

T 054

Sichere Technik

Brennbare Stäube

Antworten auf häufig
gestellte Fragen

Die vorliegende Schrift konzentriert sich auf wesentliche Punkte einzelner Vorschriften und Regeln. Sie nennt deswegen nicht alle im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen. Seit Erscheinen der Schrift können sich darüber hinaus der Stand der Technik und die Rechtsgrundlagen geändert haben.

Diese Schrift wurde sorgfältig erstellt. Dies befreit nicht von der Pflicht und Verantwortung, die Angaben auf Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit selbst zu überprüfen.

Das Arbeitsschutzgesetz spricht vom Arbeitgeber, das Sozialgesetzbuch VII und die Unfallverhütungsvorschriften der Unfallversicherungsträger vom Unternehmer. Beide Begriffe sind nicht völlig identisch, weil Unternehmerinnen oder Unternehmer nicht notwendigerweise Beschäftigte haben. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Thematik ergeben sich daraus keine relevanten Unterschiede, sodass „die Unternehmerin oder der Unternehmer“ verwendet wird.

Ausgabe 12/2025 (Überarbeitung der Ausgabe 4/2016)

© Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Heidelberg

Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung.

Inhalt

Seite

1	Einleitung	6
2	Vorschriften.....	7
2.1	Welche berufsgenossenschaftlichen Regelungen gibt es zum Staubexplosionsschutz?	7
2.2	Welche Normen sind bezüglich des Staubexplosionsschutzes zu beachten?	7
3	Umsetzung der Explosionsschutz-Regeln (EX-RL, DGUV Regel 113-001).....	9
3.1	Was sind Zonen? Wie erfolgt die Einteilung für Stäube?.....	9
3.2	Woran erkennt man, dass Geräte in staubexplosionsgefahrdeten Bereichen eingesetzt werden dürfen?	9
3.3	Welche Zundschutzarten gibt es für elektrische und nichtelektrische Geräte für den Betrieb in gefährlicher explosionsfähiger Atmosphère durch brennbare Stäube?	10
3.4	Wie werden Gerätegruppen und Kategorien den Zonen zugeordnet?	10
3.5	Wo finden sich Beispiele für Ex-Zonen für Stäube?.....	10
3.6	Was sind typische Beispiele für Ex-Zonen für Stäube?	11
3.7	Was ist eine explosionsfähige Staubatmosphere?	12
3.8	Was ist der Unterschied zwischen einer explosionsfähigen Staubatmosphere und einem explosionsfähigen Gemisch, dessen entzündbarer Anteil Stäube sind?	12
4	Gefährdungsbeurteilung/Explosionsschutzdokument.....	13
4.1	Was ist der Unterschied zwischen brennbaren und explosiven Stuben?	13
4.2	Was sind hybride Gemische?	13
4.3	Wann kann Staubexplosionsgefahr bestehen?.....	13
4.4	Welche Bedeutung hat die Korngrößenverteilung für die Explosionsfähigkeit von Stuben?	13
4.5	Wie können Staubexplosionen verhindert werden?	14
4.6	Wie kann die Bildung explosionsfähiger Staubatmosphere verhindert werden, wenn ein Ersatz des brennbaren Staubes beziehungsweise eine Änderung des Arbeitsverfahrens nicht möglich ist?	14
4.7	Welchen Einfluss hat die Feuchte auf die Staubexplosionsfahigkeit?	14
4.8	Inwieweit wirken Grobstaubanteile als Inertstaub und verhindern somit Staubexplosionen?.....	15
4.9	Wie sind Staubablagerungen hinsichtlich der Bildung explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische zu bewerten?.....	15
4.10	Was sind sicherheitstechnische Kenngrößen? Welche sind beim Staubexplosionsschutz wichtig?	15
4.11	Wann spricht man von brennbarem Staub?.....	16
4.12	Was versteht man unter dem Brennverhalten eines abgelagerten Staubes?.....	16
4.13	Was bedeuten die Begriffe „Mindestzündtemperatur“ einer Staubschicht und „Glimmtemperatur“?.....	17
4.14	Wann ist ein Staub selbstentzündlich?	18
4.15	Was versteht man unter der exothermen Zersetzung eines Staubes?	18
4.16	Wann ist Staub explosionsfähig?	18
4.17	Was bedeutet der K_{St} -Wert?	18
4.18	Welche Bedeutung haben die Explosionsgrenzen für brennbare Stäube?	18
4.19	Was versteht man unter dem Begriff „Sauerstoffgrenzkonzentration“?	19
4.20	Was sagen die „Mindestzündenergie“ und die „Mindestzündtemperatur“ einer Staubwolke aus?	19
4.21	Welche Zündquellen sind für Staubexplosionen besonders bedeutsam? Was versteht man unter einer wirksamen Zündquelle?	21
4.22	Sind elektrostatische Entladungen für Staub/Luft-Gemische zündfähig?	21
4.23	Welche Anforderungen stellt der Staubexplosionsschutz an die Oberflächentemperatur von Geräten?	22
4.24	Wie lassen sich die Auswirkungen von Staubexplosionen minimieren, wenn diese nicht sicher zu verhindern sind?.....	22
4.25	Wie wirkt sich Vakuum auf das Staubexplosionsverhalten aus?	23
4.26	Sind Kunststoffstube, die beim Recyclen von Kunststoffen entstehen, staubexplosionsfähig?	24
4.27	Ist Flock staubexplosionsfähig?	24

4.28	Sind pulverförmige mineralische Produkte staubexplosionsfähig?	24
4.29	Wie kann das Staubungsverhalten beurteilt werden?	24
4.30	Was ist der Medianwert der Korngrößenverteilung eines Staubes?	25
4.31	Was ist aus Sicht des Explosionsschutzes beim pneumatischen Transport brennbarer Schüttgüter zu berücksichtigen?	25
4.32	Welche Typen von flexiblen Schüttgutbehältern (FIBC) gibt es und welche Einschränkungen sind beim Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen zu beachten?	26
4.33	Welche Anforderungen müssen Staubsauger erfüllen, damit sie zum Einsaugen brennbarer Stäube geeignet sind?	27
5	Angebote der BG RCI	28
5.1	Was bietet die BG RCI ihren Mitgliedsunternehmen auf dem Gebiet des Staubexplosionsschutzes an?	28
5.2	Was behandelt das Merkblatt T 033 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“ (DGUV Information 213-060)?	28
5.3	Was sind IVSS-Broschüren? Welche gibt es zum Thema „Staubexplosionen“?	29
5.4	Was behandelt die Merkblattreihe „Anlagensicherheit“?	29
5.5	Was behandeln die Merkblätter T 049, T 050, T 053, T 055 „Antworten auf häufig gestellte Fragen“ zu den Themen • Explosionsschutz • Explosionsschutz an Maschinen • Entzündbare Flüssigkeiten • Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz?	30
5.6	Was behandelt das Merkblatt T 051 „Elektrostatik – Antworten auf häufig gestellte Fragen“?	30
5.7	Was ist GisChem?	31
5.8	Was enthält die CD-ROM „Explosionen – Gefahren und Schutzmaßnahmen“?	31
5.9	Was beinhaltet der Film „Staubexplosionen“?	32
5.10	Welche Videospots bietet die BG RCI zum Thema Staubexplosionen an?	32
5.11	Was zeigt der Film „Keine Abstimmung – Große Wirkung“?	33
5.12	Welche speziellen Angebote und Informationen bietet das Explosionsschutzportal der BG RCI?	33
6	Expertinnen und Experten	34
6.1	Welche Expertinnen und Experten gibt es zu Fragen des Staubexplosionsschutzes?	34
6.2	Wo können Untersuchungen zum Explosionsverhalten von Stuben durchgeführt werden?	35
6.3	Wo können Stoffe hinsichtlich elektrostatischer Eigenschaften untersucht werden?	36
6.4	Wer besitzt Spezialkenntnisse auf dem Gebiet „Exotherme Reaktionen“?	36
6.5	Wer in der Spartenpravention der BG RCI hält, zum Beispiel im Rahmen von betriebsbezogenen Seminaren, den Experimentalvortrag „Brand- und Explosionsschutz“?	37
7	Qualifizierung	38
8	Weiterführende Literatur	39
8.1	Welche Bücher zum Explosionsschutz können beispielhaft empfohlen werden?	39
8.2	Was wird in dem Buch „Statische Elektrizität – Durchschauen – Überwachen – Anwenden“ dargestellt? ...	39
8.3	Was beinhaltet das „Praxislexikon Statische Elektrizität“?	40
8.4	Was steht im Fachbuch „Explosionstechnik“?	40
8.5	Was steht im Buch „Anlagensicherheit im Betrieb“?	40
8.6	Was steht im „Kompendium Explosionsschutz – Sammlung der relevanten Vorschriften zum Explosionsschutz mit Fragen und Antworten für die Praxis“?	41
8.7	Was beinhaltet das „Praxishandbuch Zoneneinteilung – Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen“?	41
8.8	Was steht im Fachbuch „Ansätze zur integrierten Brand- und Explosionssicherheit“?	41
8.9	Was steht in dem „Handbuch des Explosionsschutzes“ von Henrikus Steen?	42

8.10	Was enthält der BIA-Report 11/97 „Dokumentation Staubexplosionen – Analyse und Einzelfalldarstellungen“?	42
8.11	Was wird in der VDI-Richtlinie 2263 „Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen“ behandelt?	42
8.12	Was beinhalten die Blätter zur VDI-Richtlinie 2263 „Staubbrände und Staubexplosionen“?	43
8.13	Was steht in der VDI-Richtlinie 3673, Blatt 1 „Druckentlastungen von Staubexplosionen“?	43
9	Kleines Lexikon	44
Anhänge:		
Anhang 1:	Literaturverzeichnis.....	51
Anhang 2:	Bildnachweis.....	56

1 Einleitung

In dieser Schrift werden Antworten auf die am häufigsten gestellten Fragen zu brennbaren Stäuben gegeben.

Die Idee für eine solche Fragensammlung entstand, als unsere Expertinnen und Experten bei Betriebsberatungen, telefonischen Anfragen, auf Tagungen und bei Fortbildungsseminaren den Bedarf für konkrete Antworten auf immer wiederkehrende, spezielle Fragen erkannten. Diese Fragen wurden gesammelt und in Arbeitskreisen der BG RCI unter Beteiligung der Industrie beraten. Das Ergebnis ist eine strukturierte Zusammenstellung von Fragen und Antworten, die mit der vorliegenden Schrift allen Interessierten zur Verfügung gestellt wird.

Diese Schrift richtet sich nicht nur an Vorgesetzte, sondern soll auch den Fachkräften für Arbeitssicherheit, Betriebsärztinnen und -ärzten, Sicherheitsbeauftragten, Betriebsräten und -rätinnen und allen anderen Beschäftigten als Informationsquelle dienen.

Die vorliegende Schrift ist eines von insgesamt 8 Merkblättern der BG RCI mit häufig gestellten Fragen und ihren Antworten rund um den Explosionsschutz. Die anderen sind:

- T 049: Explosionsschutz – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- T 050: Explosionsschutz an Maschinen – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- T 051: Elektrostatik – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- T 053: Entzündbare Flüssigkeiten – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- T 055: Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- M 063: Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen

2 Vorschriften

2.1 Welche berufsgenossenschaftlichen Regelungen gibt es zum Staubexplosionsschutz?

Für den Staubexplosionsschutz sind insbesondere folgende DGUV Regeln und folgende DGUV Information zu beachten:

- DGUV Regel 113-001: Explosionsschutz-Regeln (EX-RL): Sammlung technischer Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen
- DGUV Regel 109-001: Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium – Vermeiden von Staubbränden und Staubexplosionen
- DGUV Regel 109-011: Umgang mit Magnesium
- DGUV Information 209-052: Elektrostatisches Beschichten

2.2 Welche Normen sind bezüglich des Staubexplosionsschutzes zu beachten?

Folgende Normen¹ sind insbesondere relevant:

- VDI 2263: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen
- VDI 2263 Blatt 1: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen – Sicherheitstechnische Kenngrößen von Schüttgütern
- VDI 2263 Blatt 2: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Inertisierung
- VDI 2263 Blatt 3: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate; Berechnung, Bau und Prüfung
- VDI 2263 Blatt 4: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Unterdrückung von Staubexplosionen
- VDI 2263 Blatt 5: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen – Explosionsschutz bei Wirbelschichtanlagen
- VDI 2263 Blatt 5.1: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen – Explosionsschutz bei Wirbelschichtanlagen – Hinweise und Ausführungsbeispiele für Hersteller und Betreiber
- VDI 2263 Blatt 6: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen
- VDI 2263 Blatt 6.1: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren, Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen – Beispiele
- VDI 2263 Blatt 7: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Sprühtrocknungsanlagen
- VDI 2263 Blatt 7.1: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Sprühtrocknungsanlagen – Beispiele
- VDI 2263 Blatt 8: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung, Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Elevatoren
- VDI 2263 Blatt 8.1: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Elevatoren – Beispiele
- VDI 2263 Blatt 8.2: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Explosionsunterdrückung und Kombination von konstruktiven Schutzmaßnahmen an Elevatoren
- VDI 2263 Blatt 9: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Bestimmung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern
- VDI 2263 Blatt 10: Staubbrände und Explosionen – Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Mischern und Mischanlagen
- VDI 3673 Blatt 1: Druckentlastung von Staubexplosionen
- DIN EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphäre, Explosionsschutz, Teil 1: Grundlagen und Methodik
- DIN EN 1127-2: Explosionsfähige Atmosphäre, Explosionsschutz, Teil 2: Grundlagen und Methodik in Bergwerken

¹ Siehe Anhang Nr. 43–47, 52–68

- DIN EN 1755: Flurförderzeuge – Sicherheitsanforderungen und Verifizierung – Zusätzliche Anforderungen für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen
- DIN EN 14491: Schutzsysteme zur Druckentlastung von Staubexplosionen
- DIN EN 14986: Konstruktion von Ventilatoren für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen

3 Umsetzung der Explosionsschutz-Regeln (EX-RL, DGUV Regel 113-001)

3.1 Was sind Zonen? Wie erfolgt die Einteilung für Stäube?

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Anhang 1 Nr. 1.6 und 1.7 Gefahrstoffverordnung aufgrund von Häufigkeit und Dauer des Auftretens beziehungsweise Vorhandenseins von explosionsfähiger Atmosphère in Zonen eingeteilt.

Die Zonen dienen zur Bestimmung der erforderlichen Maßnahmen. Für Stäube sind die Zonen 20, 21 und 22 von Bedeutung:

Zone 20	ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphère in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
Zone 21	ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphère in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub bilden kann.
Zone 22	ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphère in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Diese Zonendefinitionen gelten auf der Basis der Richtlinie 1999/92/EG in allen EU-Mitgliedstaaten gleichermaßen.

Bemerkungen:

- Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden.
- Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden.
- Unter vielen Experten und Expertinnen besteht der Konsens, dass der Begriff „kurzzeitig“ einer Zeitdauer von maximal 30 Minuten entspricht.
- Schichten, Ablagerungen und Aufhaufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphère führen kann, zu berücksichtigen.

3.2 Woran erkennt man, dass Geräte in staubexplosionsgefahrdeten Bereichen eingesetzt werden dürfen?

Ob ein Gerät in einem staubexplosionsgefahrdeten Bereich eingesetzt werden darf oder nicht, kann anhand des Kennzeichnungsschildes überprüft werden. Die Richtlinie 94/9/EG beziehungsweise für Geräte, die ab dem 20.04.2016 in Verkehr gebracht werden, die Richtlinie 2014/34/EU in Anhang II Nr. 1.0.5 legt fest, wie die Kennzeichnung aussehen muss.

Die Kennzeichnung besteht aus dem CE-Zeichen und in Fällen, in denen zusätzlich eine EU-Baumusterprüfung vorgeschrieben ist, aus der Kennnummer der Konformitätsbewertungsstelle, durch die das QM-System geprüft wurde.

Neben der Bezeichnung für Serie und Typ, gegebenenfalls Chargen- oder Seriennummer sowie Baujahr enthält die Kennzeichnung das charakteristische sechseckige Explosionsschutzkennzeichen (Ex-Zeichen) zusammen mit Angaben zur Gerätegruppe und Geratekategorie. Für staubexplosionsgefahrdete Bereiche muss die Kategorie ein „D“ („dust“) ausweisen. Danach folgen bei elektrischen Geräten die Schutzart² (in Abb. 1 nach II 2 D Ex: „tb“ für Dichtheit des Gehäuses), die Explosionsgruppe (in Abb. 1: „IIIC“ für leitfähige Stäube) und bei Geräten für staubexplosionsgefahrdete Bereiche die maximale Oberflächentemperatur (in Abb. 1: „T80°C“).

² DIN EN 60079, siehe Anhang Nr. 48

Die Kennzeichnung könnte zum Beispiel folgendermaßen aussehen:

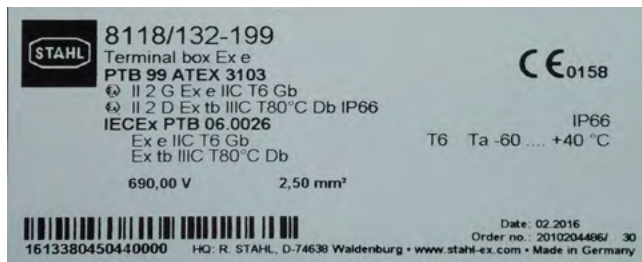


Abbildung 1: Beispiel für ein Kennzeichnungsschild

3.3 Welche Zundschutzarten gibt es für elektrische und nichtelektrische Geräte für den Betrieb in gefährlicher explosionsfähiger Atmosphère durch brennbare Stäube?

Elektrische explosionsgeschützte Betriebsmittel können für Bereiche mit brennbaren Stuben nach der Normenreihe DIN EN 60079 in verschiedenen Zundschutzarten ausgeführt werden. Zundschutzarten für nichtelektrische Geräte sind in den Normenreihen DIN EN 13463 und DIN EN 60079 festgelegt.

3.4 Wie werden Gerätegruppen und Kategorien den Zonen zugeordnet?

In den einzelnen Zonen können folgende Geräte eingesetzt werden:

Zone	Gerätegruppe	Kategorie
20	II	1D
21	II	2D und 1D
22	II	3D, 2D und 1D

Tabelle 1: Geratekategorien für Staubexplosionszonen

Diese Tabelle gilt nicht für Geräte, die unter Tage eingesetzt werden.

