich überwiegend vermieden durch Überschreiten der oberen Explosionsgrenze, z. B.:

- schnelllaufende Schaufeltrockner (betriebsmäßiges Überschreiten der oberen Explosionsgrenze)

c) Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische sind zeitlich überwiegend vermieden durch Druckunterschreitung

Mit abnehmendem Systemdruck nähern sich obere und untere Explosionsgrenzen. Ab einem Absolutdruck von ca. 0,1 bar und niedriger existiert in der Praxis kein Explosionsbereich mehr, z.B.:

- Apparate, die verfahrensbedingt während der überwiegenden Prozessdauer unter Vakuum betrieben werden.

d) Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische sind zeitlich überwiegend vermieden durch Inertisierung⁵:

Durch eingeleitetes Inertgas in das Innere von Apparaten und Rohrleitungen wird dort die Sauerstoffkonzentration soweit verringert (Unterschreitung der Sauerstoffgrenzkonzentration), dass die verbleibende Sauerstoffkonzentration für eine Staubexplosion nicht mehr ausreichend ist.

Die VDI-Richtlinie 2263, Blatt 2, "Inertisierung" [9] ist dabei zu berücksichtigen. So gilt die Inertisierung als überwacht, d.h. als *dauernd oder zeitlich überwiegend wirksam*, wenn alternativ

- die Sauerstoffkonzentration kontinuierlich oder in angemessenen Zeitabständen

oder

- der Inertgasüberdruck kontinuierlich

oder

- der Inertgasvolumenstrom kontinuierlich

gemessen und eine Abweichung vom Soll-Wert außerhalb vorgegebener Toleranzwerte alarmiert wird. In der Folge sind geeignete technische oder organisatorische Maßnahmen einzuleiten (z.B. Abschaltungen).

Es muss in jedem Fall gewährleistet sein, dass die entsprechenden Apparate nicht längerfristig ohne ausreichende Inertisierung betrieben werden.

⁵ Bei einer Inertisierung handelt es sich i.d.R. um eine sicherheitstechnische Maßnahme, die zur Vermeidung einer (Explosions-)Gefahr gesondert ergriffen wird. Im Gegensatz zu sicherheitstechnischen Maßnahmen in Anlagen mit anderen Stoffen aus den Anhängen I und VII der StörfallV vermeidet eine Inertisierung nicht nur die von einem Stoff möglicherweise ausgehende ernste Gefahr, sondern es werden der "Störfallstoff" (hier: Stoffgruppe 1, Anhang VII, mit Randbedingung "Zone 20") selbst und damit eine notwendige Voraussetzung für die Anwendung der StörfallV beseitigt.

B.3 Zu berücksichtigende Volumina der Zone 20

B.3.1 Volumina im bestimmungsgemäßen Betrieb

Naturgemäß korreliert das Gefahrenpotenzial mit dem vorhandenen Volumen an staubexplosionsfähigem Gemisch. Grundsätzlich sind alle Volumina der Zone 20 für die Ermittlung des Gesamtvolumens der Zone 20 zu berücksichtigen. In Anbetracht der im Allgemeinen verhältnismäßig geringen Auswirkungen von in kleinen Volumina auftretenden Staubexplosionen können aber Bagatellvolumina vernachlässigt werden.

Eine für jeden Einzelfall gültige pauschale obere Grenze für ein solches Bagatellvolumen lässt sich physikalisch nicht angeben. Nicht zuletzt aus Gründen der praktischen Umsetzbarkeit der StörfallV sowohl für Betreiber wie für Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden erscheint es aber angemessen, einen Richtwert von

$V = 1 \text{ m}^3$ und

$V = 2 \text{ m}^3$ im Falle der explosionsfesten Bauweise

festzulegen, unterhalb dessen Volumina im Zusammenhang mit der Ermittlung des Gesamtvolumens der Zone 20 i.d.R. nicht mehr zu betrachten sind. Volumina der Zone 20, die in unmittelbarer Verbindung mit anderen staubexplosionsgefährdeten Bereichen stehen, sind jedoch unabhängig von diesen Richtwerten zu berücksichtigen.

Dieses Abgrenzungskriterium bedeutet jedoch nicht, dass bei Vorliegen nur kleinerer Volumina mit explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen auf Explosionschutzmaßnahmen nach den Vorgaben der BetrSichV und den EX-RL verzichtet werden kann!

B.3.2 Volumina explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische, die bei Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes entstehen können

Sehr wohl können bei einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes (i.a. seltene und nicht langanhaltende Situation!) in bestimmten Volumina explosionsfähige Staub/Luft-Gemische entstehen. Allerdings führt dies in aller Regel nicht zu einer Einstufung in die Zone 20, da definitionsgemäß dafür zeitlich überwiegend Staubexplosionsgefahr vorliegen müsste.