3.5 Wo finden sich Beispiele für Ex-Zonen für Stäube?

Im Kapitel 3 der Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen (Anlage 4 der EX-RL (DGUV Regel 113-001)), sind Beispiele zur Zoneneinteilung für brennbare Stäube aufgeführt. In Abbildung 2 ist das Beispiel für einen Wirbelschichttrockner, in dem lösemittelfreie Stäube getrocknet werden, aus der EX-RL-Beispielsammlung 3.3.9.1 dargestellt:

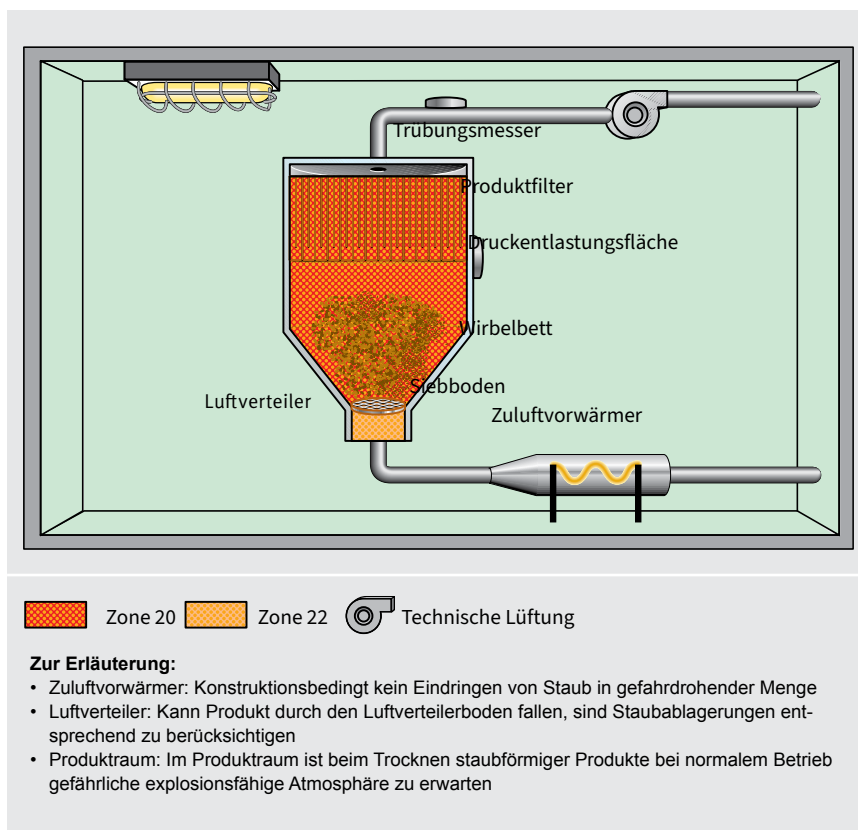


Abbildung 2: Wirbelschichttrockner, auf Dauer technisch dicht

Weitere Beispiele mit grafischen Darstellungen sind im „Praxishandbuch Zoneneinteilung“³ wiedergegeben.

3.6 Was sind typische Beispiele für Ex-Zonen für Stäube?

Im Folgenden werden typische Beispiele für die unterschiedlichen Zonen vorgestellt:

Zone 20

Zu dieser Zone gehört in der Regel nur das Innere von Anlagen und Anlagenteilen, zum Beispiel

- Bereiche im Inneren von staubeinschließenden Behältnissen,
- Silos, Zyklone (Fliehkraftabscheider) und Filter,
- Staubtransportsysteme (ausgenommen einige Bereiche von Förderbändern, Kettenförderern usw.),
- Mischer, Mühlen, Trockner.

Zone 21

- Bereich außerhalb von staubeinschließenden Behältnissen in unmittelbarer Nähe von Kontrollöffnungen für häufige Entnahme oder Arbeitsöffnungen, falls im Inneren explosionsfähige Staub/Luft-Gemische vorhanden sind.
- Bereiche außerhalb von staubeinschließenden Behältnissen in der Nähe von Füll- und Entnahmestellen, Förderbändern, Probeentnahmestellen, Lkw-Abkippstellen usw., wenn keine Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um die Bildung explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische zu verhindern.
- Bereiche außerhalb von staubeinschließenden Behältnissen, in denen sich Staub ansammeln kann und wo aufgrund der Arbeitsweise zu erwarten ist, dass die Staubschichten aufgewirbelt und dadurch explosionsfähige Staub/Luft-Gemische gebildet werden.
- Bereiche im Inneren von staubeinschließenden Behältnissen, in denen Staubwolken zu erwarten sind (aber nicht ständig oder langfristig oder häufig), zum Beispiel in Silos, die nur gelegentlich befüllt oder entleert werden und die staubbelastete Seite von Filtern, falls nur in großen Intervallen gereinigt wird.

³ Siehe Anhang Nr. 79

Zone 22

- Aspirationsöffnungen von Sack-Filtern, weil im Falle von Funktionsstörungen die Freisetzung explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische erfolgen kann.
- Stellen in der Nähe von Anlagen, die seltener geöffnet werden, oder Anlagen, die erfahrungsgemäß zur Leckage neigen, falls durch inneren Überdruck Staub ausgeblasen werden kann. Pneumatische Fördereinrichtungen, flexible Verbindungen, die beschädigt werden können.
- Lagerung von Säcken mit staubförmigem Inhalt. Beschädigung der Säcke kann während der Handhabung eintreten, so dass Leckage auftritt.
- Bereiche, in denen Staubschichten begrenzter Schichtdicke gebildet werden, aus denen explosionsfähige Staub/Luft-Gemische aufgewirbelt werden können. Solche Bereiche sind nur dann nicht als explosionsgefährdet zu betrachten, wenn die Staubschicht durch Reinigungsmaßnahmen entfernt wird, bevor bei Aufwirbelung gefährliche Staub/Luft-Gemische entstehen können.

Normalerweise als Zone 21 klassifizierte Bereiche können zur Zone 22 werden, wenn Schutzmaßnahmen zur Vermeidung der Bildung explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische ergriffen wurden. Diese Maßnahmen schließen die Staubabsaugung ein. Die Maßnahmen sollten in der Umgebung von Sack-Einfüllöffnungen, Sack-Entleerstellen, Förderbändern, Probenahmestellen, Lkw-Abkippstellen, Band-Übergabestellen und Ähnlichen angewendet werden.

3.7 Was ist eine explosionsfähige Staubatmosphäre?

Eine explosionsfähige Staubatmosphäre liegt vor, wenn die Konzentration von brennbarem Staub in einem Gemisch mit Luft in einem Bereich liegt, dass eine Entzündung möglich ist und sich der Verbrennungsvorgang auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.

Ab einer Konzentration von etwa 15 g/m³ Staub in der Luft können Staubexplosionen auftreten.

3.8 Was ist der Unterschied zwischen einer explosionsfähigen Staubatmosphäre und einem explosionsfähigen Gemisch, dessen entzündbarer Anteil Stäube sind?

Eine explosionsfähige Staubatmosphäre bildet sich aus Luft und entzündbaren Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen. Atmosphärische Bedingungen liegen vor, wenn die Temperatur zwischen –20 °C und + 60 °C und der Druck zwischen 0,8 bar und 1,1 bar liegt.

Ein explosionsfähiges Gemisch, dessen entzündbarer Anteil Stäube sind, ist jede entzündbare Mischung aus Staub und einem gasförmigen Oxidationsmittel ohne Einschränkung bezüglich Temperatur und Druck. Der Begriff „explosionsfähiges Gemisch“ schließt sowohl die explosionsfähige Atmosphäre ein als auch Gemische, die statt Luft zum Beispiel Sauerstoff, sauerstoffangereicherte Luft, Chlorgas oder andere oxidierende Gase als Reaktionspartner enthalten.

4 Gefährdungsbeurteilung/Explosionsschutzdokument

4.1 Was ist der Unterschied zwischen brennbaren und explosiven Stuben?

- **Brennbare Stäube**

können mit Luft oder anderen Oxidationsmitteln explosionsfähige Atmosphäre beziehungsweise ein explosionsfähiges Gemisch bilden.

- **Explosive Stäube**

Stoffe, Gemische und Erzeugnisse sind explosiv, wenn sie auch ohne Luft durch Zündquellen wie äußere thermische Einwirkungen, mechanische Beanspruchungen oder Detonationsste zu einer chemischen Umsetzung gebracht werden können, bei der hochgespannte Gase in so kurzer Zeit entstehen, dass ein sprunghafter Temperatur- und Druckanstieg hervorgerufen wird. Diese werden hier nicht betrachtet.

4.2 Was sind hybride Gemische?

Hybride Gemische sind Gemische von Luft und brennbaren Stoffen in unterschiedlichen Aggregatzuständen.

Beispiele sind Gemische aus Methan, Kohlestaub und Luft oder Benzindampf, Benzintrpfchen und Luft.

Die Beurteilung der Explosionsgefahr ist beim Vorliegen hybrider Gemische schwierig und erfordert in der Regel das Hinzuziehen von Experten oder Expertinnen.

4.3 Wann kann Staubexplosionsgefahr bestehen?

Staubexplosionsgefahr kann bestehen, wenn brennbare Stäube hergestellt, be- oder verarbeitet werden oder als Zwischen- oder Nebenprodukt, zum Beispiel bei der mechanischen Bearbeitung von Werkstücken, entstehen.

Brennbare Stäube sind Stäube, die unter Wärmeentwicklung mit dem Sauerstoff in der Luft reagieren, zum Beispiel Stäube aus Kohle, Holz, Kunststoffen oder Metallen (siehe auch Frage 4.11).

Als kritisch sind insbesondere Stäube mit großer Feinheit (siehe Frage 4.4) zu bezeichnen.

Staubexplosionen können sich zum Beispiel ereignen beim

- Mahlen und Trocknen brennbarer Feststoffe,
- Absaugen und Fördern brennbarer Feststoffe,
- Trocknen, Granulieren und Beschichten in Wirbelschichtanlagen,
- Sprühtrocknen von organischen Produkten, zum Beispiel Milch, Kaffee oder Waschpulver,
- Schleifen von Leichtmetallen,
- Herstellen und Verarbeiten von Metallpulvern.

4.4 Welche Bedeutung hat die Korngrößenverteilung für die Explosionsfähigkeit von Stuben?

Untersuchungen zeigen, dass bei abnehmender Korngröße die Neigung von Stuben zu Explosionen zunimmt:

- Korngrößen < 0,5 mm: Hier ist grundsätzlich Staubexplosionsfhigkeit anzunehmen.
- Korngrößen von 0,5 bis 1 mm: Hier können in Abhängigkeit von den Stuben im Einzelfall Staubexplosionen auftreten.
- Korngrößen > 1 mm: Hier ist nicht mehr mit Staubexplosionen zu rechnen.

4.5 Wie können Staubexplosionen verhindert werden?

Staubexplosionen lassen sich durch unterschiedliche Schutzmaßnahmen verhindern, zum Beispiel durch:

- Ersatz des brennbaren Staubes durch einen unbrennbaren Staub. Diese Maßnahme ist oftmals jedoch nur begrenzt umsetzbar.
- Änderung des Arbeitsverfahrens, zum Beispiel durch die Verwendung eines Granulats beziehungsweise einer Paste anstelle des Staubes.
- Sicheres Unterschreiten der unteren Explosionsgrenze, das heißt, die Bildung von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen wird verhindert. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich durch Aufwirbeln abgelagerten Staubs oder Anhaftungen die Konzentrationen schnell ändern können und die untere Explosionsgrenze dabei überschritten werden kann.
- Reduzierung des für die Verbrennung notwendigen Sauerstoffs (Unterschreiten der Sauerstoffgrenzkonzentration). Der zu unterschreitende Sauerstoffgehalt hängt dabei zum einen vom Staub selbst und zum anderen vom verwendeten Inertisierungsmedium ab.

4.6 Wie kann die Bildung explosionsfähiger Staubatmosphäre verhindert werden, wenn ein Ersatz des brennbaren Staubes beziehungsweise eine Änderung des Arbeitsverfahrens nicht möglich ist?

Die Bildung explosionsfähiger Staubatmosphäre kann durch folgende Schutzmaßnahmen verhindert werden:

- Begrenzen der Staubkonzentration, so dass die untere Explosionsgrenze sicher unterschritten wird. Bei Stäuben ist dies im Gegensatz zu Gasen und Dämpfen jedoch nur schwer umzusetzen, da homogene Staub/Luft-Gemische nur selten auftreten. So kann zum Beispiel abgelagerter Staub aufgewirbelt werden. Es kann in der Regel nicht angenommen werden, dass die Staubkonzentration gleich der Gesamtmenge des Staubes bezogen auf den gesamten Raum oder das Gesamtvolumen einer Anlage ist. Bei inhomogener Verteilung gibt die mittlere Staubkonzentration nicht die Konzentrationsverhältnisse für jedes Teilvolumen wieder, so dass örtlich deutliche Abweichungen vorliegen können.
- Begrenzen der Sauerstoffkonzentration, so dass keine Verbrennung mehr stattfinden kann. Die Sauerstoffgrenzkonzentration ist dabei von der Art des Staubes und vom verwendeten Inertisierungsmedium abhängig und kann zwischen 6 und 17 Volumen-% variieren. Als Inertisierungsmedium kann zum Beispiel Stickstoff oder Kohlendioxid eingesetzt werden. Die Werte für die Sauerstoffgrenzkonzentration können Datenbanken, zum Beispiel GESTIS oder Chemsafe⁴, entnommen werden (siehe auch Frage 4.19).
- Zugabe von inerten Stäuben, zum Beispiel Steinsalz, Natriumsulfat oder -phosphat. Im Allgemeinen ist jedoch ein Inertstaubanteil
> 50 Gewichts-% (teilweise > 90 Gewichts-%) erforderlich.
- Vermeidung von Stofffreisetzung außerhalb von Apparaturen oder Anlagenteilen durch eine dichte Konstruktion.
- Objektabsaugung an möglichen Emissionsstellen.
- Reinigungsarbeiten zur regelmäßigen Entfernung von Staubablagerungen.

4.7 Welchen Einfluss hat die Feuchte auf die Staubexplosionsfähigkeit?

Grundsätzlich nimmt mit steigendem Wassergehalt die Zündempfindlichkeit brennbarer Stäube ab. Bis zu einem Feuchtegehalt von 10 Gewichts-% spielt dieser Einfluss jedoch nahezu keine Rolle. Erst oberhalb eines Wassergehalts von 20 bis 30 Gewichts-% reduzieren sich der maximale Druckanstieg und die Staubexplosionsklasse deutlich.

Für konkrete Aussagen sind jeweils Untersuchungen erforderlich.

Mit steigender Feuchte nimmt die Aufwirbelbarkeit des Staubes ab.

4 Siehe Anhang Nr. 95

4.8 Inwieweit wirken Grobstaubanteile als Inertstaub und verhindern somit Staubexplosionen?

Das Vorhandensein von Grobstaub (Korngrößen > 1 mm) allein führt nur zur Dämpfung des Explosionsablaufs:

Die Werte für den maximalen Explosionsdruck ($p_{\max}$) und den maximalen zeitlichen Druckanstieg (K_{St} -Wert) verringern sich und die Werte für die Mindestzündenergie oder die Sauerstoffgrenzkonzentration erhöhen sich.

Solange der Feinstaubanteil im Gemisch mit Luft oberhalb seiner unteren Explosionsgrenze liegt, ist trotzdem eine Staubexplosion möglich.

4.9 Wie sind Staubablagerungen hinsichtlich der Bildung explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische zu bewerten?

Innerhalb von Behalttern, wo Stäube gehandhabt oder verarbeitet werden, können Staubschichten unbestimmter Dicke oft nicht verhindert werden, weil sie ein integraler Bestandteil des jeweiligen Verfahrens sind.

Die Dicke der Staubschicht außerhalb von Apparaturen sollte durch Anlagenreinhaltung begrenzt werden, und das Niveau der Anlagenreinhaltung muss für den Zweck der Einstufung bekannt sein. Es ist wesentlich, die Art und Weise der Anlagenreinhaltung mit dem Anlagenmanagement abzustimmen.

Stäube in abgelagerter Form entwickeln nach der Entzündung durch eine externe Zündquelle einen Brand. Durch Aufwirbelung, zum Beispiel durch Erschütterung, Lüftung oder Brand einer Staubschicht, kann sich ein explosionsfähiges Staub/Luft-Gemisch bilden.

Das regelmäßige Beseitigen von brennbarem Staub stellt deswegen eine sicherheitstechnisch bedeutsame Schutzmaßnahme bei der Realisierung des Explosionsschutzkonzepts dar.

Es kann davon ausgegangen werden, dass in einem Raum mit normaler Höhe Staubablagerungen von weniger als 1 mm Dicke ausreichen, um in aufgewirbelter Form eine explosionsfähige Atmosphère zu bilden.

Beispiel: Die Ablagerung von Staub mit einer Schüttdichte von 0,5 kg/l hat bei einer Schichtdicke von 1 mm ein Gewicht von 500 g/m². Die untere Explosionsgrenze liegt bei Stuben zwischen 15 und 100 g/m³. Daraus folgt, dass bei theoretischer homogener Verteilung des Staubes explosionsfähige Atmosphère bis zu einer Höhe von 5 bis 30 m erzeugt werden kann.

Abgelagerter Staub führt bereits zur Einteilung in Zone 22 (siehe Frage 3.1 dieser Schrift).

4.10 Was sind sicherheitstechnische Kenngrößen? Welche sind beim Staubexplosionsschutz wichtig?

Sicherheitstechnische Kenngrößen sind quantitative Aussagen über Stoffeigenschaften, die für die Beurteilung von Explosionsgefahren maßgebend sind. Sicherheitstechnische Kenngrößen sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, keine physikalischen Konstanten. Sie hängen vom Bestimmungsverfahren ab und gelten meist nur für atmospherische Umgebungsbedingungen.

Explosionskenngroen von Stuben hängen von der Beschaffenheit der jeweiligen Staubprobe ab. Wichtige, das Brenn- und Explosionsverhalten beeinflussende Parameter sind Korngröße, Reinheit und Feuchte.

Für die Bestimmung der Kenngrößen sind daher repräsentative Staubproben unerlässlich.

Wichtige sicherheitstechnische Kenngrößen für **abgelagerten Staub** sind:

- Entzündbarkeit
- Brennverhalten
- Mindestzündtemperatur der Staubschicht (Glimmtemperatur)
- Selbstentzündungsverhalten
- Exotherme Zersetzung
- Spontane Zersetzung
- Schlagempfindlichkeit

Wichtige sicherheitstechnische Kenngrößen für **aufgewirbelten Staub** sind:

- Explosionsfähigkeit
- Maximaler Explosionsüberdruck ($p_{\max}$)
- Maximaler zeitlicher Druckanstieg (K_{St} -Wert)
- Untere Explosionsgrenze
- Sauerstoffgrenzkonzentration
- Mindestzündenergie
- Mindestzündtemperatur einer Staubwolke

Eine Datenbank von sicherheitstechnischen Kenngrößen brennbarer Stäube findet man unter staubex.ifa.dguv.de.⁵

4.11 Wann spricht man von brennbarem Staub?

Eine Aussage über die Brennbarkeit von Staub ergibt die folgende Prüfung: der zu prüfende Staub wird auf einer keramischen Platte verschiedenen Zündquellen ausgesetzt, zum Beispiel einer glimmenden Zigarette oder einem glühenden Draht. Wenn der Staub durch eine oder mehrere Zündquellen entzündet werden kann und exotherm mit Luft reagiert, spricht man von brennbarem Staub.

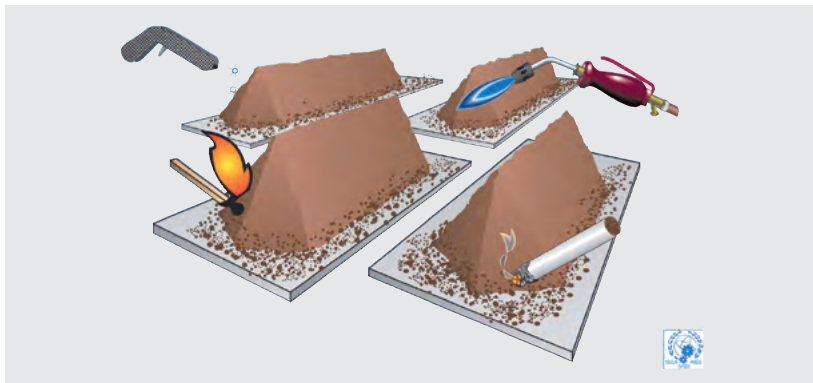


Abbildung 3: Prüfung der Entzündbarkeit von Staubablagerungen mit verschiedenen Zündquellen

4.12 Was versteht man unter dem Brennverhalten eines abgelagerten Staubes?

Das Brennverhalten beschreibt das Erscheinungsbild des Brandes einer Staubablagerung. Auf einer keramischen Platte wird ein Produktsteg von 2 cm Breite und 4 cm Länge aufgebracht. Dieser wird einem glühenden Platindraht beziehungsweise einer Gasflamme ausgesetzt. Nach erfolgter Entzündung wird die Heftigkeit des anschließenden Brennens beobachtet. Die Prüfung kann bei Raumtemperatur oder bei erhöhter Temperatur (in der Regel 100 °C) erfolgen:

⁵ GESTIS-STAU-EX Datenbank, siehe Anhang Nr. 94

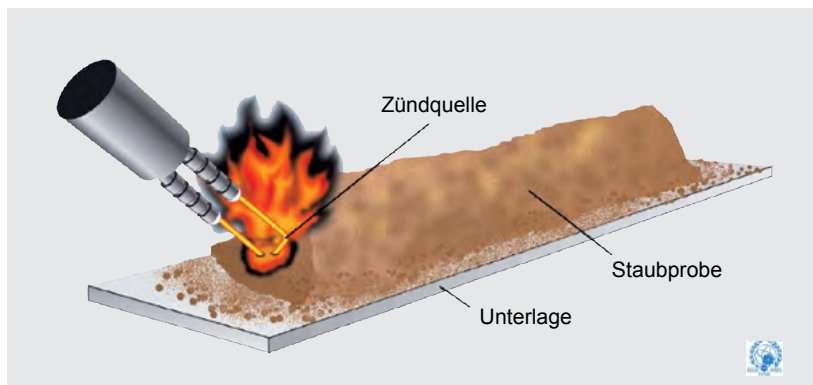


Abbildung 4: Bestimmung des Brennverhaltens von Staubablagerungen

Das Brennverhalten der Staubprobe wird bewertet und der Staub mittels einer Brennzahl klassifiziert:

Brennzahl	Brennverhalten
BZ 1	kein Anbrennen, kein Entzünden
BZ 2	kurzes Anbrennen, rasches Auslöschen
BZ 3	örtliches Brennen oder Glimmen (keine oder sehr geringe Ausbreitung)
BZ 4	Ausbreiten eines Glimmbrandes oder langsames flammenloses Zersetzen
BZ 5	Ausbreiten eines offenen Brandes (Brennen unter Flammenerscheinung)
BZ 6	sehr rasches Durchbrennen unter Flammenerscheinung

Tabelle 2: Brennzahlen (BZ)

4.13 Was bedeuten die Begriffe „Mindestzündtemperatur“ einer Staubschicht und „Glimmtemperatur“?

Die **Mindestzündtemperatur** einer Staubschicht ist die niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der sich eine Staubschicht von festgelegter Dicke im Kontakt mit dieser Oberfläche unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen entzündet.

Als **Glimmtemperatur** wird die Mindestzündtemperatur für eine Staubschicht von 5 mm Dicke bezeichnet.

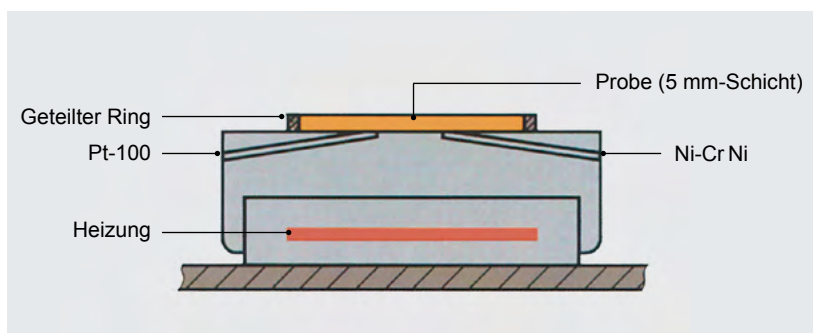


Abbildung 5: Bestimmung der Glimmtemperatur

4.14 Wann ist ein Staub selbstentzündlich?

Von Selbstentzündung spricht man, wenn eine Staubschuttung an Luft nach einer Induktionszeit durch Selbsterhitzung infolge von Oxidationsvorgngen an der Oberfläche von Staubkrnern im Inneren der Schüttung zur Entzündung kommt. Hierbei muss die Wärmeentwicklung in der Staubschuttung größer sein als die Wärmeabfuhr. Die Bestimmung der Selbstentzündungstemperatur erfolgt nach dem Schnelltest nach Grewer beziehungsweise mittels Warmlagerungsversuchen.

4.15 Was versteht man unter der exothermen Zersetzung eines Staubes?

Eine exotherme Zersetzung ist eine Reaktion, die keine Luft als Reaktionspartner benötigt und die zu einer Temperaturerhöhung führt. Die Bestimmung der Zersetzungstemperatur erfolgt durch Differentialthermoanalyse beziehungsweise durch Wrmestauversuche.

4.16 Wann ist ein Staub explosionsfähig?

Ein Staub wird als explosionsfähig bezeichnet, wenn er im Gemisch mit Luft

- durch Zündquellen zu einer chemischen Umsetzung gebracht werden kann, bei der Gase in so kurzer Zeit entstehen, dass ein sprunghafter Temperatur- und Druckanstieg hervorgerufen wird, oder
- wenn er nach erfolgter Entzündung in Form einer fortschreitenden Flammenausbreitung mit Druckentlastung reagiert.

Die Bestimmung der Explosionsfähigkeit von Stuben erfolgt in der modifizierten Hartmann-Apparatur beziehungsweise im 1 m³-Behälter.

4.17 Was bedeutet der K_{St}-Wert?

Der K_{St}-Wert ist eine staub- und prufverfahrensspezifische Kenngröße, die zusammen mit dem maximalen Explosionsberdruck das Reaktionsverhalten eines Staubes charakterisiert. Der K_{St}-Wert wird aus der maximalen Druckanstiegsgeschwindigkeit mit Hilfe der folgenden Formel ermittelt, die als kubisches Gesetz bezeichnet wird.

$$(dp/dt) \cdot V^{1/3} = \text{const} = K_{St} = K$$

Der K_{St}-Wert ist demnach eine volumenunabhngige, staubspezifische Kenngröße. Er ist numerisch gleich dem Wert des maximalen zeitlichen Druckanstiegs (dp/dt), der in einem 1 m³-Behälter unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen gemessen wird. Dazu gehört die Verwendung eines chemischen Znders mit einer Gesamtenergie von 10 kJ.

Staubexplosionsklasse	K _{St} -Wert (bar m/s)
St 1	> 0–200
St 2	> 200–300
St 3	> 300

Tabelle 3: Staubexplosionsklassen und K_{St}-Wert

4.18 Welche Bedeutung haben die Explosionsgrenzen für brennbare Stäube?

Die Explosionsgrenzen (untere Explosionsgrenze (UEG), obere Explosionsgrenze (OEG)) schließen den Konzentrationsbereich eines Staubes im Gemisch mit Luft ein, in dem Explosionen möglich sind.

Die Bestimmung der UEG erfolgt im 1-m³-Behälter oder in der 20-l-Apparatur. Die unteren Explosionsgrenzen für Stäube liegen im Bereich von 10 bis 100 g/m³. Für die Beurteilung von staubexplosionsfhigen Gemischen ist die Angabe einer

mittleren Konzentration innerhalb einer Anlage nicht aussagekräftig. Weil zum Beispiel abgelagerter Staub aufgewirbelt werden kann, muss von einer inhomogenen Staubverteilung innerhalb der Anlage ausgegangen werden und es können örtlich deutliche Abweichungen vorliegen. Daher kann in Teilen von Anlagen, Behältern oder Räumen auch dann Explosionsgefahr bestehen, wenn die auf das Gesamtvolumen bezogene Staubmenge unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) liegt.

Im Gegensatz zu Gasen und Dämpfen sind bei Stuben keine oberen Explosionsgrenzen bekannt. Das liegt sowohl daran, dass sich die experimentelle Ermittlung extrem schwierig gestaltet, als auch daran, dass durch Sedimentation mit einer Entmischung gerechnet werden muss.

Siehe auch 4.5 und 4.6

4.19 Was versteht man unter dem Begriff „Sauerstoffgrenzkonzentration“?

Die Sauerstoffgrenzkonzentration ist die maximale Sauerstoffkonzentration in einem Gemisch eines brennbaren Staubes mit Luft und inertem Gas, in dem eine Explosion nicht auftritt.

Die Sauerstoffgrenzkonzentration ist sowohl von der Staubart als auch vom verwendeten Inertgas abhängig. Beim Einsatz von Kohlendioxid als Inertgas werden für die Sauerstoffgrenzkonzentration höhere Werte gemessen als beim Einsatz von Stickstoff. Da viele Leichtmetallstube mit Kohlendioxid und zum Teil auch mit Stickstoff reagieren können, müssen in diesen Sonderfällen Edelgase als Inertgas verwendet werden. Die Bestimmung der Sauerstoffgrenzkonzentration erfolgt im 1-m³-Behälter beziehungsweise in der 20-Liter-Kugel.

Durch Abzug eines Sicherheitsbetrages von der Sauerstoffgrenzkonzentration wird die maximal zulässige Sauerstoffkonzentration ermittelt. Dieser Sicherheitsbetrag berücksichtigt Schwankungen der Sauerstoffkonzentration in einer Anlage. Bei der messtechnischen Überwachung der Sauerstoffkonzentration während eines Prozesses darf der Messwert die maximal zulässige Sauerstoffkonzentration nicht berschreiten.

Staubart	Medianwert (µm)	SGK (Vol.-%)
Erbsenmehl	25	15
Bariumstearat	< 63	13
Braunkohle	63	12
Malzschrot	25	11
Methylcellulose	70	10
Maisstärke	17	9
Paraformaldehyd	23	6
Aluminium	22	5

Tabelle 4: Beispiele für Sauerstoffgrenzkonzentrationen (SGK) einzelner Stäube (Inertgas: Stickstoff)

4.20 Was sagen die „Mindestzündenergie“ und die „Mindestzndtemperatur“ einer Staubwolke aus?

Die **Mindestzündenergie** (MZE) ist die unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelte kleinste in einem Kondensator gespeicherte elektrische Energie, die bei Entladung ausreicht, das zndwilligste Gemisch einer explosionsfähigen Atmosphäre zu entzünden.

Bemerkung: Die Mindestzündenergie wird in festgelegten Verfahren bestimmt und in mJ angegeben. Für Stäube siehe die Norm DIN EN ISO/IEC 80079-20-2⁶.

Die **Mindestzündtemperatur einer Staubwolke** ist die niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche innerhalb eines Ofens, bei der sich eine Staubwolke in Luft im Ofen entzündet. Die Ermittlung wird nach DIN EN ISO/IEC 80079-20-2 zum Beispiel im „BAM-Ofen“ durchgeführt (siehe Abbildung 7).

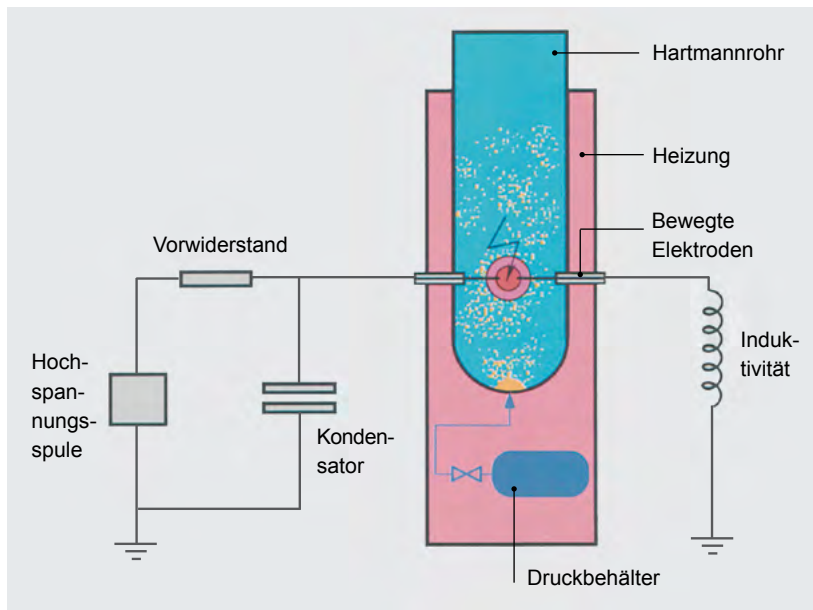


Abbildung 6: Bestimmung der Mindestzündenergie in Stuben

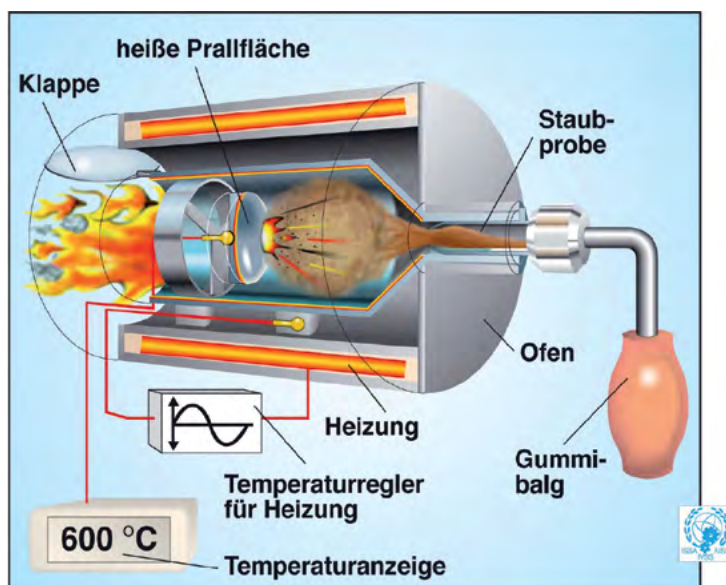


Abbildung 7: Prüfapparatur zum Bestimmen der Mindestzündtemperatur von Staubwolken (BAM-Ofen)

6 Siehe Anhang Nr. 51

4.21 Welche Zündquellen sind für Staubexplosionen besonders bedeutsam? Was versteht man unter einer wirksamen Zündquelle?

Grundsätzlich ist jede der 13 Zündquellenarten geeignet, Staubexplosionen auszulösen.

In der betrieblichen Praxis haben sich vor allem folgende Zündquellen als besonders bedeutsam herausgestellt:

- Flammen und Glimmnester
- Heiße Oberflächen
- Mechanisch erzeugte Funken °C
- Elektrisch erzeugte Funken (elektrische Betriebsmittel)
- Elektrostatische Aufladungen

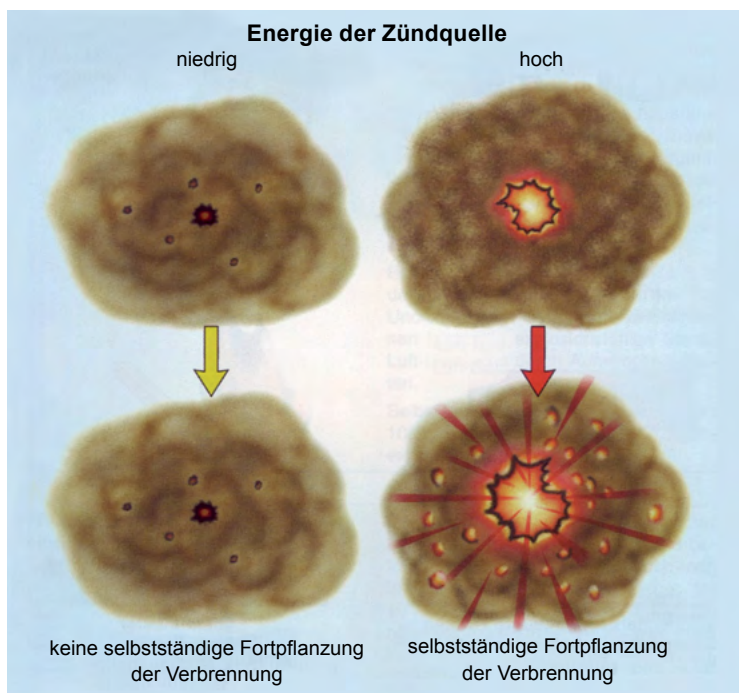


Abbildung 8: Wirksamkeit von Zündquellen

Eine Zündquelle wird als wirksam bezeichnet, wenn sie so viel Energie an die explosionsfähige Atmosphère abgeben kann, dass eine selbstständige Fortpflanzung der Verbrennung eintritt.

4.22 Sind elektrostatische Entladungen für Staub/Luft-Gemische zündfähig?

Ja. Elektrostatische Entladungsvorgange können Energien von weniger als 1 mJ bis hin zu mehreren J aufweisen.

In Abhängigkeit von der Mindestzündenergie (MZE) kann die Einteilung brennbarer Stäube wie folgt erfolgen:

Höhe der Mindestzündenergie	Art des Staubes	Beispiel
< 1 mJ	sehr leicht entzündliche Stäube	feine Aluminiumstube
1–10 mJ	leicht entzündliche Stäube	Wachsstube
> 10–100 mJ	gemäßigt entzündliche Stäube	Zucker- oder Milchpulverstube
> 100 mJ	schwer entzündliche Stäube	Weizenmehl, Kohlestaub

Tabelle 5: Klassifizierung von Stuben in Abhängigkeit von der Mindestzündenergie

Koronaentladungen und Büschelentladungen sind nicht geeignet, Staub/Luft-Gemische zu entzünden.