B. 4 Grundpflichten /erweiterte Pflichten

B.4.1 Grundpflichten

Fällt eine Anlage nach § 1 Abs. 3 StörfallV auf Grund des Vorhandenseins explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische in den Anwendungsbereich der StörfallV, so sind auf jeden Fall die Grundpflichten gem. § 17 StörfallV zu erfüllen. Dies trifft in der Regel ab einem Gesamtvolumen der Zone 20 von 50 m³ zu. Sofern die Apparate und Rohrleitungen einer Anlage, die der Zone 20 zuzuordnen sind, durch explosionsfeste Bauweise nach E 3.1 EX-RL geschützt sind, ist die StörfallV erst ab einem Gesamtvolumen der Zone 20 von 100 m³ anzuwenden. Entsprechend sind in diesem Fall die Grundpflichten erst ab diesem Volumen zu erfüllen. (Bemerkung: Zu den Grundpflichten gemäß § 17 StörfallV zählt **nicht** die Ausarbeitung eines Konzeptes zur Verhinderung von Störfällen (§ 8 der StörfallV)!)

B.4.2 Erweiterte Pflichten

Unter die erweiterten Pflichten gemäß § 18 fällt grundsätzlich nur eine solche Anlage, die zu den in Anhang VII, Teil 2, der StörfallV aufgelisteten Anlagenarten gehört **und** deren nach B.2. und B.3. dieses Leitfadens ermitteltes Zone-20-Gesamtvolumen 100 m³ überschreitet.

Abweichend hiervon können die zuständigen Behörden im begründeten Einzelfall nach § 1, Abs. 4, der StörfallV die Erfüllung aller oder eines Teiles der erweiterten Pflichten einem Betreiber auferlegen.

Da Anlagen der Nahrungsmittel- und Holzindustrie (Nr. 6 und 7 des Anhangs zur 4. BImSchV) im Anhang VII, Teil 2 nicht genannt sind, bedeutet dies, dass Betreibern derartiger Anlagen nur in begründeten Einzelfällen die erweiterten Pflichten auferlegt werden können. Diese haben somit in aller Regel nur die Grundpflichten zu erfüllen.

B.5 Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische in Betriebsbereichen⁶

Die gegenwärtigen Formulierungen der StörfallV lassen keine eindeutige Aussage bezüglich der Einstufung eines explosionsfähigen Staub/Luft-Gemisches als gefährlichen Stoff für einen Betriebsbereich zu. Solange seitens des Gesetzgebers keine andere Lösung geschaffen ist, wird wie folgt verfahren:

Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische sind als "Stoff" nicht Gegenstand des Anhangs I der StörfallV. Da die Stoffliste nach Anhang VII jedoch ausschließlich für bestimmte genehmigungsbedürftige Anlagen gilt, die nicht Betriebsbereich oder Teil eines Betriebsbereiches sind, folgt z.B., dass eine Staubexplosion in einem Betriebsbereich formal nicht zu einem Störfall i.S.d. StörfallV führt, auch wenn das Schadensausmaß dies nahe legen würde.

Unabhängig davon sind Staubexplosionen jedoch als mögliche umgebungsbedingte Gefahrenquellen innerhalb eines Betriebsbereichs zu betrachten.

In keinem Fall ergibt sich aus dieser Sichtweise ein sicherheitstechnisches Defizit. Seit 2003 unterliegen grundsätzlich alle Anlagen - auch solche, in denen staubexplosionsfähige Atmosphäre entsprechend der Zone 20 vorliegt - auch den materiellen und formalen Anforderungen der BetrSichV, wegen der Explosionsgefahren im besonderen den Anforderungen des Abschnitts 3 über überwachungsbedürftige Anlagen. Damit haben Betreiber eines Betriebsbereiches mit explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen mindestens gleichwertige Verpflichtungen bezüglich Dokumentation, Überwachung, Prüfung, Unfall-/Schadensanzeige zu erfüllen wie aus der StörfallV, so dass zur Vermeidung von Doppelregelungen und unnötigem Mehraufwand für Betriebsbereiche die formale Behandlung eines explosionsfähigen Staub/Luft-Gemisches der Zone 20 als gefährlicher Stoff entbehrlich ist.

Dieses gilt zwar grundsätzlich auch für "Nicht-Betriebsbereiche", dennoch ist hier allein aus der BetrSichV eine der StörfallV entsprechende Betrachtung der umgebungsbedingten Gefahrenquellen nicht herzuleiten.

⁶ [Minderheitsvotum, ganzes Kapitel B.5:

„Die gegenwärtigen Formulierungen der Störfall-Verordnung lassen keine eindeutige Aussage bzgl. der Einstufung eines explosionsfähigen Staub/Luft-Gemisches als gefährlichen Stoff für einen Betriebsbereich zu. Solange seitens des Gesetzgebers keine andere Lösung geschaffen ist, gilt folgende Auslegung:

Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische sind als Stoff nicht Gegenstand des Anhangs I StörfallV. Daher liegt der Schluss nahe, dass diese Stoffgruppe in einem Betriebsbereich nicht als gefährlicher Stoff im Sinne der Störfall-Verordnung anzusehen ist. Für eine abschließende Beantwortung dieser Frage sind folgende Formulierungen der StörfallV maßgebend:

§ 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung sind

1. *gefährliche Stoffe:*

Stoffe, Gemische oder Zubereitungen, die in Anhang I und Anhang VII aufgeführt sind ;

2. *. . . . ;*

3. *Störfall:*

ein Ereignis, wie z.B. eine Emission, ein Brand oder eine Explosion größeren Ausmaßes, das sich aus einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs in einem unter diese Verordnung fallenden Betriebsbereich oder in einer unter diese Verordnung fallenden Anlage ergibt, . . . , bei dem ein oder mehrere gefährliche Stoffe beteiligt sind;

Daraus folgt, dass eine Staubexplosion zu einem Störfall i.S.d. Störfall-Verordnung führen kann, auch wenn sie sich in einem Betriebsbereich ereignet. Damit lässt sich der Schluss ziehen, dass explosionsfähige Staub/Luft-Gemische in Betriebsbereichen ebenfalls als gefährliche Stoffe i.S.d. Störfall-Verordnung anzusehen und zu betrachten sind. Dies entspricht der Auffassung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

Neben der formalen Sichtweise ist dies auch sachlich gerechtfertigt, da explosionsfähige Staub/Luft-Gemische in Betriebsbereichen und genehmigungsbedürftigen Anlagen ein vergleichbares Gefahrenpotenzial aufweisen.

Hieraus ergeben sich insbesondere Auswirkungen auf die Einstufung sicherheitsrelevanter Anlageteile und die Gefahrenquellenanalyse. Hinsichtlich der Dokumentation der Erfüllung der Betreiberpflichten nach den §§ 3 – 6 StörfallV kann im Sicherheitsbericht auf das Explosionsschutzdokument gemäß Betriebssicherheitsverordnung verwiesen werden, sofern die StörfallV keine weitergehenden Anforderungen enthält.“]

Teil II: Störfallvorsorge

Inhalt:

C. Gefahrenquellenanalyse

C.1 Allgemeines

C.2 Zündquellen

C.3 Auswirkungen

D. Maßnahmen

D.1 Störfallverhinderung

D.2 Begrenzung der Auswirkungen von Störfällen

E. Auswirkungsbetrachtungen im Rahmen des anlagenbezogenen Sicherheitsberichts und für die Gefahrenabwehr

F. Literatur

Anhang

Beispiele für die Ausführung von Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung

C. Gefahrenquellenanalyse

(Mehrheitsvotum: Leerzeile)⁷

C.1 Allgemeines

In der Gefahrenquellenanalyse werden die möglichen Gefahrenquellen betrachtet und die Ursachen und Auswirkungen ihres Wirksamwerdens bewertet. Die Gefahrenquellenanalyse ist für die sicherheitsrelevanten Anlagenteile oder –bereiche vorzunehmen.⁸

Im Mittelpunkt der Gefahrenquellenanalyse steht das Ereignis der Staubexplosion, die in den sicherheitsrelevanten Anlagenteilen oder –bereichen auftreten kann. Da in Zone 20 das betriebsmäßige Vorliegen von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen bereits vorausgesetzt wird, muss sich die Gefahrenquellenanalyse dort auf die Identifizierung und Beurteilung der Wirksamkeit von Zündquellen konzentrieren.

Die mögliche Entstehung von Zündquellen als Ursache einer Staubexplosion ist aber nicht nur in den o.g. sicherheitsrelevanten Anlagenteilen zu bewerten, sondern in die Gefahrenquellenanalyse muss auch der mögliche Eintrag von Zündquellen aus vorgeschalteten anderen Anlagenteilen, Verfahrensschritten oder Bereichen⁹ einbezogen werden. Die Gefahrenquellenanalyse für die verschiedenen staubexplosionsgefährdeten Anlagenteile und –bereiche innerhalb einer Anlage führt vielfach zu gleichartigen oder ähnlichen Ergebnissen. In diesen Fällen ist es zulässig, solche Anlagenteile und –bereiche zusammenzufassen und die Gefahrenquellenanalyse im Sicherheitsbericht anhand begründeter repräsentativer Beispiele zu dokumentieren, wobei der Gesamtzusammenhang berücksichtigt bleiben muss.

C. 2 Zündquellen

Zur Bewertung der Wirksamkeit von Zündquellen ist eine wichtige Voraussetzung die Kenntnis der Stoffeigenschaften. Hierzu gehören neben der Identität der Stoffe, der

⁷ [Minderheitsvotum, Einfügung: „Die folgenden Ausführungen gelten sowohl für Betriebsbereiche als auch genehmigungsbedürftige Anlagen.“]

⁸ Als sicherheitsrelevant im Sinne der StörfallV bezüglich des besonderen Stoffinhalts gelten nach Kapitel B.3.1 grundsätzlich solche Anlagenteile, in denen die Zone 20 mit einem Volumen von mehr als 1 m³ (oder 2 m³ bei explosionsfester Bauweise) vorliegt.

⁹ [Minderheitsvotum, Einfügung: „(hier im Besonderen der Zonen 21 und 22)“]

Korngrößenverteilung und dem Schmelzverhalten insbesondere folgende sicherheitstechnische Eigenschaften:

- Brennverhalten
- Selbstentzündungsverhalten
- Zündempfindlichkeit des Staub/Luft-Gemisches

Für die Ermittlung der Eigenschaften gilt die VDI-Richtlinie 2263, Blatt 1 [6].

Diese Stoffeigenschaften sind in Bezug zu setzen zu den in den EX-RL genannten Zündquellenarten, wobei in der überwiegenden Zahl der Fälle im hier besprochenen Zusammenhang folgende Zündquellen von besonderer Relevanz sind:

- heiße Oberflächen,
- statische Elektrizität,
- mechanisch erzeugte Funken,
- Glimmnester,
- elektrische Anlagen.