Funkenentladungen, Gleitstielbüschelentladungen, Schüttkegelentladungen und gewitterblitzähnliche Entladungen sind dagegen durchaus geeignet, Staub/Luft-Gemische zu entzünden.

Büschelentladungen können brennbare Staub/Luft-Gemische nur dann entzünden, wenn gleichzeitig brennbare Gase oder Dämpfe vorliegen.

4.23 Welche Anforderungen stellt der Staubexplosionsschutz an die Oberflächentemperatur von Geräten?

Die Oberflächentemperatur von Geräten muss deutlich unterhalb der Mindestzündtemperatur des aufgewirbelten (siehe Frage 4.20) beziehungsweise der Mindestzündtemperatur des abgelagerten Staubes (Glimmtemperatur, siehe Frage 4.13) liegen, da sonst Brände und als deren Folge Explosionen entstehen können.

Die maximal zulässige Oberflächentemperatur bei Anwesenheit einer Staubwolke darf maximal 66 % der Mindestzündtemperatur des aufgewirbelten Staubes betragen (TRGS 723, Nr. 5.2.6 Abs. 1, Nr. 5.2.7 Abs. 1).

Die maximal zulässige Oberflächentemperatur bei Anwesenheit von Staubablagerungen muss mindestens 75 K unterhalb der Glimmtemperatur liegen (TRGS 723, Nr. 5.2.6 Abs. 2, Nr. 5.2.7 Abs. 3 und Nr. 5.2.8 Abs. 3). Voraussetzung ist, dass die abgelagerten Staubschichten nicht dicker als 5 mm sind. Bei Schichtdicken > 5 mm reduziert sich die maximal zulässige Oberflächentemperatur deutlich.

Für das Beispiel von Mehlstaub berechnet sich die maximale Oberflächentemperatur folgendermaßen:

Grunddaten für Mehlstaub: $T_{\text{Zünd}} \geq 380 \text{ °C}$; $T_{\text{Glimm}} \geq 300 \text{ °C}$

$T_{\text{max}} (\text{Staubwolke}) = 2/3 \cdot 380 \text{ °C} = 253 \text{ °C}$

$T_{\text{max}} (\text{Staubschicht bis 5 mm Dicke}) = 300 \text{ °C} - 75 \text{ °C} = 225 \text{ °C}$

Die Oberflächentemperatur bei Vorhandensein von Staubschichten bis 5 mm Dicke darf somit maximal 225 °C betragen.

4.24 Wie lassen sich die Auswirkungen von Staubexplosionen minimieren, wenn diese nicht sicher zu verhindern sind?

Lassen sich Staubexplosionen nicht sicher ausschließen, sind Schutzmaßnahmen zu treffen, die sicherstellen, dass durch die Explosion keine gefährlichen Auswirkungen auftreten.

Diese Schutzmaßnahmen werden auch als „konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen“ bezeichnet. Hierbei werden Behälter und Anlagenteile so ausgelegt, dass im Falle einer Explosion keine Personen zu Schaden kommen und der Schaden an Gebäuden und Anlagen möglichst gering ausfällt.

Zu den konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen zählen:

- Explosionsfeste Bauweise
- Explosionsdruckentlastung
- Explosionsunterdrückung
- Explosionstechnische Entkopplung

Bei der **explosionsfesten Bauweise** werden Behälter und Anlagen derart konstruiert und ausgelegt, dass sie dem zu erwartenden Explosionsdruck standhalten, ohne aufzureißen. Dabei wird unterschieden zwischen

- explosionsdruckfester Bauweise: Behälter bleiben intakt, keine Verformungen und
- explosionsdruckstoßfester Bauweise: Behälter verformen sich und müssen nach der Explosion repariert oder ausgetauscht werden.

Bei der **Explosionsdruckentlastung** wird ein zu schützender Behälter mit einer Entlastungseinrichtung, zum Beispiel Berstscheiben oder Explosionsklappen, versehen, die bei einem definierten Druck öffnet.

Eine Anlage zur **Explosionsunterdrückung** erkennt eine anlaufende Explosion mittels Flammen- oder Drucksensoren und unterdrückt die Explosion in der Anlaufphase durch schnelles Einblasen von Löschmittel.

Die **explosionstechnische Entkopplung** gewährleistet, dass eine Explosion nicht in weitere Anlagenteile übertragen werden kann. Die Explosion wird auf einen bestimmten Anlagenteil räumlich begrenzt. Hierzu werden folgende Elemente verwendet:

- für die sicherheitstechnische Entkopplung geeignete Zellenradschleusen
- Löschmittelsperren
- Schnellschlussschieber
- Schnellschlussventile
- Entlastungsschlote
- Produktvorlagen
- Doppelschieber

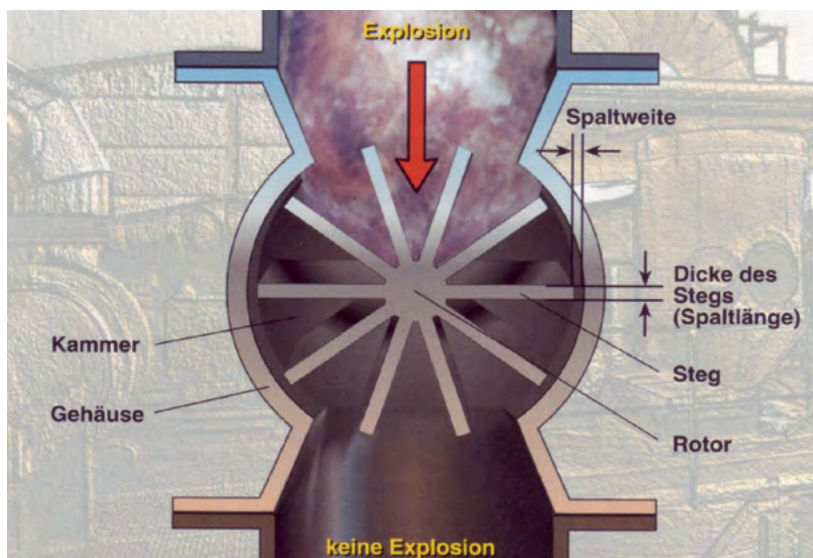


Abbildung 9: Explosionstechnische Entkopplung durch geeignete Zellenradschleuse

4.25 Wie wirkt sich Vakuum auf das Staubexplosionsverhalten aus?

An Vakuumschaufeltrocknern wird das Anlegen von Vakuum häufig als Schutzmaßnahme gegen das Entstehen von Staubexplosionen angewendet.

Die Explosionskenngrößen $p_{\max}$ (maximaler Explosionsdruck) und K_{St} -Wert (staubspezifische Kenngröße) werden vom Ausgangsdruck für eine Explosion beeinflusst.

Durch Anlegen eines Vakuums kann daher erreicht werden, dass entweder

- keine Staubexplosion mehr stattfindet. Dies ist im Allgemeinen bei einem Vakuum von weniger als 20 mbar der Fall, oder
- der maximale Explosionsdruck unter dem Atmosphärendruck bleibt. Dies ist im Zusammenhang mit den organischen Stäuben bis zur Staubexplosionsklasse St 2 im Allgemeinen bis zu einem Vakuum von bis zu 100 mbar der Fall.

Ebenso steigt im Vakuum die Mindestzündenergie an.

4.26 Sind Kunststoffstäube, die beim Recyclen von Kunststoffen entstehen, staubexplosionsfähig?

Ja. Kunststoffstäube sind, wenn sie in der entsprechenden Feinheit mit Korngrößen von $< 0,5$ mm anfallen, grundsätzlich als explosionsfähig zu betrachten.

Es ist deshalb zu untersuchen, wie sich die Korngrößenverteilung des Recyclats verhält und ob sich im Aufarbeitungsprozess gegebenenfalls Feinstaubanteile in bestimmten Anlagenbereichen anreichern können. Unter Umständen ist die Untersuchung einer repräsentativen Probe des Recyclats auf dessen Staubexplosionsverhalten durchzuführen (siehe Frage 6.2 dieser Schrift).

4.27 Ist Flock staubexplosionsfähig?

Ja. Flock besteht aus natürlichen oder synthetischen Einzelfasern, üblicherweise in gleicher Länge, in einem Bereich von 0,5 bis 2,5 mm und einem Titerbereich von ca. 0,9 bis 22 dtex (das entspricht einem Fadengewicht von 0,9 bis 22 g pro 10.000 m Fadenlänge). Obwohl es sich bei Flock demnach nicht um Staub mit Korngrößen von $< 0,5$ mm handelt, zeigen die Erfahrungen, dass mit Luft explosionsfähige Gemische entstehen können.

Untersuchungen an Flock aus Polyamid, Acryl, Polyester, Viskose und Baumwolle im Titerbereich von 0,6 bis 6,7 dtex und einem Längenbereich von 0,5 bis 1,5 mm haben gezeigt, dass weniger die Art des Flocks, als vielmehr das Produkt aus Titer und Schnittlänge das Explosionsgeschehen bestimmt. Das Produkt aus Titer und Schnittlänge hat im Zusammenhang mit Flock die gleiche Bedeutung wie der Medianwert von brennbaren Stäuben. Acrylflock (0,6 dtex/0,9 mm beziehungsweise 1,3 dtex/0,5 mm) weist mit 15 g/m^3 eine sehr niedrige untere Explosionsgrenze auf.

4.28 Sind pulverförmige mineralische Produkte staubexplosionsfähig?

Klassische mineralische Baustoffe, die nicht brennbar sind, wie zum Beispiel Zement, Kalk et cetera sind auch nicht explosionsfähig.

Sofern die mineralischen Produkte allerdings organische Anteile (zum Beispiel Additive, Kunststoff) enthalten oder Modifikationen mit organischen funktionellen Gruppen oder Bestandteilen et cetera erfolgt sind, kann eine Explosionsfähigkeit vorliegen. Die Aussage „nicht staubexplosionsfähig“ kann bei brennbaren Stäuben nicht durch eine Untersuchung der Explosionsfähigkeit im Hartmannrohr getroffen werden, vielmehr ist dies nur nach entsprechenden Ergebnissen einer Untersuchung im 20-l- oder im 1-m^3 -Behälter möglich.

4.29 Wie kann das Staubungsverhalten beurteilt werden?

In der Praxis hat es sich gezeigt, dass hinsichtlich der Explosionsgefährdung auch das unterschiedliche Verhalten von Stäuben im Hinblick auf die Bildung von Staubwolken, das heißt deren Staubungsneigung, relevant ist. Dieser Begriff wird qualitativ verwendet und beruht auf einer individuellen Betrachtung von Verfahren, Umgebungsbedingungen und Produkteigenschaften (zum Beispiel Feuchte, Klebrigkeit) unter Berücksichtigung der unteren Explosionsgrenze (UEG). Kriterien zur

Bewertung der Staubungsneigung im Hinblick auf Explosionsschutzmanahmen können beispielsweise sein: die Sedimentationszeit, die Ausbreitung der Staubwolke.

Es gibt unterschiedliche Verfahren zur Ermittlung der Staubungsneigung. Hinsichtlich der Ermittlung der Schutzmaßnahmen und der Zoneneinteilung liegen jedoch derzeit keine belastbaren quantitativen Korrelationen zwischen Staubungsneigung und tatsächlicher verfahrensbedingter Konzentration in Bezug zur unteren Explosionsgrenze vor.

In der Fachbereich AKTUELL-Schrift „FBRCI-010 Staubungsneigung“ wird näher erläutert, welche Normen derzeit vorhanden sind, um Kennzahlen für das Staubungsverhalten zu bestimmen, wofür diese Kennzahlen jeweils angewendet werden können und warum daraus keine Rückschlüsse für die Zoneneinteilung im Inneren von Apparaten gezogen werden können.

4.30 Was ist der Medianwert der Korngrößenverteilung eines Staubes?

Der Medianwert ist das Gewichtsmittel der Korngröße: 50 Gewichtsprozent des untersuchten Staubes bestehen aus feinerem Korn und ebenfalls 50 Gewichtsprozent aus größerem Korn als der Median.

Die klassische Ermittlung der Korngrößenverteilung erfolgt mit genormten Prüfsieben, das jeweils verbleibende Oberkorn wird gewogen. Aus der Verteilungskurve wird der Medianwert bestimmt, mit ihm kann die Feinheit des untersuchten Staubs beschrieben werden. Da sicherheitstechnische Kenngrößen von Stuben unter Anderem von der Korngrößenverteilung abhängen, ermöglicht dies eine gewisse Vergleichbarkeit der in Datenbanken, zum Beispiel GESTIS-STaub-EX, für diese Stäube angegebenen Werte.

4.31 Was ist aus Sicht des Explosionsschutzes beim pneumatischen Transport brennbarer Schüttgüter zu berücksichtigen?

Erfolgt der pneumatische Transport des Schüttgutes mit Luft, so liegt im Inneren der Transportleitung explosionsfähige Atmosphäre vor, wenn eine ausreichende Feinheit des Schüttgutes (vergleiche Frage 4.4) vorhanden beziehungsweise das Auftreten von Feinstaub zu erwarten ist (vergleiche auch Frage 4.8) oder brennbare Gase oder Dämpfe anwesend sind.

Abhängig von den Einsatzbedingungen kann auch in der Umgebung explosionsfähige Atmosphäre vorliegen.

Der pneumatische Transport von Schüttgütern führt zu sehr hohen Aufladestrmen an der Schlauchinnenwand, diese sind höher als beim Flssigkeitstransport^{7, 8}. Deshalb genügen die Anforderungen, die an Schläuche für den Flüssigkeitstransport mindestens gestellt werden, nicht für den pneumatischen Schttguttransport. Zusätzlich dazu, dass der Widerstand von Flansch zu Flansch weniger als 1 M Ω beträgt, muss auch eine hinreichende Ladungsableitung von der Schlauchinnenwand zu den geerdeten Flanschen vorhanden sein. Sonst können je nach Aufbau und Widerstand des Wandmaterials Korona-, Büschel-, Funken- und Gleitstielbschelentladungen auftreten, die eine Zndgefahr für das transportierte Schüttgut oder die Umgebung darstellen können.

In TRGS 727, Nr. 6.4.2 sind für verschiedene Schlauchtypen die Anforderungen an Rohr- und Schlauchleitungen erläutert, die erfüllt sein müssen, um eine Entzündung infolge gefährlicher elektrostatischer Aufladungen zu vermeiden.

⁷ Siehe Anhang Nr. 88

⁸ Siehe Anhang Nr. 89

4.32 Welche Typen von flexiblen Schüttgutbehältern (FIBC) gibt es und welche Einschränkungen sind beim Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen zu beachten?

Flexible Schüttgutbehälter (FIBC, „Big Bags“) kommen zur Aufnahme von Rohstoffen oder Fertigprodukten zum Einsatz. Insbesondere während des Füllens und Entleerens von FIBC können elektrostatische Aufladungsprozesse stattfinden. Damit in explosionsgefährdeten Bereichen eine gefährliche Aufladung im Sinne der TRGS 727 vermieden wird und keine Zündgefahr durch elektrostatische Entladungen besteht, sind FIBC des jeweils geeigneten Typs einzusetzen.

Bei FIBC werden vier Typen unterschieden:

- Typ A weist keine Schutzmaßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen auf, daher sind FIBC Typ A für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen grundsätzlich nicht geeignet.
- FIBC des Typs B bestehen ausschließlich aus isolierendem Material. Durch die Verwendung eines Behältermaterials mit niedriger Durchschlagspannung wird verhindert, dass Gleitstielbüschelentladungen auftreten.
- Bei FIBC des Typs C besitzt das eingesetzte Material eine leitfähige oder ableitfähige Struktur mit einem Ableitwiderstand von weniger als $10^8 \Omega$ zum Erdungspunkt. Es besteht Erdungspflicht während des Befüllens oder Entleerens. Durch die Durchschlagspannung von der inneren Oberfläche auf die leitfähige Struktur werden Gleitstielbüschelentladungen verhindert. Teile aus isolierenden Materialien überschreiten nicht die nach TRGS 727 maximal zulässige Oberfläche, so dass keine zündwirksamen Büschelentladungen auftreten können.
- FIBC des Typs D begrenzen die Aufladung nach dem Prinzip der Koronaentladung, es ist ein Nachweis erforderlich, dass keine gefährlichen Aufladungen auftreten. Teile aus isolierenden Materialien überschreiten nicht die nach TRGS 727 maximal zulässige Oberfläche, so dass keine zündwirksamen Büschelentladungen auftreten können.
Bei Einsatz von FIBC Typ D in explosionsgefährdeten Bereichen müssen in der Umgebung des FIBC alle Personen und leitfähigen Gegenstände, die gefährlich aufgeladen werden können, geerdet werden.
- Einstellsäcke können das Verhalten der FIBC der Typen B, C und D verändern. Die Typeinteilung des Herstellers deckt die Verwendung von Einstellsäcken in der Regel nicht mit ab, daher ist bei Verwendung von Einstellsäcken das Packmittel als Ganzes neu zu bewerten.

Hinweise für die geeignete Wahl von FIBC in explosionsgefährdeten Bereichen unter Berücksichtigung des zu handhabenden Schüttgutes und der Umgebungsbedingungen gibt die Tabelle 10 der TRGS 727:

Mindestzündenergie (MZE) des Schüttgutes	Befüll- und Entleereinrichtung befindet sich im			
	nicht explosions- gefährdeten Bereich	explosionsgefährdeten Bereich der		
		Zone 21 oder 22	Zone 2	Zone 1
nicht staubexplosionsfähig oder $1000 \text{ mJ} < \text{MZE}$	A, B, C, D	A ⁴ , B ⁴ , C, D	C, D	C ¹ , D ¹
$3 \text{ mJ} < \text{MZE} \leq 1000 \text{ mJ}$	B, C, D	B, C, D	C, D	C ¹ , D ¹
$\text{MZE}^5 \leq 3 \text{ mJ}$	C, D	C, D	C, D	C ¹ , D ¹
Staub mit brennbarem Lösemittelanteil ³	C ² , D ²	C ² , D ²	C ² , D ²	C ² , D ²

¹ beim Befüllen des FIBC nur in Verbindung mit zusätzlichen Maßnahmen, zum Beispiel Spülen mit Luft

² beim Befüllen und Entleeren des FIBC nur in Verbindung mit zusätzlichen Maßnahmen, zum Beispiel Inertisierung

³ zur Konzentration der Lösemittelanteile siehe auch Nummer 6.2 der TRGS 727

⁴ sofern das gehandhabte Schüttgut die Zone bestimmt

⁵ Die Einschränkung, bei Schüttgut mit $\text{MZE} \leq 3 \text{ mJ}$ nur FIBC Typ C oder Typ D einzusetzen, beruht auf der Zündwirksamkeit von Schüttkegelentladungen. Diese können in einem FIBC Typ B eine viel höhere Energie besitzen als in einem FIBC Typ C oder Typ D. Im Falle eines FIBC Typ B kann die Schüttkegelenergie bereits für Schüttgut mit einem Medianwert von nur 0,055 mm einen Wert von 3 mJ erreichen. In einem FIBC Typ C oder Typ D muss der Medianwert des Schüttguts bei 0,27 mm oder höher liegen, damit die Schüttkegelenergie 3 mJ erreicht; üblicherweise besitzt derart grobes Schüttgut aber eine MZE von mehr als 3 mJ.

Bei Befüll- oder Entleervorgängen von FIBC mit Schüttgut mit spezifischem Widerstand $< 10^6 \Omega \text{m}$ sind Erdungsmaßnahmen des Schüttguts erforderlich.

Weitere Informationen siehe TRGS 727 Nr. 6.6 und Anhang C.

4.33 Welche Anforderungen müssen Staubsauger erfüllen, damit sie zum Einsaugen brennbarer Stäube geeignet sind?

Geeignete Staubsauger müssen vom Hersteller für das Aufsaugen brennbarer Stäube zugelassen sein.

In der Praxis können Geräte vorhanden sein, die nach unterschiedlichen Prüfverfahren bewertet worden sind. Staubbeseitigende Maschinen (SBM) wurden früher nach der berufsgenossenschaftlichen Vorschrift ZH 1/487 geprüft und klassifiziert. Dieses rein nationale Prüfverfahren wurde mittlerweile in eine internationale Norm überführt, die seit 1998 Bewertungsgrundlage für SBM ist. Prüfverfahren und Klassifizierungsaspekte haben sich dabei geändert.

Die konkreten Anforderungen werden dadurch bestimmt, ob ein Einsatz in einer Zone 22 erfolgen soll oder nur außerhalb explosionsgefährdeter Bereiche.

Sauger, die in Zone 22 eingesetzt werden sollen, müssen

- nach RL 2014/34/EU gebaut sein und eine Kennzeichnung „Ex II 3D T x°C“ (maximale Oberflächentemperatur x°C) tragen
- „geeignet für das Einsaugen von brennbaren Stäuben in Zone 22 nach DIN EN 62784“ sein – mit Kennzeichnung „Ex62784 IIIC T x°C Dc“ und Bildzeichen „62784“ – oder
- „Geräte der Bauart Zone 22“ sein, für Staubklasse L (nach DIN EN 60335-2-69 Anhang AA) geeignet und zusätzlich nach DIN EN 60335-2-69 Anhang CC geprüft sein.⁹

Sauger, die nur außerhalb explosionsgefährdeter Bereiche eingesetzt werden, müssen

- nach den Angaben in der Betriebsanleitung des Herstellers Sauger und Zubehör zum Aufsaugen von brennbaren Stäuben geeignet sein oder
- alle folgenden Anforderungen erfüllen:
 - elektrostatisch ableitfähiges Saug-Set ($< 10^6 \Omega$ über gesamte Set-Länge)
 - geräteinterne Prallflächen aus nicht funkenreißendem Material
 - Geräte nach DIN EN 60335-2-69:2015-07 Anhang AA, Staubklasse M oder H
 - getrennte Kühl- und Prozessluftführung (Motorkühlung und Absaugluft)
 - Oberflächentemperaturen $< 135^\circ\text{C}$ an Flächen im staubbeladenen Bereich (Bereich vor dem Hauptfilter, der betriebsmäßig mit Staub in Berührung kommt).

Weitere Nutzungseinschränkungen, die sich in der Betriebsanleitung finden, wie zum Beispiel das Verbot, bestimmte Stäube einzusaugen, müssen ebenfalls beachtet werden. Stäube mit extrem niedriger Mindestzündenergie MZE $< 1\text{ mJ}$ sind in den anzuwendenden Normen ausgeschlossen, so dass erforderlichenfalls die Eignung für derartige Stäube vom Hersteller ausdrücklich zu bestätigen ist.

Es ist immer zu beachten, dass keine Zündquellen eingesaugt werden dürfen.

Weiterführende Literatur:

- Staubklassen für Industriestaubsauger, Entstauber und Kehrsaugmaschinen (Juli 2023), IFA
- DGUV Information 209-084 „Industriestaubsauger und Entstauber“ (Februar 2017)
- Leitfaden Explosionsschutzdokument für handwerkliche und kleine Backbetriebe, Arbeitssicherheitsinformation (ASI) 8.52 (Stand: 08/23), BGN

⁹ Staubsauger, die nach ZH 1/487 mindestens der Staubklasse S entsprechen sowie als B1-Sauger ausgewiesen sind (Kennzeichnung „B1“), konnten bis 2003 in Verkehr gebracht werden. Sie erfüllen vergleichbare Sicherheitsstandards wie Staubsauger nach DIN EN 62784 und können weiter sicher in Zone 22 eingesetzt werden, wenn sie keine technischen Mängel aufweisen.

5 Angebote der BG RCI

5.1 Was bietet die BG RCI ihren Mitgliedsunternehmen auf dem Gebiet des Staubexplosionsschutzes an?

Die BG RCI hält umfangreiche Angebote speziell für ihre Mitgliedsunternehmen bereit:

- Federführende Bearbeitung und Aktualisierung der folgenden Medien und Beratungen zu den angesprochenen Themen:
 - Explosionsschutz-Regeln (EX-RL, DGUV Regel 113-001) – siehe Kapitel 3 dieser Schrift
 - Elektrostatik – siehe auch Frage 5.2 dieser Schrift
 - IVSS-Broschüren „Explosionsschutz“ – siehe auch Frage 5.3 dieser Schrift
 - Merkblätter, wie zum Beispiel
 - A 016 und A 017 zur Gefährdungsbeurteilung
 - T 049: Explosionsschutz – Antworten auf häufig gestellte Fragen
 - T 050: Explosionsschutz an Maschinen – Antworten auf häufig gestellte Fragen
 - T 051: Elektrostatik – Antworten auf häufig gestellte Fragen
 - R 003: Sicherheitstechnische Kenngrößen – Ermitteln und bewerten (DGUV Information 213-065) – siehe auch Frage 5.4 dieser Schrift
 - Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien GisChem – siehe Frage 5.7 dieser Schrift
 - Filme und CD-ROMs – siehe Fragen 5.8, 5.9 und 5.11 dieser Schrift
 - Videospots – siehe Frage 5.10 dieser Schrift
- Explosionsschutzportal unter www.exinfo.de – siehe Frage 5.12 dieser Schrift
- Beratungsangebote durch Expertinnen und Experten – siehe auch Kapitel 6 dieser Schrift
- Experimentalvortrag im Rahmen von betriebsbezogenen Seminaren – siehe auch Frage 6.4 dieser Schrift
- Seminare zum Thema „Explosionsschutz“ – siehe auch Kapitel 7 dieser Schrift

5.2 Was behandelt das Merkblatt T 033 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“ DGUV Information 213-060)¹⁰?

Das Merkblatt gliedert sich in die folgenden Abschnitte:

- Anwendungsbereich
- Begriffsbestimmungen
- Elektrostatische Aufladungen von Gegenständen und Einrichtungen
- Elektrostatische Aufladungen beim Umgang mit Flüssigkeiten
- Elektrostatische Aufladungen beim Umgang mit Gasen
- Elektrostatische Aufladungen beim Umgang mit Schüttgütern
- Elektrostatische Aufladung von Personen und persönlichen Schutzausrüstungen (PSA)
- Erdung und Potenzialausgleich

In den Anhängen werden spezielle Informationen zu folgenden Themen gegeben:

- Auf- und Entladungsvorgänge in der Elektrostatik
- Rohre und Schläuche für den pneumatischen Transport von Schüttgütern
- Bauarten von flexiblen Schüttgutbehältern (FIBC)
- Elektrischer Schlag
- Erdung und Potenzialausgleich
- Leitfähigkeiten und Relaxationszeiten ausgewählter Flüssigkeiten
- Mindestzündenergie und Mindestzündladung brennbarer Gase und Dämpfe
- Typische Widerstände von Fußböden und Fußbodenbelägen
- Veranschaulichung von Begriffen zur Beschreibung elektrostatischer Eigenschaften



¹⁰ Siehe Anhang Nr. 27

Die Schrift eignet sich in hervorragender Weise für die Beurteilung und die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen in explosionsgefährdeten Bereichen. Die textlichen Ausführungen werden durch Beispiele ergänzt. Der Text der Schrift ist wortgleich mit der TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“.

5.3 Was sind IVSS-Broschüren? Welche gibt es zum Thema „Staubexplosionen“?

Die Vorstände der Sektionen „Chemie“ beziehungsweise „Maschinen- und Systemsicherheit“ der Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) haben eine gemeinsame Arbeitsgruppe „Explosionsschutz“ eingesetzt, um den internationalen Erfahrungsaustausch unter Fachleuten zu fördern und für bestimmte Probleme gemeinsam Lösungen zu erarbeiten. Sie wollen auf diesem Weg einen Beitrag zu einem hohen und unter Industrieländern vergleichbaren Stand der Technik auf dem Gebiet des Explosionsschutzes leisten und ihr Wissen auch den industriell noch weniger entwickelten Ländern weitergeben.

Die IVSS-Broschüren sollen zum Beispiel Betriebsleiterinnen, Betriebsleitern und Fachkräften für Arbeitssicherheit die Möglichkeit geben, ohne spezielle Kenntnisse auf dem Gebiet des Explosionsschutzes im eigenen Betrieb zu beurteilen, ob Explosionsgefahren bestehen können. Zur Lösung der Frage, ob Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich und möglich sind, sind die Broschüren in der Regel nicht gedacht, hierfür ist das Wissen der Expertinnen und Experten erforderlich. Mit ihren aussagefähigen Bildern bieten die IVSS-Broschüren jedoch eine wertvolle Grundlage für Unterweisungen der Beschäftigten auf dem Gebiet des Explosionsschutzes. Die folgenden Broschüren¹¹ zum Thema „Staubexplosionen“ sind verfügbar:

- Staubexplosionen – Schutz vor Explosionen durch brennbare Stäube (ISSA-32)
- Statische Elektrizität – Zündgefahren und Schutzmaßnahmen (ISSA-35)
- Praxishilfen zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes (ISSA-36)
- Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten – Grundlagen (ISSA-37)
- Beispielsammlung „Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten“ Teil 1: Mühlen, Brecher, Mischer, Abscheider, Siebmaschinen (ISSA-38)
- Beispielsammlung „Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten“ Teil 2: Stetigförderer, Übergabestellen und Empfangsbehälter (ISSA-39)
- Vermeiden wirksamer Zündquellen in explosionsgefährdeten Bereichen (ISSA-40)
- Staubexplosionsergebnisse: Analysen von Staubexplosionen in Industrie und Gewerbe – Ursachen, Lehren und Maßnahmen (ISSA-43)
- Dust Explosion Incidents: Their Causes, Effects and Prevention (ISSA-43e)

5.4 Was behandelt die Merkblattreihe „Anlagensicherheit“?

Ziel der Merkblattreihe ist es,

- auf mögliche Gefahren durch exotherme Reaktionen hinzuweisen, die im Normalbetrieb oder bei Abweichungen hiervon auftreten können und
- geeignete Maßnahmen zum Schutz von Beschäftigten, Nachbarschaft, Umwelt und Sachgütern gegen diese Gefahren aufzuzeigen.

Die Merkblattreihe richtet sich an Verantwortliche aus Produktion, Forschung, Projektierung und Anwendungstechnik sowie an Personen, die mit der sicherheitstechnischen Überwachung von Anlagen betraut sind. In erster Linie soll sie unterstützen bei der

- Bewertung des Normalbetriebs und möglicher Auswirkungen bei Abweichungen,
- Ermittlung von Gefahren und ihrer Ursachen,
- Festlegung der erforderlichen Maßnahmen und Verhaltensregeln,
- Ausarbeitung von Betriebsvorschriften und Betriebsanweisungen,
- Durchführung von Unterweisungen sowie Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen.

¹¹ Siehe Anhang Nr. 69–77

Aus der Merkblattreihe ist für den Staubexplosionsschutz insbesondere folgende Ausgabe von Bedeutung:

- R 003: Sicherheitstechnische Kenngrößen – Ermitteln und bewerten (DGUV Information 213-065)¹²



5.5 Was behandeln die Merkblätter T 049, T 050, T 053, T 055 „Antworten auf häufig gestellte Fragen“ zu den Themen

- **Explosionsschutz**
- **Explosionsschutz an Maschinen**
- **Entzündbare Flüssigkeiten**
- **Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz?**¹³

In den Merkblättern T 049, T 050, T 053 und T 055 werden Antworten auf die am häufigsten gestellten Fragen zum Explosionsschutz gegeben. Die Fragen sind unter anderem in die folgenden Themenbereiche gegliedert:

- Vorschriften
- Umsetzung der Explosionsschutz-Regeln
- Gefährdungsbeurteilung/Explosionsschutzdokument
- Angebote der BG RCI
- Expertinnen und Experten
- Qualifizierung
- Weiterführende Literatur

Die Antworten auf die Fragen wurden in Fachkreisen beraten.

5.6 Was behandelt das Merkblatt T 051 „Elektrostatik – Antworten auf häufig gestellte Fragen“¹⁴?

Im Merkblatt T 051 „Elektrostatik – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ werden Antworten auf die am häufigsten gestellten Fragen zur Elektrostatik gegeben. Die Fragen sind in die folgenden Themenbereiche gegliedert, die sich an der Gliederung der TRGS 727 (Merkblatt T 033) orientieren:

- Begriffsbestimmungen
- Elektrostatische Aufladungen beim Umgang mit Gegenständen und Einrichtungen
- Elektrostatische Aufladungen bei Tätigkeiten mit Flüssigkeiten
- Elektrostatische Aufladungen bei Tätigkeiten mit gasförmigen Stoffen
- Elektrostatische Aufladungen beim Umgang mit Schüttgütern
- Elektrostatische Aufladungen von Personen und persönlichen Schutzausrüstungen (PSA)
- Erdung und Potenzialausgleich
- Angebote der BG RCI
- Expertinnen und Experten
- Weiterführende Literatur

Die Antworten der Fragen wurden in Fachkreisen beraten.

¹² Siehe Anhang Nr. 26

¹³ Siehe Anhang Nr. 28, 29, 31 und 32

¹⁴ Siehe Anhang Nr. 30

Bitte beachten Sie: Ergänzungen und Änderungen zu den Fachfragen werden vorab im Explosionsschutzportal der BG RCI (www.exinfo.de) eingestellt.

5.7 Was ist GisChem¹⁵?

Mit diesem branchenspezifischen Informationssystem sollen vor allem Klein- und Mittelbetriebe bei der Umsetzung des Gefahrstoffrechts unterstützt werden.

Für ausgewählte Gewerbezeige können die relevanten Stoff- und Produktgruppendatenblätter sowie ergänzbare Entwürfe für Betriebsanweisungen abgerufen werden.

Stoffdaten und Vorschrifteninhalte sind so aufbereitet, dass den Nutzerinnen und Nutzern leicht verständliche und möglichst knappe, branchenbezogene Handlungsanleitungen auch zum Explosionsschutz zur Verfügung stehen.

Im Stoffdatenblatt unter den Abschnitten

- Charakterisierung (zum Beispiel untere und obere Explosionsgrenze, Mindestzündtemperatur der Staubwolke oder Staubschicht),
- Explosionsgefahren/Gefährliche Reaktionen und
- Brand- und Explosionsschutz

sind wertvolle Hinweise für die Nutzerinnen und Nutzer hinsichtlich des Explosionsschutzes zu finden.

Außerdem bietet GisChem weitere nützliche Module an:

- Gemischrechner für die Einstufung und Kennzeichnung von Gemischen im GHS-System ausgehend von den Einzelstoffen
- GisChem-Interaktiv für die Erstellung der eigenen Betriebsanweisung ausgehend vom Sicherheitsdatenblatt sowie zur Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach Gefahrstoffverordnung
- Gefahrstoffverzeichnis für das Online-Erstellen und -Führen eines Gefahrstoffverzeichnisses
- Ein Gefahrstoffglossar, eine umfangreiche Linksammlung zu GHS und Lernspiele zu Gefahrstoffen, GHS und Zusammenlagerung

5.8 Was enthält die CD-ROM „Explosionen – Gefahren und Schutzmaßnahmen“¹⁶?

Dieses Lernprogramm demonstriert anhand eindrucksvoller Experimente, wie es zu Explosionen kommen kann. Es vermittelt wichtige Kenntnisse über die Eigenschaften entzündbarer Stoffe sowie die chemischen und physikalischen Vorgänge, die zu Explosionen führen. Das Programm basiert auf einem Experimentalvortrag, den der Bereich Chemie der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt seit Jahren mit großem Erfolg einsetzt.

Die einzelnen Demonstrationen gliedern sich in folgende Teile:

- Beschreibung des Versuchs (Aufbau)
- Vorführen des Experiments (Experiment)
- Analyse des Experiments (Analyse)

Im analytischen Teil werden Experimente im Zeitraffer oder in Zeitlupe gezeigt, damit die Anwenderinnen und Anwender auch die sehr langsamen beziehungsweise schnellen Abläufe genau mitverfolgen können. Zudem besteht die Möglichkeit der Einzelbildschaltung.

Bitte beachten Sie, dass die rechtlichen Bezüge nicht mehr aktuell sind. Da die physikalisch-chemischen Zusammenhänge unverändert gültig sind, bieten wir das Produkt trotzdem noch an.

¹⁵ Siehe Anhang Nr. 97

¹⁶ Siehe Anhang Nr. 91

5.9 Was beinhaltet der Film „Staubexplosionen“¹⁷?

Explosionen in Produktionsanlagen verursachen jährlich hohe Schäden. Auch Menschenleben sind dabei zu beklagen. Der Film greift diese Tatsache auf und zeigt demonstrativ, welche Energien bei Explosionen freigesetzt werden können.

Der Film eignet sich hervorragend als Einstieg in Diskussionen zu Schwerpunktthemen des Explosionsschutzes, wie Vermeiden der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre, Vermeiden wirksamer Zündquellen und konstruktiver Explosionsschutz.

Dauer: 7 Minuten

Der Lehrfilm „Staubexplosionen“ kann kostenpflichtig unter folgender Anschrift bezogen werden:

Dr. Peter Krommes

Dr.-Ried-Straße 5 | 92318 Neumarkt

Telefon: 09181 254330 | Fax: 09181 5026760

E-Mail: mail@krommes.net

5.10 Welche Videospots bietet die BG RCI zum Thema Staubexplosionen an?

Die von den Fachexpertinnen und -experten Explosionsschutz der BG RCI erstellten Videospots behandeln wesentliche Schwerpunkte des modernen Explosionsschutzes.