Zündquellen können verfahrens- oder anlagenbedingt sowohl im bestimmungsgemäßen Betrieb als auch bei Betriebsstörungen und aufgrund menschlichen Fehlverhaltens auftreten. Typische Vorgänge, bei denen das Auftreten von Zündquellen nicht a priori ausgeschlossen werden kann, sind beispielsweise

- Fördern, Abscheiden, Mahlen, Mischen, Lagern,
- Heizen, Trocknen,
- Reiben, Schleifen, Schneiden
- Brennen, Schweißen, Trennschneiden.

Im Hinblick auf störfallverhindernde Maßnahmen (§ 3, Abs. 1, StörfallV) brauchen betriebliche und umgebungsbedingte Gefahrenquellen und Eingriffe Unbefugter dann nicht mehr betrachtet zu werden, wenn sie vernünftigerweise ausgeschlossen werden können.

Bei gesichertem Betriebsgelände brauchen das unbefugte Eindringen von Personen und ein dadurch bedingtes Eingreifen Unbefugter ebenfalls nicht betrachtet zu werden.

C. 3 Auswirkungen

Eine Staubexplosion kann ein Behälterbersten sowie die Ausbreitung einer Druckwelle und einer Flamme zur Folge haben. Damit können sowohl Trümmerflug als auch Stofffreisetzungen verbunden sein. Durch eine Staubexplosion können auch Nachfolgebrände und Sekundärexplosionen, insbesondere in staubexplosionsgefährdeten Bereichen, ausgelöst werden.

Die physikalischen Explosionsauswirkungen werden bestimmt durch Druck- und Druckwellenkenngrößen¹⁰, durch die Flammenausbreitung und die Wärmestrahlung. Mittelbar entstehen auch Auswirkungen durch weggeschleuderte Bruchstücke (Trümmerflug). Je schwächer die Verdämmung und damit je kleiner der Druck und je geringer das beteiligte Raumvolumen sind, desto kleiner ist das " Wirkpotential".

Die Druckwellen besitzen mehr oder weniger lange Anstiegszeiten, wobei bezüglich der Auswirkung

- der Druck für die quasistatische Belastung und
- der Impuls für die dynamische Belastung

von Apparaten oder Bauteilen etc. maßgebend sind.

Von im Explosionsfall berstenden Strukturen ist eine Gefährdung durch Über- und Unterdruck, durch Flammen und durch weggeschleuderte Bruchstücke denkbar.

Der in Räumen oder Gebäuden auftretende Explosionsdruck wird durch das Versagen der Hüllkonstruktion bestimmt. (Die Druckentlastung durch sich gezielt öffnende oder berstende Flächen der Hüllkonstruktion kann aber gleichzeitig auch ein Schutzprinzip darstellen. Hierdurch kann die Beanspruchung der Struktur in vertretbaren Grenzen gehalten werden.)

Die Wurfweite von Bruchstücken ist im Wesentlichen abhängig von deren Beschleunigung beim Berstvorgang, ihrer Masse, ihren Flugeigenschaften, der Wurfhöhe und dem Wurfwinkel.

¹⁰ Druck- und Druckwellenkenngrößen: maximal zu erwartender Explosionsdruck, Explosionsdauer und Explosionsdruckanstiegszeit

Bruchstücke mit guten "Segeleigenschaften" können sehr weit fliegen, besitzen aber in der Regel keine große kinetische Energie. Je höher explosionsgefährdete Bereiche liegen, desto weiter können Bruchstücke fliegen (z.B. bei hohen Bauwerken wie Silos). Bei Gebäuden und Räumen aus *normalem Mauerwerk* u.ä. ist im Falle des Berstens der Hüllkonstruktion mit *Trümmerwurf* zu rechnen. Aus Untersuchungen von Explosionsergebnissen und aus Großfeldversuchen kann man entnehmen, dass bei Gebäuden bis maximal 30 m Höhe

2/3 der Fragmente innerhalb von ca. 20 m,

1/3 der Fragmente je nach Segeleigenschaften zwischen ca. 20 m und ca. 50 m

zu finden wären [10, 11]. Dies gilt für Strukturen (Hüllkonstruktionen) mit *Festigkeiten bis zu 20 kN/m²*. Höhere Festigkeiten (jedoch noch unterhalb der Explosionsfestigkeit) führen ebenfalls zu größeren Flugweiten.

Bezüglich der Druckwirkung selbst und der Flammen-/Strahlungswirkung ist aus anderen Untersuchungen bekannt, dass mit nennenswerten Effekten über einige 10 m hinaus nicht zu rechnen ist [12, 13, 14].

Die Auswirkungen von Staubexplosionen sind in vielen Fällen schwer zu berechnen. Dann kann es ausreichend sein, die Auswirkungen aus Erfahrungen heraus plausibel abzuschätzen.

Die o.g. möglichen Flugweiten sind nicht im Sinne von sicherheitstechnisch zwingend einzuhaltenden "Sicherheitsabständen" zu verstehen. Das Unter- oder Überschreiten der o.g. Wurfweiten berührt die Genehmigungsfähigkeit einer Anlage nicht!