Sie richten sich an

- Führungskräfte,
- Betriebs- beziehungsweise Personalräte und Betriebs- beziehungsweise Personalrätinnen,
- Fachkräfte für Arbeitssicherheit,
- Ausbilderinnen und Ausbilder,
- Planerinnen, Planer, Herstellerinnen, Hersteller sowie Betreiberinnen und Betreiber von explosionsgefährdeten Anlagen,
- Beschäftigte von Aufsichtsbehörden und Prüfstellen und
- Vertreterinnen und Vertreter der Unfall- und Sachversicherungsträger.

Alle nachfolgenden Videospots sowie eine Zusammenfassung zur DVD „Konstruktiver Explosionsschutz“ können im Explosionsschutzportal der BG RCI unter www.exinfo.de (Seiten ID: #1UXC) kostenlos heruntergeladen oder gestreamt werden.

Explosionsschutz an Maschinen

Am Beispiel einer Siebmaschine aus der pharmazeutischen Industrie werden verschiedene Konzepte des Explosionsschutzes dargestellt: Überdrucküberwachung, erhöhte Sicherheit und Vergusskapselung. Darüber hinaus erläutert das Video die Kennzeichnung explosionsgeschützter Betriebsmittel.

Dauer: 4 Minuten

Elektrostatik 1: Entladungsarten

Der Film zeigt die Entstehung elektrischer Aufladungen und die Zündwirksamkeit der wichtigsten Entladungsarten. Gegenmaßnahmen, mit denen gefährlichen Aufladungen begegnet werden kann, werden vorgestellt.

Dauer: 7 Minuten

Elektrostatik 2: Gegenstände geringer Dicke und Folien

Gegenstände geringer Dicke und Folien wirken oft wie Kondensatoren: Sie speichern größere Mengen elektrische Energie als dicke Gegenstände gleicher Größe. Der Film geht auf die Besonderheiten dünner Gegenstände und Folien ein und beschreibt die sogenannte Gleitstielbüschelentladung.

Dauer: 5 Minuten

¹⁷ Siehe Anhang Nr. 92

Elektrostatik 4: Schüttgut

Schüttgut besitzt eine höhere Mindestzündenergie als die meisten Dämpfe von Flüssigkeiten. Andererseits entstehen beim Handhaben von Schüttgut oft hohe Aufladungen, die zu zündwirksamen Entladungen führen können. Der Film zeigt Maßnahmen für sicheres Arbeiten mit Schüttgut und für die richtige Auswahl von FIBC („Big Bags“).

Dauer: 6 Minuten

5.11 Was zeigt der Film „Keine Abstimmung – Große Wirkung“¹⁸?

Um einen sicheren Anlagenbetrieb zu gewährleisten, bedarf es im organisatorischen Bereich neben der Festlegung von Verantwortlichen, Kompetenzen und Handlungsanweisungen auch der Festlegung der Wege für Koordination und Kommunikation zwischen allen verantwortlichen Stellen.

Im Film wird dieser Problembereich aufgegriffen und – ausgehend von einem realen Ereignis – dargestellt, wie Mängel im Betriebsmanagement zu einem schwerwiegenden Unfall führen können: In einer Chemieanlage wurden bei laufendem Betrieb zahlreiche Modernisierungs- und Erweiterungsprojekte mit Fremdfirmenbeteiligung durchgeführt; unter anderem waren Schweißarbeiten an einem Lagertank für Formalin notwendig. Die Schweißarbeiten wurden wie geplant begonnen, kurz danach explodierte jedoch der Tank. Bei diesem Unfall wurden zwei Beschäftigte der Fremdfirma getötet, mehrere andere Personen zum Teil schwer verletzt.

Dauer: 12 Minuten

5.12 Welche speziellen Angebote und Informationen bietet das Explosionsschutzportal der BG RCI?

Im Explosionsschutzportal der BG RCI unter www.exinfo.de findet man folgende Menüpunkte:

- News
- EX-RL – Beispielsammlung
- FAQ
- Ex-Schutz-Wissen
- Gaswarneinrichtungen und Gaswarngeräte
- Dokumente
- IVSS
- Veranstaltungen
- Videos
- Wichtige Links
- Kontakt

Neben dem aktuellen Newsletter können auch frühere Ausgaben nachgesehen werden.

Des Weiteren finden sich unter Dokumenten wichtige Links zum aktuellen europäischen wie deutschen Regelwerk. Die umfangreiche Liste funktionsgeprüfter Gaswarngeräte (Anlage 3 der EX-RL) ist ebenfalls unter dem Pfad EX-RL – Beispielsammlung – DGUV Regel 113-001 eingestellt.

Im Menüpunkt FAQ werden Antworten auf häufig gestellte Fragen gegeben. Im Menüpunkt Ex-Schutz-Wissen wird über die aktuelle Forschung berichtet.

¹⁸ Das Video steht als Stream und als kostenloser Download unter www.bgrci.de/videos zur Verfügung.

6 Expertinnen und Experten

6.1 Welche Expertinnen und Experten gibt es zu Fragen des Staubexplosionsschutzes?

Expertinnen und Experten sind immer dann hinzuzuziehen, wenn nach Anwendung von Explosionsschutz-Regeln (EX-RL, DGUV Regel 113-001), Technischen Regeln sowie Merkblättern der BG RCI und weiteren Informationsquellen Fragen offen bleiben.

Dr. Andreas Arnold	Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN) Dynamostraße 7–11 68165 Mannheim Tel.: 0621 4456-3489 E-Mail: andreas.arnold@bgn.de
Dipl.-Ing. René Dworschak Dipl.-Ing. Jörg Meisters	INBUREX Consulting GmbH Forschungs- und Prüflabor Auf der Alm 1 59519 Möhnesee Tel.: 02924 8790230 E-Mail: infos@inburex.com
Dr. Jürgen Franke	consilab Gesellschaft für Anlagensicherheit mbH Industriepark Höchst, G830 Brüningstraße 50 65929 Frankfurt/Main Tel.: 069 305-16658 E-Mail: juergen.franke@consilab.de
Dr. Ute Hesener	Covestro Deutschland AG COV-CTO-HSEQ-PPS E54 51373 Leverkusen Tel.: 0214 60097089 E-Mail: ute.hesener@covestro.com
Dr. Jochen Hübner	DEKRA Testing and Certification GmbH Explosionsschutz Dinnendahlstraße 9 44809 Bochum Tel.: 0234 3696-177 Fax: 0234 3696-150 E-Mail: jochen.huebner@dekra.com
Dr.-Ing. Alexey Leksin	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstraße 111 53757 Sankt Augustin Tel.: +49 30 13001-3350 E-Mail: Alexey.Leksin@dguv.de
Joachim Lucas	IBExU Institut für Sicherheitstechnik GmbH Fuchsmühlenweg 7 09599 Freiberg Tel.: 03731 380536 E-Mail: j.lucas@ibexu.de
Dr.-Ing. Marc Scheid	FireEx Consultant GmbH Stieräcker 20 CH-5070 Frick Tel.: +41 (0) 76 384 2477 E-Mail: m.scheid@fireex.ch

6.2 Wo können Untersuchungen zum Explosionsverhalten von Stäuben durchgeführt werden?

Untersuchungen zu sicherheitstechnischen Kenngrößen können zum Beispiel an folgenden Einrichtungen durchgeführt werden:

Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)
Fachbereich 3, Referat 3.5
Alte Heerstraße 111
53757 St. Augustin

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Abteilung 2 – Chemische Sicherheitstechnik
Unter den Eichen 87
12205 Berlin

DEKRA Testing and Certification GmbH
Explosionsschutz
Dinnendahlstraße 9
44809 Bochum

Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN)
Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin
Dynamostraße 7–11
68165 Mannheim

Swissi Process Safety GmbH
Mattenstraße 24
CH-4002 Basel

Labor zur Bestimmung sicherheitstechnischer Kenngrößen
Steinbeis-Transferzentrum integrative Sicherheit
Reiterstraße 13
42105 Wuppertal

Wilhelm-Jost-Institut e. V.
Auf der Alm 1
59519 Möhnesee

Hochschule Mannheim
Fakultät Verfahrens- und Chemietechnik
Institut Apparatebau und Anlagensicherheit
Windeckstraße 110
68163 Mannheim

INBUREX Consulting GmbH
August-Thyssen-Straße 1
59067 Hamm

IBExU
Institut für Sicherheitstechnik GmbH
Fuchsmühlenweg 7
09599 Freiberg

consilab
Gesellschaft für Anlagensicherheit mbH
Industriepark Höchst, G 830
65926 Frankfurt am Main

6.3 Wo können Stoffe hinsichtlich elektrostatischer Eigenschaften untersucht werden?

DR BLUM Elektrostatics
An der Margarethenkapelle 4
44227 Dortmund
E-Mail: carsten.blum@drblum.de
www.drblum.de

CONSILAB Gesellschaft für Anlagensicherheit mbH
Industriepark Höchst, G830, Labor E06
65926 Frankfurt am Main
E-Mail: juergen.franke@consilab.de
www.consilab.de

DEKRA Testing and Certification GmbH
Explosionsschutz
Dinnendahlstr. 9
44809 Bochum
E-Mail: Malte.Mittag@dekra.com
DEKRA Testing & Certification GmbH

6.4 Wer besitzt Spezialkenntnisse auf dem Gebiet „Exotherme Reaktionen“?

Ansprechpartner und federführender Bearbeiter der Merkblattreihe „Anlagensicherheit“ der BG RCI (siehe Frage 5.4 dieser Schrift) ist:

Dr. Joachim Sommer	BG RCI Kurfürsten-Anlage 62 69115 Heidelberg	Tel.: 06221 5108 28213 E-Mail: joachim.sommer@bgrci.de
--------------------	--	---

6.5 Wer in der Spartenprävention der BG RCI hält, zum Beispiel im Rahmen von betriebsbezogenen Seminaren, den Experimentalvortrag „Brand- und Explosionsschutz“?

In der nachfolgenden Tabelle wird eine Übersicht über die Personen gegeben, die den Experimentalvortrag „Brand- und Explosionsschutz“ durchführen¹⁹:

Dr. Sonja Findeisen-Tandel	BG RCI Amthorstraße 12 07545 Gera	Tel.: 06221 5108-24320 E-Mail: sonja-findeisen-tandel@bgrci.de
Dr. Peter Illner	BG RCI Südwestpark 2 und 4 90449 Nürnberg	Tel.: 06221 5108-24825 E-Mail: peter.illner@bgrci.de
Dipl.-Ing. Thomas Maus	BG RCI Kurfürsten-Anlage 62 69115 Heidelberg	Tel.: 06221 5108-24650 E-Mail: thomas.maus@bgrci.de
Gerhard Niehus	BG RCI Borsteler Chaussee 51 22453 Hamburg	Tel.: 06221 5108-25730 E-Mail: gerhard.niehus@bgrci.de
Dr. Jörg Przygodda	BG RCI Amthorstraße 12 07545 Gera	Tel.: 06221 5108-24350 E-Mail: joerg.przygodda@bgrci.de
Dirk Tatge	BG RCI Borsteler Chaussee 5 22453 Hamburg	Tel.: 06221 5108-24424 E-Mail: dirk.tatge@bgrci.de
Svenja Weigel	BG RCI Dörrenbergweg 38 35321 Laubach	Tel.: 06221 5108-27515 E-Mail: svenja.weigel@bgrci.de
Dirk Tatge	BG RCI Borsteler Chaussee 5 22453 Hamburg	Tel.: 06221 5108-24424 E-Mail: dirk.tatge@bgrci.de
Svenja Weigel	BG RCI Dörrenbergweg 38 35321 Laubach	Tel.: 06221 5108-27515 E-Mail: svenja.weigel@bgrci.de

¹⁹ Anfragen zum Vortrag über die für Ihren Betrieb zuständige Aufsichtsperson

7 Qualifizierung

Die BG RCI bietet Basis- und Aufbau Seminare für verschiedene Zielgruppen an. Eine aktuelle Übersicht über Zielgruppen, Inhalte und Termine erhalten Sie im Internet unter:

seminare.bgrci.de/de/explosionsschutz_brandschutz

8 Weiterführende Literatur

8.1 Welche Bücher zum Explosionsschutz können beispielhaft empfohlen werden?

Als Grundlagenwerke für Theorie und Praxis des Explosionsschutzes können beispielhaft empfohlen werden:

- Bartknecht, W.; Pellmont, G.: Fachbuch Bartknecht/Pellmont „Explosionstechnik“. 2020 (siehe Frage 8.4 dieser Schrift)
- BIA-Report 11/97: Dokumentation Staubexplosionen – Analyse und Einzelfalldarstellung. 1997 (siehe Frage 8.10 dieser Schrift)
- Croissant, André: Elektroinstallation im Ex-Bereich, Hüthig, 2018
- Dyrba, Berthold: Kompendium Explosionsschutz – Sammlung der relevanten Vorschriften zum Explosionsschutz mit Fragen und Antworten für die Praxis. 2025 (siehe Frage 8.6 dieser Schrift)
- Dyrba, Berthold: Praxishandbuch Zoneneinteilung – Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen. 2019 (siehe Frage 8.7 dieser Schrift)
- Lottermann, Johannes Wilhelm: Ansätze zur integrierten Brand- und Explosionssicherheit – Entwicklung, Validierung und normative Verankerung einer bilateralen, kohärenten Beurteilungssystematik am Beispiel staubführender Anlagen. 2012 (siehe Frage 8.8 dieser Schrift)
- Lüttgens, u. a.: Statische Elektrizität – Durchschauen – Überwachen – Anwenden, 2019 (siehe Frage 8.2 dieser Schrift)
- Lüttgens, Günter: Praxislexikon Statische Elektrizität. 2022 (siehe Frage 8.3 dieser Schrift)
- Sohn, Dirk; Au, Michael: Anlagensicherheit im Betrieb. 2024 (siehe Frage 8.5 dieser Schrift)
- Steen, Henrikus: Handbuch des Explosionsschutzes. 2000 (siehe Frage 8.9 dieser Schrift)
- VDI-Richtlinie 2263: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen. 1992 (siehe Frage 8.11 dieser Schrift)
- VDI-Richtlinie 2263: Staubbrände und Staubexplosionen; Blätter (siehe Frage 8.12 dieser Schrift)
- VDI-Richtlinie 3673 Blatt 1: Druckentlastung von Staubexplosionen. 2002 (siehe Frage 8.13 dieser Schrift)

8.2 Was wird in dem Buch „Statische Elektrizität – Durchschauen – Überwachen – Anwenden“ dargestellt?

Dieses Buch vermittelt fundierte Grundlagen zu Verständnis und Kontrolle statischer Elektrizität. Es informiert den Leser und die Leserin über Brand- und Explosionsgefahren. Aus Aufladungen resultierende Entladungserscheinungen werden in dem Buch veranschaulicht.

Eingegangen wird auf folgende Schwerpunkte:

- Grundwissen zu Brand und Explosion, Gefahreneinschätzung
- Entstehung elektrostatischer Aufladungen
- Messtechnik
- Elektrostatische Gasentladungen und von ihnen ausgehende Gefahren
- Beseitigung störender Aufladungen
- Beschreibung von Demonstrationsexperimenten
- Fallstudien zu elektrostatisch bedingten Unfällen – Untersuchungsstrategien
- Gezielter Einsatz von Aufladungen
- Normungen im Fachgebiet Elektrostatik (national, europäisch und international)
- Mathematischer Werkzeugkasten

Bezugsquelle: Wiley-Verlag, ISBN 978-3-527-41372-0

8.3 Was beinhaltet das „Praxislexikon Statische Elektrizität“?

Das Lexikon erklärt alle Begriffe aus dem Bereich der Statischen Elektrizität, stellt die Beurteilungskriterien und die messtechnischen Möglichkeiten zusammen, zeigt im Formelanhang die relevanten Beziehungen statischer Elektrizität, befasst sich mit den elektrostatischen Aufladungen als Ursache von Bränden und Explosionen, führt durch den von Anglizismen dominierten sprachlichen Dschungel elektrostatischer Störungen in der Mikroelektronik, listet die aktuellen Normen auf, die einen Bezug zur elektrostatischen Aufladung haben, und erläutert elektrostatische Verfahren, Geräte und Systeme.

Bezugsquelle: Expert-Verlag, ISBN 978-3-8169-3506-3

8.4 Was steht im Fachbuch „Explosionstechnik“?

Das unter Experten des Explosionsschutzes bekannte Fachbuch „Explosionsschutz – Grundlagen und Anwendung“ von Wolfgang Bartknecht wurde von Günther Pellmont als siebenbändige Reihe unter dem Titel „Explosionstechnik“ in überarbeiteter Fassung neu herausgebracht.

Der „Bartknecht“ ist ein Standardwerk, das einen erheblichen Einfluss auf das Regelwerk zum Explosionsschutz hatte und seit Jahrzehnten von Experten herangezogen wird, wenn es um die Beurteilung von Explosionsgefahren und Schutzmaßnahmen geht. Nach der Veröffentlichung von 1993 war noch eine letzte Überarbeitung geplant, die auch eine rückblickende Gesamtbewertung seiner Ergebnisse durch Bartknecht selbst beinhalten sollte. Dr. Pellmont, Bartknecht-Schüler und selbst langjähriger Explosionsschutzfachmann, hat den Nachlass gesichtet und die ausstehende Überarbeitung vorgenommen.

Eine wesentliche Aussage, die herauszustellen ist, ist der Hinweis auf die oftmals sehr begrenzte Aussagekraft von Extrapolationen und die Warnung vor unkritischer Verallgemeinerung von Aussagen, die unter den Randbedingungen der Versuche erhalten werden. Diese Aufforderung zur kritischen Betrachtung, wenn es um Schlussfolgerungen aus der Übertragung von Versuchsdaten auf reale industrielle Prozesse geht, will nicht die richtungsweisenden Forschungen Bartknechts herabwürdigen, sondern vielmehr den Praktiker wie den Forscher daran erinnern, dass es sich um ein komplexes Themenfeld handelt, bei dem viele Aspekte noch untersucht werden wollen. Wenn man in dieser Buchreihe die Entwicklung der Explosions(schutz/untersuchungs)technik in den letzten hundert Jahren sieht, wird man vermutlich auch bei der Beurteilung konkreter Fragestellungen einen erweiterten Blick entwickeln, der eine schnelle, unreflektierte Übertragung von scheinbaren Patentlösungen verhindert.

Die Bücher können direkt beim Verfasser bestellt werden. Die Titel lauten:

Band 1: Sicherheitskenngrößen

Band 2: Vorbeugender Explosionsschutz

Band 3.1: Konstruktiver Explosionsschutz 1

Band 3.2: Konstruktiver Explosionsschutz 2

Band 4: Spezialfälle

Band 5: Zusammenfassung

Band 6: Verzeichnisse/Definitionen

Bestellung ist möglich unter:

www.pellmont.com/wp-content/uploads/2021/01/Bestellformular.pdf

8.5 Was steht im Buch „Anlagensicherheit im Betrieb“?

In der Reihe „Handbücher zum Betriebssicherheitsmanagement“ ist Band 3 „Anlagensicherheit im Betrieb“, in dem die Themen „Anlagen und Arbeitsmittel“ sowie „Explosionsschutz“ behandelt werden, erschienen.