Bei entsprechender Gebäudegestaltung und bei Vorhandensein von Sicherheitswänden (erhöhte Festigkeit), Sicherheitsdecken (d.h. u.a. Verzicht auf Mauerwerk und andere beim Bersten zum Wegfliegen neigende Konstruktionen) und Fangkonstruktionen können auch geringere Flugweiten auftreten; gleiches gilt auch - richtungsabhängig - bei Einsatz einer gezielten Druckentlastung an Baukonstruktionen.

Neben diesen möglichen Auswirkungen ist grundsätzlich auch die Freisetzung von gesundheits- und umweltgefährdenden Stoffen zu berücksichtigen (nicht-physikalische Auswirkungen). Dabei sind vorrangig solche Stoffe zu betrachten, die bereits als gesundheits-/umweltgefährdende Stoffe vorgelegen haben. Bei einer Staubexplosion werden auch (gasförmige) Verbrennungsprodukte gebildet.

Neben im Wesentlichen Wasser(-Dampf) und Kohlendioxid können auch Gefahrstoffe, z.B. Kohlenmonoxid, entstehen. Deren Mengen sind jedoch auch für große Volumina explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische von untergeordneter Bedeutung (nur kleiner Umsatz aus Gasphasenreaktion!) und können hier unberücksichtigt bleiben, sofern keine gegenteiligen Erkenntnisse vorliegen.

D. Maßnahmen

D. 1 Störfallverhinderung

Störfallverhindernde Maßnahmen können unterschieden werden nach

- vorbeugenden Maßnahmen zur Verhinderung einer Explosion
- und
- konstruktiven Maßnahmen zur Verhinderung unzulässiger Auswirkungen eines Explosionsablaufes ("konstruktiver Explosionsschutz").

Für die vorbeugenden Maßnahmen müssen die *möglichen Ursachen* der Explosion, für die konstruktiven Maßnahmen muss der *Explosionsablauf selbst* eindeutig identifiziert und berücksichtigt werden.

Hinsichtlich der vorbeugenden und konstruktiven Maßnahmen des Staubexplosionsschutzes wird auf die einschlägigen technischen Regelwerke und Standards verwiesen (z.B. EX-RL (BGR 104) [8], VDI 2263 [5, 9,15,16], VDI 3673 [12], DIN EN 1127-1 [17], BGR 132 [18]).

Da in dem Bereich der Zone 20 zeitlich überwiegend Staubexplosionsgefahr vorliegt, kommt dem sicheren Ausschluss von wirksamen Zündquellen die entscheidende Bedeutung zu. Die einschlägigen Regelwerke geben ausreichende Hinweise zu den prinzipiellen materiellen Anforderungen an die zu treffenden Schutzmaßnahmen (Ziel, Art, Umfang), so dass in diesem Leitfaden nur mit einigen Beispielen eine mögliche Ausführung konkretisiert werden soll (siehe Tabelle im Anhang).

D.2 Begrenzung der Auswirkungen von Störfällen

Während in Kapitel D.1 auf Maßnahmen verwiesen wird, mit deren Hilfe der *Eintritt* eines Störfalls verhindert wird, werden nun Maßnahmen aufgezeigt, mit denen die *Auswirkungen* eines Störfalls begrenzt werden, der trotz der nach D.1 durchgeführten Maßnahmen, stattfindet. Auswirkungsbegrenzende Maßnahmen betreffen sowohl

- die Reduzierung des Gefährdungspotentials, d.h. hier der Ausdehnung der staubexplosionsgefährdeten Bereiche,

als auch

- die Gestaltung des organisatorischen Umfeldes.

D.2.1 Reduzierung der staubexplosionsgefährdeten Bereiche

Die nachstehenden Maßnahmen beschränken sich darauf, die Folgen eines *unkontrollierten Explosionsablaufs* im Hinblick auf die Auslösung von Bränden und Sekundärexplosionen bei Aufwirbelung und Entzündung abgelagerter Stäube in der Umgebung der Zone-20-Bereiche zu begrenzen. Es wird davon ausgegangen, dass bereits im Vorfeld - entsprechend den in den EX-RL niedergelegten Prinzipien - die Möglichkeiten zur Reduzierung der Zone-20-Bereiche soweit wie technisch sinnvoll ausgeschöpft sind. Entscheidend sind deshalb jetzt die Vermeidung, Verringerung oder umgehende Beseitigung von Staubaustritt aus Anlagenteilen und von abgelagertem Staub in der Umgebung. Im Einzelfall kommen folgende Maßnahmen alternativ oder in Kombination in Frage:

1. Maßnahmen, die den Staubaustritt betreffen, z.B.

- Verwendung **geschlossener Systeme**, staubdichte Gestaltung der staubführenden Anlagenteile,
- Unterdruckfahrweise in staubführenden Anlagenteilen,
- lokale Absaugung und Verringerung von Fallhöhen an Übergabestellen, Siloausläufen, Kühlbändern, -schächten

2. Maßnahmen, die die Staubablagerung und -ausbreitung betreffen, z.B.

- Verwendung glatter Wände,
- Verwenden von Rechteckrohren anstelle von Doppel-T-Trägern
- Abschrägen von Mauervorsprüngen, Trägern, Dachkonstruktionen,
- **regelmäßige Reinigung**, ggf. unverzüglich nach Austritt größerer Staubmengen.