Band 3 der Reihe „Handbücher zum Betriebssicherheitsmanagement“ behandelt die Schwerpunktthemen „Grundlagen der Sicherheit von Anlagen und Arbeitsmitteln“ und „Explosionsschutz“. Nach einer Einführung in fachliche und rechtliche Grundlagen wird für wesentliche Phasen im Lebenszyklus der Anlage (Neuplanung, Änderungen, Sicherer Betrieb, Störungen, Wartung, Instandhaltung und Prüfungen) erläutert, worauf es ankommt, um eine sichere Arbeitsgestaltung zu gewährleisten und den rechtlichen Anforderungen zu genügen. Das Werk will eine Orientierung zum Einstieg in die Themen geben,

vor allem aber auch Hilfestellung sein bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung sowie der Festlegung und Umsetzung erforderlicher Maßnahmen zum sicheren Betrieb. Deshalb enthält das letzte Kapitel Praxishilfen und Checklisten sowohl für Anlagen und Arbeitsmittel als auch zum Explosionsschutz.

Bezugsquelle: Erich Schmidt Verlag, ISBN 978-3-503-23707-4,
eBook: ISBN 978-3-503-23708-1

8.6 Was steht im „Kompendium Explosionsschutz – Sammlung der relevanten Vorschriften zum Explosionsschutz mit Fragen und Antworten für die Praxis“?

Das Vorschriften- und Regelwerk in Deutschland ist gegenwärtig im Umbruch. Auch das Spezialgebiet „Explosionsschutz“ ist davon betroffen.

Bei den Anwenderinnen und Anwendern der Explosionsschutz-Regelungen treten vielfältige Unsicherheiten auf, die sich in den hier bearbeiteten Fragestellungen wiederfinden.

Das Kompendium besteht aus zwei Teilen. Im dreibändigen Teil A findet man auf über 1 100 Fragen zum Explosionsschutz die entsprechenden Antworten. Teil B ist ein Anhang, der die wichtigsten Regelungen zum Explosionsschutz enthält. Hervorzuheben sind die umfangreichen Inhalte auf der CD-ROM. Neben den Fragen und Antworten sind über 80 Vorschriften und Normen, acht Film- beziehungsweise Videoausschnitte, vier Power-Point-Präsentationen und weitere wertvolle Informationen zum Explosionsschutz enthalten. Das Werk wird durch Ergänzungslieferungen (ca. viermal jährlich) aktuell gehalten und ausgebaut.

Bezugsquelle: Wolters Kluwer Deutschland GmbH, Hürth. ISBN: 978-3-452-25836-6

8.7 Was beinhaltet das „Praxishandbuch Zoneneinteilung – Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen“?

Das Praxishandbuch zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen

- baut Unsicherheiten bei der Beurteilung von Dauer und Häufigkeit einer gefährlichen, explosionsfähigen Atmosphäre ab,
- schafft eine verlässliche Grundlage für die Zoneneinteilung,
- greift Problemstellungen aus der Praxis auf und zeigt Lösungsvorschläge auf,
- stellt bisher nur in tabellarischer Form vorhandene Beispiele aus den Explosionsschutz-Regeln grafisch erstmals in 3-D-Animation dar,
- verweist auf die wichtigsten Quellen zum Thema und
- stellt den Erkenntnisstand auf diesem Gebiet zusammenfassend dar.

Bezugsquelle: Wolters Kluwer Deutschland GmbH, Hürth. ISBN: 978-3-452-30294-6

8.8 Was steht im Fachbuch „Ansätze zur integrierten Brand- und Explosionssicherheit“?

Die an der Bergischen Universität Wuppertal durchgeführte Forschungsarbeit von Johannes Wilhelm Lottermann beschreibt eine neue Systematik zur integrierten Beurteilung der Brand- und Explosionssicherheit. Die Anwenderinnen und Anwender werden dabei am Beispiel staubführender Anlagen durch einen iterativen Beurteilungsprozess geleitet, um die Entwicklung ganzheitlicher, in sich widerspruchsfreier Brand- und Explosionsschutzkonzepte zu ermöglichen.

Bezugsquelle: Pro Business digital printing Deutschland GmbH, Berlin.
ISBN: 978-3-86386-313-5

8.9 Was steht in dem „Handbuch des Explosionsschutzes“ von Henrikus Steen?

Das Buch vermittelt Kenntnisse über Explosions- und Zündvorgänge. Die Eigenschaften von brennbaren beziehungsweise entzündbaren Gasen, Dämpfen, Flüssigkeiten, Nebeln und Stäuben werden beschrieben. In den letzten beiden Abschnitten befasst sich der Autor mit konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen und mit der Erfassung und Bewertung von Explosionsrisiken.

Bezugsquelle: Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim. ISBN: 978-3-527-29848-8

8.10 Was enthält der BIA-Report 11/97 „Dokumentation Staubexplosionen – Analyse und Einzelfalldarstellungen“?

Der Report stellt eine Sammlung von Kurzberichten über Staubexplosionen dar. Die vorliegenden Auswertungen stützen sich auf ca. 600 Staubexplosionsereignisse. Die statistischen Angaben decken den gesamten Beobachtungszeitraum des Staubexplosionsgeschehens in Deutschland bis einschließlich 1995 ab. Ziel der Dokumentation ist es, aus den Angaben anlagen- und zündquellenbezogene Ursachenschwerpunkte herauszuarbeiten. Die so gewonnenen Erkenntnisse können bei der Gefahrenbeurteilung und dem Erstellen von Risikoanalysen eine wertvolle Hilfe sein und letztlich auch einen nicht unerheblichen Aufklärungseffekt bewirken.

Bezugsquelle: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Alte Heerstraße 111, 53757 Sankt Augustin, www.dguv.de/ifa/index.jsp (Freier Download).
ISBN: 3-88383-463-7

8.11 Was wird in der VDI-Richtlinie 2263 „Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen“ behandelt?

In der Richtlinie werden die folgenden Themen vertieft:

- Gefahren durch brennbare Stäube
- Maßnahmen des Brandschutzes
- Maßnahmen des Explosionsschutzes
- Beispiele für wichtige Einzelmaßnahmen

Bezugsquelle: VDI Verlag GmbH, VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf, www.vdi-verlag.de

8.12 Was beinhalten die Blätter zur VDI-Richtlinie 2263 „Staubbrände und Staubexplosionen“?

Die Titel der Blätter zur VDI-Richtlinie 2263 lauten:

- Blatt 1: Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Sicherheitstechnische Kenngrößen von Schüttgütern
- Blatt 2: Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Inertisierung
- Blatt 3: Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate; Berechnung, Bau und Prüfung
- Blatt 4: Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Unterdrückung von Staubexplosionen
- Blatt 5: Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen – Explosionsschutz bei Wirbelschichtanlagen
- Blatt 5.1: Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen – Explosionsschutz bei Wirbelschichtanlagen – Hinweise und Ausführungsbeispiele für Herstellung und Betreiber
- Blatt 6: Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen
- Blatt 6.1: Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen – Beispiele
- Blatt 7: Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Sprühtrocknungsanlagen
- Blatt 7.1: Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Sprühtrocknungsanlagen – Beispiele
- Blatt 8: Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Elevatoren
- Blatt 8.1: Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Elevatoren – Beispiele
- Blatt 8.2: Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Explosionsunterdrckung und Kombination von konstruktiven Schutzmaßnahmen an Elevatoren
- Blatt 9: Gefahren – Beurteilungen – Schutzmaßnahmen – Bestimmungen des Staubungsverhaltens von Schüttgütern
- Blatt 10: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Mischern und Mischanlagen

Bezugsquelle: VDI Verlag GmbH, VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf,
www.vdi-verlag.de

8.13 Was steht in der VDI-Richtlinie 3673, Blatt 1 „Druckentlastungen von Staubexplosionen“?

Das Dokument beschreibt eine der möglichen Maßnahmen zur Minderung der Auswirkungen von Staubexplosionen und gibt Hinweise für die Auswahl und die Bemessung von Druckentlastungseinrichtungen. Die Explosionsdruckentlastung gilt als Schutzmaßnahme für Apparate, in denen brennbare Stäube gehandhabt werden. Das Dokument behandelt die Grundlagen für das Berechnen und für die konstruktive Gestaltung der Schutzmaßnahme Explosionsdruckentlastung bei Stuben und hybriden Gemischen.

Bezugsquelle: VDI Verlag GmbH, VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf,
www.vdi-verlag.de

9 Kleines Lexikon

Quelle: In Teilen Auszug aus dem „Lexikon Explosionsschutz – Sammlung definierter Begriffe des Explosionsschutzes und angrenzender Gebiete“ von B. Dyrba

- **ATEX 95/ATEX 100a**

Die erste europäische Richtlinie für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen trug die Nummer 94/9/EG und trat am 01.07.2003 in Kraft. Am 29.3.2014 ist auf europäischer Ebene die überarbeitete Version der Richtlinie 94/9/EG mit der Bezeichnung Richtlinie 2014/34/EU veröffentlicht worden. Sie erlangte am 20.4.2016 Gültigkeit und ist in Gestalt der 11. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Explosionsschutzprodukteverordnung – 11. ProdSV) in deutsches Recht überführt worden. Die Richtlinie 94/9/EG beruhte auf Artikel 100a des ersten Vertrages zur Gründung der EG und trug den Arbeitstitel ATEX 100a, abgeleitet aus „**AT**mosphères **EX**plosibles“. Durch eine Neunummerierung der Artikel des Vertrages änderte sich die Bezeichnung zu ATEX 95.

- **ATEX 137/ATEX 118a**

Neben der Richtlinie 2014/34/EU für die Beschaffenheit von Geräten wurde auch die Richtlinie 1999/92/EG über die Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können, erlassen. Diese Richtlinie beruht auf dem Artikel 118a des ersten Vertrages zur Gründung der EG und gibt Mindestvorschriften für Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber, die bei der Umsetzung in nationales Recht nicht unterschritten werden dürfen. In Deutschland ist diese Richtlinie über die Gefahrstoffverordnung umgesetzt. Sie trug den Arbeitstitel ATEX 118a, abgeleitet aus „**AT**mosphères **EX**plosibles“. Durch eine Neunummerierung der Artikel ist aus dem Artikel 118a der Artikel 137 geworden und daher wird sie auch als ATEX 137 bezeichnet.

- **Atmosphärische Bedingungen**

Atmosphärische Bedingungen im Sinne des Explosionsschutzes sind wie folgt definiert:

- Temperaturbereich: $-20\text{ °C} < T < 60\text{ °C}$
- Druckbereich: $0,8\text{ bar} < p < 1,1\text{ bar}$
- Oxidationsmittel: Luft mit 21 Vol.-% Sauerstoff

- **Ausdehnung der Zone**

Abstand vom Rand der Freisetzungsquelle in beliebiger Richtung bis zu dem Punkt, an dem keine besonderen Schutzmaßnahmen gegen die Gefahr, die sich aus der Freisetzung ergibt, mehr erforderlich sind.

- **Betriebssicherheitsverordnung**

Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) ist die „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln“ vom 3. Februar 2015 (Bundesgesetzblatt I, S. 49). Sie ist am 1. Juni 2015 in Kraft getreten und zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. Teil I 3146, S. 3170) geändert worden.

- **Brennbare Stäube**

Brennbare Stäube können bei Entzündung eine exotherme Reaktion mit Luft eingehen (siehe Frage 4.11).

- **Detonation**

Detonation ist eine Explosion, die sich mit Überschallgeschwindigkeit fortpflanzt. Sie ist gekennzeichnet durch eine Stoßwelle (TRGS 720).

Bemerkung: Untere und obere Detonationsgrenze ist der untere beziehungsweise obere Grenzwert der Konzentration eines brennbaren Stoffes in einem Gemisch von Gasen, Dämpfen, Nebeln und/oder Stäuben mit Luft, in dem sich in einem unendlich langen glatten Rohr eine stabile Detonation auch bei starker Zündung gerade nicht mehr fortpflanzen kann.

Instabile Detonationen treten bei Verbrennungsvorgängen während des Übergangs von einer Deflagration in eine stabile Detonation auf. Der Übergang erfolgt in einem räumlich begrenzten Bereich, in dem die Geschwindigkeit der Verbrennungswelle nicht konstant ist und der Explosionsdruck bedeutend höher ist als bei der stabilen Detonation (DIN EN ISO 16852).

Bemerkung: In welchem Bereich der Übergang stattfindet, hängt unter anderem vom Rohrdurchmesser, der Rohrkonfiguration, dem Prüfgas und der Explosionsgruppe ab. Der Bereich muss anhand von Versuchen für jeden Fall bestimmt werden.

Eine stabile Detonation liegt vor, wenn die Detonation sich in einem geschlossenen System ohne bedeutende Druck- und Geschwindigkeitsänderungen fortpflanzt (DIN EN ISO 16852).

Bemerkung: Bei den Umgebungsbedingungen, Prufgemischen und Prüfverfahren in dieser Norm liegen die Geschwindigkeiten üblicherweise im Bereich von 1600 m/s bis 2200 m/s.

• **Dichtheit von Apparaturen**

Der Austritt brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube in gefahrdrohender Menge in die Umgebung kann durch Dichtheit der Apparatur vermieden werden. Hierbei wird unterschieden in:

- auf Dauer technisch dichte Apparaturen
- technisch dichte Apparaturen
- Apparaturen mit betriebsbedingten Austritten brennbarer Stoffe.

Apparaturen sind auf Dauer technisch dicht, wenn

- sie so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben oder
- ihre technische Dichtheit durch Instandhaltung und Überwachung ständig gewährleistet wird.

Apparaturen sind technisch dicht, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder Dichtheits-Überwachung beziehungsweise -kontrolle, zum Beispiel mit schaubildenden Mitteln oder mit Lecksuch- oder -anzeigerten, eine Undichtheit nicht erkennbar ist, jedoch seltene kleine Freisetzungen brennbarer beziehungsweise entzndbarer Gase und Dämpfe nicht ausgeschlossen werden können. (Siehe auch TRGS 722 „4.5 Dichtheit von Anlagenteilen“ und TRGS 500 „Anhang 1: Bewertung von Anlagenteilen hinsichtlich ihrer Dichtigkeit bezüglich inhalativer Exposition gegenüber Gefahrstoffen (geschlossene Anlage)“).

• **Elektrostatische Aufladung**

Elektrische Ladung, die sich bei engem Kontakt und darauf folgend der mechanischen Trennung gleichartiger oder verschiedenartiger Stoffe auf den getrennten Teilen ansammelt, wenn mindestens ein Teil eine geringe Leitfähigkeit aufweist. Elektrostatische Aufladung kann auf leitfähigen Gegenständen oder auf Personen auch durch Influenzeffekte auftreten (siehe auch TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“).

Bemerkung: Mechanische Trennung erfolgt zum Beispiel beim Abheben, Reiben, Zerkleinern und Ausschtten von festen Stoffen; ferner beim Strömen, Ausschtten und Versprühen von Flüssigkeit sowie beim Strömen von Gasen und Dämpfen, die Flüssigkeitströpfchen oder Feststoffpartikel enthalten.

• **Entzündbare Feststoffe**

Feste Stoffe und Gemische aus festen Stoffen werden als entzündbar bezeichnet und nach CLP-Verordnung mit H228 und dem Piktogramm „Flamme“ gekennzeichnet, wenn sie sich nach kurzem Kontakt mit einer Zündquelle, wie zum Beispiel einem brennenden Streichholz, leicht entzünden können und sich die Flammen rasch ausbreiten. Hierzu müssen sie die genauen Kriterien der Einstufung erfüllen. Die CLP-Verordnung verweist für die Einstufungskriterien auf die Prüfmethode N. 1 in Teil III Unterabschnitt 33.2.1 der UN-Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter, Handbuch über Prüfungen und Kriterien. Die Prüfung findet an einer Pulverschttung definierter Geometrie statt.

• **Explosion**

Plötzliche Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beider Größen gleichzeitig.

• **Explosionsfähige Atmosphäre**

Explosionsfähige Atmosphäre ist ein explosionsfähiges Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stuben unter atmosphärischen Bedingungen (Umgebungstemperatur von - 20 C bis + 60 C und Druck von 0,8 bar bis 1,1 bar) (TRGS 720).

- **Explosionsfähiges Gemisch**

Ein explosionsfähiges Gemisch ist ein Gemisch aus brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder aufgewirbelten Stuben und Luft oder einem anderen Oxidationsmittel, das nach Wirksamwerden einer Zündquelle in einer sich selbsttätig fortpflanzenden Flammenausbreitung reagiert, sodass im Allgemeinen ein sprunghafter Druck- und Temperaturanstieg hervorgerufen wird (GefStoffV). Je näher die Konzentration der brennbaren Komponente an den Grenzen des Explosionsbereiches liegt, desto geringer fällt der Temperatur- und Druckanstieg aus (TRGS 720). Der Begriff „Explosionsfähiges Gemisch“ schließt nicht atmosphärische Bedingungen ein.

Gemäß § 2 Abs. 11 Gefahrstoffverordnung stehen chemisch instabile Gase, die auch ohne ein Oxidationsmittel nach Wirksamwerden einer Zündquelle in einer sich selbsttätig fortpflanzenden Flammenausbreitung reagieren können, so dass ein sprunghafter Temperatur- und Druckanstieg hervorgerufen wird, explosionsfähigen Gemischen gleich.

- **Explosionsgruppe III**

Die Explosionsgruppe III betrifft explosionsgefährdete Bereiche über Tage, die durch fein verteilte Feststoffe hervorgerufen werden. Die Stoffe der Explosionsgruppe III werden hinsichtlich ihrer Eigenschaften unterschieden.

Gruppe IIIA: brennbare Flusen, zum Beispiel Flock

Gruppe IIIB: nicht leitfähiger Staub, zum Beispiel Pulverlacke

Gruppe IIIC: leitfähiger Staub, zum Beispiel Metallstaub

- **Explosionsschutzdokument**

Die Unternehmensleitung hat nach § 6 Abs. 9 Gefahrstoffverordnung die Beurteilung von Gefährdungen durch gefährliche explosionsfähige Gemische im Rahmen eines Explosionsschutzdokumentes besonders auszuweisen. Aus dem Explosionsschutzdokument muss insbesondere hervorgehen,

- dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen wurden,
- dass angemessene Vorkehrungen getroffen wurden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen (Darlegung des Explosionsschutzkonzeptes),
- ob und welche Bereiche in Zonen eingeteilt wurden,
- für welche Bereiche Explosionsschutzmanahmen getroffen wurden
- wie bei Zusammenarbeit verschiedener Firmen die Vorgaben nach § 15 Gefahrstoffverordnung umgesetzt werden und
- welche Prüfungen nach § 7 Abs. 7 Gefahrstoffverordnung und Anhang 2 Abschnitt 3 Betriebssicherheitsverordnung durchzuführen sind.