D.2.2 Organisatorisches Umfeld

Es müssen die organisatorischen Maßnahmen aufgezeigt werden, die die Auswirkungen eines unkontrollierten Explosionsablaufs mindern.

Diese Maßnahmen umfassen im Besonderen

- organisatorische Schutzvorrichtungen,
- betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrpläne und die
- Benennung und Erreichbarkeit verantwortlicher Personen.

E. Auswirkungsbetrachtungen im Rahmen des anlagenbezogenen Sicherheitsberichts und für die Gefahrenabwehr

Die StörfallV verlangt im Sicherheitsbericht gemäß Anhang II Angaben über die Auswirkungen möglicher Störfälle, d.h. hier bei einer Staubexplosion. Dabei sollten grundsätzlich

- vernünftigerweise nicht auszuschließende und
- vernünftigerweise auszuschließende Ereignisse („Dennochfall“)

betrachtet werden. Erstere müssen in ihren Auswirkungen so weit begrenzt werden, dass sie keinen Störfall zur Folge haben. Die Dennochfallbetrachtung dient der Beurteilung der Maßnahmen nach §3 (3) StörfallV, die die Auswirkungen eines Störfalls ebenfalls begrenzen sollen, diesen jedoch nicht verhindern müssen, und als Hilfsmittel bei der externen Alarm- und Gefahrenabwehrplanung.

Bei der Betrachtung eines vernünftigerweise nicht auszuschließenden Ereignisses können alle störfallbegrenzenden Maßnahmen berücksichtigt werden, beim Dennochfall nur solche, die passiver Natur sind.

Zu den vernünftigerweise nicht auszuschließenden Ereignissen zählen insbesondere auch Explosionen, deren Auswirkungen durch Druckentlastungseinrichtungen oder durch eine explosionsfeste Bauweise auf ein unbedenkliches Maß begrenzt werden sollen.

Ein vernünftigerweise auszuschließendes Ereignis kann in diesem Zusammenhang z.B. eine Explosion in einem Behälter bei gleichzeitigem Versagen der Druckentlastung sein.

F. Literatur

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz BImSchG); BGBl I, 2002, S. 3830
- [2] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV, BGBl I, 2002, S. 1566)
- [3] Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung) - 12. BImSchV; BGBl I, 2000, S. 603
- [4] Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (GefStoffV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. November 1999 (BGBl. I Nr. 52 vom 29.11.1999 S. 2233; BGBl. I Nr. 23 vom 25.05.2000 S. 739) zuletzt geändert am 25. Februar 2004 durch Artikel 2 der Achten Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen (BGBl. I Nr. 9 vom 04.03.2004 S. 328)
- [5] VDI 2263: Staubbrände und Staubexplosionen, Gefahren-Beurteilung-Schutzmaßnahmen
- [6] VDI 2263, Blatt 1: Staubbrände und Staubexplosionen, Gefahren-Beurteilung-Schutzmaßnahmen, Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben
- [7] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes - Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), BGBl I, 2002, S. 3777
- [8] BGR 104 (bisher: ZH 1/10): Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung (Explosionsschutz-Regeln - EX-RL) HVBG

- [9] VDI 2263, Blatt 2: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Inertisierung
- [10] Höppner, K.: Belastbarkeit von Baukonstruktionen durch Braunkohlenstaubexplosionen - ein Beitrag zur Explosionsdruckentlastung von staubexplosionsgefährdeten Arbeitsstätten; Brandschutz - Explosionsschutz - Aus Forschung und Praxis, Nr. 6, S. 46-54, Staatsverlag Berlin 1981
- [11] Lorenz D., Radandt S.: Trümmerflug in der Umgebung von Staubexplosionsherden - Vergleich zwischen Modellrechnung und Explosionsereignissen, VDI-Berichte 1272, S.347-364, VDI-Verlag, 1996
- [12] VDI 3673, Blatt 1: Druckentlastung von Staubexplosionen
- [13] Höppner, K.: Messung der Druckausbreitung und Flammenballgröße bei der Druckentlastung von Staubexplosionen in Gebäuden; EEC Dust Explosion Research Project 1993/9
- [14] Wirkner-Bott, I., Schumann, St., Stock, M.: Dust Explosion Venting; 7th Intl. Symp. on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Vol. 4, Nr. 58, Taormina 1992
- [15] VDI 2263, Blatt 3: Staubbrände und Staubexplosionen, Gefahren-Beurteilung-Schutzmaßnahmen, Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate, Berechnung, Bau und Prüfung
- [16] VDI 2263, Blatt 4: Staubbrände und Staubexplosionen, Gefahren-Beurteilung-Schutzmaßnahmen, Unterdrückung von Staubexplosionen
- [17] DIN EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphären; Explosionsschutz; Teil 1: Grundlagen und Methodik; Deutsche Fassung EN 1127-1:1997
- [18] BGR 132 (bisher: ZH 1/200) Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen - Richtlinien »Statische Elektrizität«

weitere Informationsquellen:

TAA-Leitfaden: "Rückhaltung von gefährlichen Stoffen aus Druckentlastungs-
einrichtungen" TAA-GS-06, Internet-Adresse:
http://www.sfk-taa.de/Berichte_reports/Berichte_TAA/taa_gs_06.pdf

TAA-Dokument: "Zusammenstellung von Regeln zum Staubexplosionsschutz" (hier u.a.
auch Hinweise auf einschlägige berufsgenossenschaftliche Regelungen)
Internet-Adresse: [http://www.sfk-taa.de/Berichte_reports/
andere_dokumente/ak_ex.pdf](http://www.sfk-taa.de/Berichte_reports/andere_dokumente/ak_ex.pdf)

Anhang

Beispiele für die Ausführung von Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung

Beispiele für die Ausführung von Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung (Tabelle¹¹)

Die nachstehenden Beispiele beschreiben *häufig auftretende* betriebliche Konstellationen. Es soll exemplarisch dargestellt werden, wie die unter D.1 erläuterten Grundsätze in der Praxis umgesetzt werden können. Für *besondere Verfahrensschritte* und bei der Handhabung von *Stäuben mit besonderen Stoffeigenschaften* reichen die aufgeführten Maßnahmen nicht in jedem Falle aus. So können z.B. bei der Handhabung extrem zündempfindlicher Stäube wie Netzschwefel, spezieller PE-Wachse und Harze oder hybrider Gemische zusätzliche Maßnahmen des (konstruktiven) Explosionsschutzes erforderlich werden, da dann - für die überwiegende Mehrzahl der industriellen Stäube nicht relevante - (elektrostatische) Zündquellen zündwirksam werden können.

Zündquellenart	Apparat / Verfahren	Randbedingungen	Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
heiße Oberflächen	innenliegende Lager in Apparaten wie Mischern, Trocknern und in Silos		Verlegung der Lager in staubfreien Bereich	
		unzulässige Erwärmung nur unter Störungsbedingungen	Lager-Temperaturüberwachung mit Folgemaßnahmen (TA ⁺ oder TS ⁺)	falls Verlegung der Lager in staubfreien Bereich nicht möglich
	Becherwerk / Transportbänder (Schiefelauf/ Schlupf)	unzulässige Erwärmung nur unter Störungsbedingungen (Schiefelauf)	Schiefelaufüberwachung / Schlupfwächter mit Folgemaßnahmen (XA ⁺ oder X ⁺ S ⁺)	ergänzende Maßnahmen erforderlich: z.B. regelmäßige Kontrolle
	Stetigförderer	unzulässige Erwärmung nur unter Störungsbedingungen	Antriebsleistungsüberwachung mit Folgemaßnahmen (XEA ⁺ oder XE ⁺ S ⁺)	

¹¹ zur verwendeten MSR-Symbolik innerhalb der Spalte "Schutzmaßnahmen" siehe [1]

Zündquellenart	Apparat / Verfahren	Randbedingungen	Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
statische Elektrizität	Kompensatoren bei Schwerkraftförderung	aufladbarer Werkstoff ($R_O > 10^9 \Omega$), Länge begrenzt	Verlegung ohne metallische Ummantelung	
	Kompensatoren bei pneumatischer Förderung		Einsatz nur leitfähiger/ableitfähiger Werkstoffe	ableitfähig: Erdableitwiderstand ($R_E < 10^8 \Omega$)
	isolierend beschichtete Metallteile		Begrenzung der Durchschlagspannung auf $< 4 \text{ kV}$ oder des Erdableitwiderstandes auf $R_E < 10^8 \Omega$	Vermeidung sog. Gleitstielbüschel-Entladungen; ist i.a. bei <i>Anstrichen</i> bereits erfüllt
	Befüllung/Entleerung von Metallfässern mit isolierender Beschichtung oder mit Kunststoff-Einstellsack	Befüllung aus Vorratssilo	Erdung des Metallfasses	
	Befüllung / Entleerung von FIBC (flexible intermediate bulk container)		Verwendung von FIBC (flexible intermediate bulk container) "Typ B" [2] oder Verwendung von Typ "A" [2] mit metallischem (gerdetem) Füllrohr, das in den FIBC hineinragt	"Typ B" weist elektrostatische Eigenschaften auf, die Gleitstielbüschel-Entladungen verhindern

Zündquellenart	Apparat / Verfahren	Randbedingungen	Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
mechanisch erzeugte Funken		Schlag- und Reibfunken nur störungsbedingt	Ersatz ungünstiger Werkstoff-Paarungen	günstige Werkstoff-Paarungen [3]
			Begrenzung von Relativgeschwindigkeiten v (fester) Teile auf $v < 1\text{m/s}$ [4, 5]	
		Schlag- und Reibfunken nur störungsbedingt durch Sich-Lösen von verschraubten Einbauten	zusätzliche (Schrauben-)Sicherung	
		Schlag- u. Reibfunken nur störungsbedingt durch Eintrag von Fremdkörpern	Einbau von Sieben mit geeigneter Maschenweite	zusätzlich: organisatorische Maßnahmen an vorgeschalteten Prozessschritten
		Schlag- u. Reibfunken nur störungsbedingt durch Eintrag von metallischen Fremdkörpern	Erkennung und Ausschleusung von Fremdkörpern vor Eintritt, z.B. mit Metalldetektor, (QS ⁺)	

Zündquellenart	Apparat / Verfahren	Randbedingungen	Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Glimmnester	Kontaktrockner	Verweilzeit des Staubes nicht beschränkt	<i>sicherheitstechnisch hoch verfügbare</i> , z.B. redundante Begrenzung der Heizmitteltemperatur (Wandtemperatur) auf Werte unterhalb kritischer Temperaturwerte, z.B. 2 x (TS⁺) oder (TS⁺) und (PS⁺) (bei Dampfbeheizung)	kritische Temperaturwerte T _{krit} aus praxisnahen Versuchen zu ermitteln; sofern solche Werte nicht vorliegen, kann ersatzweise verwendet werden: T _{krit} =T _{SE,G.} -100 K (T _{SE,G.} = Selbstentzündungstemperatur nach Grever, [6])
	Konvektionstrockner	Anbackungen betriebsbedingt zu erwarten (zusammenhängende Anbackungen bis zu einigen kg)	<i>sicherheitstechnisch hoch verfügbare</i> , z.B. redundante Begrenzung der Lufttemperatur auf Werte unterhalb kritischer Temperaturwerte, z.B. 2 x (TS⁺) oder (TS⁺) und (PS⁺) (bei Dampfbeheizung)	kritische Temperaturwerte T _{krit} aus praxisnahen Versuchen zu ermitteln; sofern solche Werte nicht vorliegen, kann ersatzweise verwendet werden: T _{krit} = T _{SE,D} - 10 K (T _{SE,D} = Selbstentzündungstemperatur im Drahtkorb mit V =1000 cm ³ [6])
		Ablagerungen und Anbackungen betriebsbedingt zu erwarten	Begrenzung der Gesamt-Trocknungszeit auf Werte unterhalb der "Induktionszeit" bei maximaler Trocknungstemperatur	kritische Temperatur/Zeitbelastung aus praxisnahen Versuchen zu ermitteln
		Anbackungen nur störungsbedingt	Begrenzung der Lufttemperatur auf Werte unterhalb kritischer Temperaturwerte, z.B. (TS⁺) oder (PS⁺) (bei Dampfbeheizung)	regelmäßige Kontrolle auf Anbackungen

Zündquellenart	Apparat / Verfahren	Randbedingungen	Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Glimmnester (Forts.)	Lagerung		Begrenzung der Lagerzeit auf Werte unterhalb der Induktionszeit bei maximaler Lagertemperatur, z.B. durch Umschichten	kritische Zeitbelastung aus praxisnahen Versuchen zu ermitteln
			Verhinderung unkontrollierter Luftzufuhr in ruhendes Produkt, z.B. durch dichten Abschluss	falls weder Temperatur- noch Zeitbegrenzung technisch sinnvoll
			Überwachung CO-Gehalt (QA ⁺) [7]	nur Früherkennung von Glimmnestbildung, Zusatz-/ Folgemaßnahmen erforderlich
	pneumatische Förderung		Begrenzung der Förderlufttemperatur auf Werte unterhalb kritischer Werte, (TS ⁺)	Verhinderung der Bildung von Glimmnestern

Zündquellenart	Apparat / Verfahren	Randbedingungen	Schutzmaßnahmen	Bemerkungen
Elektrische Anlagen	MSR-Einrichtungen, Motoren		Ausführung gem. entsprechender Normen unter besonderer Berücksichtigung der möglichen Schichtdicke von Ablagerungen (ggf. auch Einschüttungen) [8, 9]	sofern Konformität mit 94/9/EG [10] nicht hergestellt werden kann, Einzelfallbetrachtung im Explosionsschutzdokument gem. § 6 BetrSichV

Literaturverzeichnis zum Anhang

- [1] DIN 19 227: Graphische Symbole und Kennbuchstaben für die Prozeßleittechnik. Teil 1: Darstellung von Aufgaben. Teil 2: Darstellung von Einzelheiten.
- [2] BGR 132 (bisher: ZH 1/200) Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen - Richtlinien »Statische Elektrizität«
- [3] VDMA 24169, Teil 2: Lufttechnische Anlagen, Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren, Richtlinien für Ventilatoren zur Förderung von brennbaren Stäuben enthaltender Atmosphäre
- [4] Ritter, K.: Mechanisch erzeugte Funken als Zündquellen; VDI-Berichte 494, S. 129/144; VDI-Verlag, Düsseldorf 1984
- [5] Müller, R.: Zündfähigkeit von mechanisch erzeugten Funken und heißen Oberflächen in Staub/Luft-Gemischen; VDI-Verlag, Düsseldorf 1989
- [6] VDI 2263, Blatt 1: Staubbrände und Staubexplosionen, Gefahren-Beurteilung-Schutzmaßnahmen, Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben
- [7] Zockoll, C.: Brandfrüherkennung durch CO-Detektion am Beispiel von Sprühtrocknern in der Milchindustrie; VDI-Berichte 975, S. 561-574; VDI-Verlag, Düsseldorf 1992
- [8] DIN VDE 0165: Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
- [9] DIN VDE 0170/0171, Teil 13: Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche, Anforderungen für Betriebsmittel der Zone 10
- [10] Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX-Produkt-Richtlinie)