Das Explosionsschutzdokument ist vor Aufnahme der Arbeit zu erstellen. Es ist zu überarbeiten, wenn Veränderungen der Arbeitsmittel, der Stoffe, der Verfahren, der Prozesse oder des Arbeitsablaufes vorgenommen werden.

- **Explosive Stäube**

Stäube sind explosiv, wenn sie auch ohne Luft durch Zündquellen wie äußere thermische Einwirkungen, mechanische Beanspruchungen oder Detonationsstoe zu einer chemischen Umsetzung gebracht werden können, bei der hochgespannte Gase in so kurzer Zeit entstehen, dass ein sprunghafter Temperatur- und Druckanstieg hervorgerufen wird.

Alte Bezeichnung: Explosionsgefährliche Stoffe

- **Gefahrstoffverordnung**

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (GefStoffV). Ziel dieser Verordnung ist es, den Menschen und die Umwelt vor stoffbedingten Schädigungen zu schützen.

- **Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre**

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch mit Luft als Oxidationsmittel unter atmosphärischen Bedingungen (Umgebungstemperatur von - 20 C bis + 60 C und Druck von 0,8 bar bis 1,1 bar) (GefStoffV, TRGS 720).

Als gefahrdrohende Menge wird in geschlossenen Räumen ein zusammenhängendes Volumen von mehr als 10 l explosionsfähiger Atmosphäre angesehen. In Räumen mit einem Volumen von weniger als 100 m³ gilt bereits ein zusammen-

hängendes Volumen explosionsfähiger Atmosphäre von einem Zehntausendstel des Raumvolumens, also zum Beispiel 8 l bei 80 m³ Raumvolumen, als gefährdrohend.

Bemerkung: Für gefährliche explosionsfähige Atmosphäre wird die Abkürzung g.e.A. verwendet.

- **Gefährliches explosionsfähiges Gemisch**

Gefährliches explosionsfähiges Gemisch ist ein explosionsfähiges Gemisch, das in solcher Menge auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten oder anderer Personen erforderlich werden (GefStoffV, TRGS 720).

- **Geräte**

Als Geräte im Sinne der Explosionsschutzprodukteverordnung (11. ProdSV) gelten Maschinen, Betriebsmittel, stationäre oder ortsbewegliche Vorrichtungen, Steuerungs- und Ausrüstungsteile sowie Warn- und Vorbeugungssysteme, die einzeln oder kombiniert zur Erzeugung, Übertragung, Speicherung, Messung, Regelung und Umwandlung von Energien und zur Verarbeitung von Werkstoffen bestimmt sind und die eigene potenzielle Zündquellen aufweisen und dadurch eine Explosion verursachen können.

- **Hybrides Gemisch**

Ein hybrides Gemisch ist ein Gemisch von Luft mit brennbaren Stoffen in unterschiedlichen Aggregatzuständen. Beispiele für hybride Gemische sind Gemische aus Methan und Kohlenstaub mit Luft oder Gemische aus Benzindampf und Benzintröpfchen mit Luft (TRGS 720).

- **Inertisierung**

Bei der Inertisierung wird atmosphärischer Sauerstoff in einer Anlage durch ein nicht reaktives, nicht brennbares Gas ersetzt, um eine Flammenausbreitung in der Atmosphäre einer Anlage zu verhindern.

- **Konformitätsbewertungsstelle**

Eine Konformitätsbewertungsstelle (notifizierte Stelle, englisch „Notified Body“) ist eine neutrale, unabhängige und kompetente Stelle, die die Konformitätsbewertung von Produkten des freien Warenverkehrs vornimmt. Sie bezieht ihre Rechtsgrundlage aus europäischen Richtlinien für das betreffende Produkt, wie das zum Beispiel auf dem Gebiet des Explosionsschutzes durch die Richtlinie 2014/34/EU der Fall ist. Die Konformitätsbewertungsstellen werden tätig

- zur Ausstellung von EU-Baumusterprüfbescheinigungen und zur Kontrolle, Prüfung und Erprobung von Geräten, Schutzsystemen, Vorrichtungen und Komponenten, bevor diese in Verkehr gebracht beziehungsweise in Betrieb genommen werden,
- zur Bewertung des Qualitätssicherungssystems des Herstellers beziehungsweise der Herstellerin in der Produktionsphase.

Bevor die Konformitätsbewertungsstelle ihre Arbeit aufnehmen kann, muss sie durch eine dritte Stelle, hinsichtlich ihrer Kompetenz, in Bezug auf das Konformitätsbewertungsverfahren, überprüft werden. Dieser Vorgang wird als Akkreditierung bezeichnet.

In Deutschland ist für die Akkreditierung der Konformitätsbewertungsstellen aus dem Bereich des Explosionsschutzes die Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS) zuständig. Sie überwacht die Arbeit der Konformitätsbewertungsstellen und führt regelmäßig Veranstaltungen zum Erfahrungsaustausch mit ihnen durch.

- **Konstruktiver Explosionsschutz**

Konstruktiver Explosionsschutz sind konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken. Dazu gehören:

- Explosionsfeste Bauweise
- Explosionsdruckentlastung
- Explosionsunterdrückung
- Verhindern der Flammen- und Explosionsübertragung („explosionstechnische Entkopplung“ von Flammen und Druck).

- **Nicht verbindlicher Leitfaden²⁰**

Die Europäische Kommission gibt zu bewährten Verfahren im Hinblick auf die Durchführung verschiedener Richtlinien zum Schutz der Arbeitnehmer „nicht verbindliche Leitfäden“ heraus. Ein solcher existiert auch für Explosionsgefahren: der nicht verbindliche Leitfaden für bewährte Verfahren im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können (eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52003DC0515&rid=4).

- **PLT-Betriebseinrichtungen**

PLT-Betriebseinrichtungen sind Einrichtungen der Prozessleittechnik, die dem bestimmungsgemäßen Betrieb einer Anlage in ihrem Gutbereich dienen. Mit ihnen werden die Automatisierungsfunktionen Messen, Steuern, Regeln, Melden, Registrieren und andere realisiert (VDI/VDE 2180).

- **Prüfung**

Prüfung ist

- die Ermittlung des Ist-Zustandes eines Arbeitsmittels oder einer überwachungsbedürftigen Anlage,
- der Vergleich des ermittelten Ist-Zustandes mit dem Soll-Zustand, sowie
- die Bewertung der Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand (TRBS 1201).

Der Ist-Zustand umfasst die durch die Prüfung festgestellten sicherheitsrelevanten Eigenschaften eines Arbeitsmittels beziehungsweise einer überwachungsbedürftigen Anlage.

Der Soll-Zustand ist der von der Unternehmensleitung beziehungsweise dem Betreiber oder der Betreiberin festgelegte sichere Zustand des Prüfgegenstandes, welcher sich bei Arbeitsmitteln aus dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ergibt.

Bewertung ist die Feststellung anhand des Vergleiches, ob das Arbeitsmittel oder die überwachungsbedürftige Anlage ohne zusätzliche Maßnahmen weiter sicher benutzt werden kann.

- **Risiko**

Eine Kombination der Wahrscheinlichkeit und des Schweregrades der möglichen Verletzung oder Gesundheitsschädigung in einer Gefährdungssituation.

Das Risiko, das mit einem bestimmten technischen Vorgang oder Zustand verbunden ist, wird zusammenfassend durch eine Wahrscheinlichkeitsaussage beschrieben, die

- die zu erwartende Häufigkeit des Eintritts eines zum Schaden führenden Ereignisses und
- das beim Ereigniseintritt zu erwartende Schadensausmaß berücksichtigt.

- **Sicherheitstechnische Kenngrößen**

Sicherheitstechnische Kenngrößen sind quantitative Aussagen über Stoffeigenschaften unter atmosphärischen Bedingungen im Sinne des Explosionsschutzes, die für die Beurteilung von Explosionsgefahren und für die Festlegung von Schutzmaßnahmen maßgebend sind, in der Regel unter atmosphärischen Bedingungen ermittelt werden und von der benutzten Messmethode abhängen.

Sicherheitstechnische Kenngrößen sind zum Beispiel

- untere und obere Explosionsgrenze,
- Mindestzündenergie,
- Zündtemperatur/Mindestzündtemperatur,
- maximaler Explosionsdruck.

²⁰ Siehe Anhang Nr. 5

- **Stand der Technik**

Stand der Technik ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zum Schutz der Gesundheit und zur Sicherheit der Beschäftigten gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg in der Praxis erprobt worden sind. Gleiches gilt für die Anforderungen an die Arbeitsmedizin und die Arbeitsplatzhygiene (BetrSichV beziehungsweise GefStoffV, siehe auch EmpfBS 1114 beziehungsweise TRGS 460).

- **Staubexplosionsklassen**

Staubexplosionsklasse	K _{St} (bar m/s)
St 1	> 0 bis 200
St 2	> 200 bis 300
St 3	> 300

Der K_{St}-Wert ist ein Maß für die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Druckes bei einer Explosion nach Zündung eines Staub/Luft-Gemisches in einem definierten Behälter.

- **TRBS**

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Verwendung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb berwachungsbedrftiger Anlagen wieder. Sie werden vom Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS) ermittelt beziehungsweise angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gemacht.

Die Technischen Regeln konkretisieren die Betriebssicherheitsverordnung hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnung erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen (Präambel der TRBS).

- **TRGS**

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie werden vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) ermittelt beziehungsweise angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Die Unternehmensleitung hat die für sie zutreffenden TRGS beziehungsweise Beschlüsse bei der Festlegung der erforderlichen Schutzmaßnahmen zu beachten (§ 7 Abs. 2 GefStoffV). Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnung erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen (Präambel der TRGS).

- **berwachungsbedrftige Anlagen**

berwachungsbedrftige Anlagen im Sinne § 2 des Gesetzes über berwachungsbedrftige Anlagen vom 27. Juli 2021 (AnlG) sind solche Anlagen, die gewerblichen oder wirtschaftlichen Zwecken dienen oder durch die Beschäftigte gefährdet werden können und von denen beim Betrieb erhebliche Risiken für die Sicherheit und die Gesundheit insbesondere Beschäftigter ausgehen können und die deshalb in einer auf Grund des § 31 AnlG erlassenen Rechtsverordnung als berwachungsbedrftige Anlagen bestimmt sind.

Überwachungsbedürftige Anlagen nach § 2 Abs. 13 BetrSichV sind:

1. Dampfkesselanlagen,
2. Druckanlagen außer Dampfkesselanlagen, einschließlich Leitungen unter innerem Überdruck für entzündbare, leicht entzündbare und extrem entzündbare, ätzende, akut toxische Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten, sowie für pyrophore Flüssigkeiten,
3. Anlagen mit Druckgeräten, in denen mit einer Füllkapazität von mehr als 10 Kilogramm je Stunde ortsbewegliche Druckgeräte mit Druckgasen zur Abgabe an andere befüllt werden,
4. Anlagen zum Befüllen von Land-, Wasser- und Luftfahrzeugen mit entzündbaren Gasen zur Verwendung als Treib- oder Brennstoff (Gasfüllanlagen),
5. Aufzugsanlagen,
6. Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (Ex-Anlagen),
7. Anlagen zur Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von weniger als 23 °C, mit einem Gesamtrauminhalt von mehr als 10 000 l,
8. ortsfest errichtete oder dauerhaft am gleichen Ort verwendete Anlagen mit einer Umschlagkapazität von mehr als 1000 Litern je Stunde, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen Transportbehälter mit entzündbaren Flüssigkeiten befüllt werden (Füllstellen).

Zu den überwachungsbedürftigen Anlagen gehören auch Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen, die dem sicheren Betrieb dieser überwachungsbedürftigen Anlagen dienen.

Eine prüfpflichtige Änderung ist jede Maßnahme, durch welche die Sicherheit der überwachungsbedürftigen Anlage beeinflusst wird. Auch Instandsetzungsarbeiten können solche Maßnahmen sein.

- **Wiederkehrende Prüfung**

Prüfung von Arbeitsmitteln, zum Beispiel von Anlagen im explosionsgefährdeten Bereich, die auf der Basis einer Gefährdungsbeurteilung beziehungsweise in Erfüllung rechtlicher Regelungen (für Anlagen im explosionsgefährdeten Bereich in Anhang 2 Abschnitt 3 der Betriebssicherheitsverordnung) in regelmäßigen Zeitabständen durchgeführt wird.

- **Zertifikat**

Dokument, das die Konformität eines Produktes, eines Prozesses, eines Systems, einer Person oder einer Organisation mit festgelegten Anforderungen bestätigt.

Bemerkung: Das Zertifikat kann entweder die Konformitätserklärung des Lieferanten beziehungsweise der Lieferantin oder die Anerkennung der Konformität durch den Käufer beziehungsweise die Käuferin oder das Zertifikat (als Ergebnis einer Untersuchung durch Dritte) nach der Definition von DIN EN ISO/IEC 17000 sein.

- **Zugelassene Überwachungsstelle**

Zugelassene Überwachungsstellen (ZÜS) führen die nach Betriebssicherheitsverordnung notwendigen Prüfungen an überwachungsbedürftigen Anlagen durch. Die Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS) veröffentlicht im Rahmen ihrer Zuständigkeit eine Liste²¹ der zugelassenen Überwachungsstellen.

- **Zur Prüfung befähigte Person**

Zur Prüfung befähigte Person ist eine Person, die durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt. Für zur Prüfung von Arbeitsmitteln und Maßnahmen in explosionsgefährdeten Bereichen befähigte Personen gelten darüber hinaus die in Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 3 der Betriebssicherheitsverordnung angegebenen Qualifikationsanforderungen.

²¹ Unter www.baua.de/DE/Aufgaben/Gesetzliche-und-hoheitliche-Aufgaben/Produktsicherheitsgesetz/Zugelassene-Ueberwachungsstellen.html sind die von der BAuA zugelassenen Überwachungsstellen nach ProdSG und BetrSichV einzusehen.

Anhang 1: Literaturverzeichnis

Verbindliche Rechtsnormen sind Gesetze, Verordnungen und der Normtext von Unfallverhütungsvorschriften. Abweichungen sind nur mit einer Genehmigung der zuständigen Behörde beziehungsweise des zuständigen Unfallversicherungsträgers erlaubt. Voraussetzung für die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung ist, dass die Ersatzmaßnahme ein mindestens ebenso hohes Sicherheitsniveau gewährleistet.

Von Technischen Regeln zu Verordnungen, Durchführungsanweisungen von Unfallverhütungsvorschriften (DGUV Vorschriften) und DGUV Regeln kann abgewichen werden, wenn in der Gefährdungsbeurteilung dokumentiert ist, dass die gleiche Sicherheit auf andere Weise erreicht wird.

Keine verbindlichen Rechtsnormen sind DGUV Informationen, Merkblätter, DIN-/VDE-Normen. Sie gelten als wichtige Bewertungsmaßstäbe und Regeln der Technik, von denen abgewichen werden kann, wenn die gleiche Sicherheit auf andere Weise erreicht wird.

Fundstellen im Internet

Die Schriften der BG RCI sowie ein umfangreicher Teil des staatlichen Vorschriften- und Regelwerkes und dem der gesetzlichen Unfallversicherungsträger (rund 1700 Titel) sind im Kompendium Arbeitsschutz der BG RCI verfügbar. Die Nutzung des Kompendiums im Internet ist kostenpflichtig. Ein kostenfreier, zeitlich begrenzter Probezugang wird angeboten.

Weitere Informationen unter www.kompendium-as.de.

Zahlreiche aktuelle Informationen bietet die Homepage der BG RCI unter www.bgrci.de/praevention und [fachwissen.bgrci.de](http://www.bgrci.de/fachwissen).

Detailinformationen zu Schriften und Medien der BG RCI und Downloads von Schriften und Arbeitshilfen enthält das Mediencenter der BG RCI unter [mediencenter.bgrci.de](http://www.mediencenter.bgrci.de). Dort können auch Schriften bestellt werden.

Unfallverhütungsvorschriften, DGUV Regeln, DGUV Grundsätze und viele DGUV Informationen sind auf der Homepage der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) unter [publikationen.dguv.de](http://www.publikationen.dguv.de) zu finden.

1 Veröffentlichungen der Europäischen Union im Amtsblatt der Europäischen Union

Bezugsquelle: Bundesanzeiger-Verlag, Postfach 10 05 34, 50445 Köln

Freier Download unter eur-lex.europa.eu/de/index.htm

- 1 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (CLP-Verordnung)
- 2 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 (für Geräte und Schutzsysteme, die bis zum 19.4.2016 in Verkehr gebracht werden)
- 3 Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (Neufassung) (für Geräte und Schutzsysteme, die ab dem 20.4.2016 in Verkehr gebracht werden)
- 4 Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können
- 5 Mitteilung der Kommission über den nicht verbindlichen Leitfaden für bewährte Verfahren im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können:
Checkliste A 3.1: Explosionsschutz im Inneren von Apparaten
Checkliste A 3.2: Explosionsschutz in der Umgebung von Apparaten
- 6 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (CLP-Verordnung)

2 Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

Bezugsquelle: Buchhandel

Freier Download unter www.gesetze-im-internet.de (Gesetze und Verordnungen) beziehungsweise www.baua.de (Technische Regeln)

- 7 Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- 8 Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) mit Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), insbesondere
- 9 TRBS 1201: Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- 10 EmpfBS 1114: Anpassung an den Stand der Technik bei der Verwendung von Arbeitsmitteln
- 11 Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) mit Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere
- 12 TRGS 460: Vorgehensweise zur Ermittlung des Standes der Technik
- 13 TRGS 500: Schutzmaßnahmen
- 14 TRGS 720: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines
- 15 TRGS 721: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung
- 16 TRGS 722: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- 17 TRGS 723: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- 18 TRGS 727: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
- 19 Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG)
- 20 Elfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Explosionsschutzprodukteverordnung – 11. ProdSV)

3 Unfallverhütungsvorschriften (DGUV Vorschriften), DGUV Regeln, DGUV Grundsätze, DGUV Informationen, Merkblätter und sonstige Schriften der Unfallversicherungsträger

Bezugsquellen: Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg, mediencenter.bgrci.de oder Jedermann-Verlag GmbH, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg, www.jedermann.de, verkauf@jedermann.de

Mitgliedsbetriebe der BG RCI können die folgenden Schriften (bis zur nächsten Bezugsquellenangabe) in einer der Betriebsgröße angemessenen Anzahl kostenlos beziehen.

- 21 DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- 22 Merkblatt A 016: Gefährdungsbeurteilung – Sieben Schritte zum Ziel
- 23 Merkblatt A 017: Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog
- 24 Merkblatt M 058: Organische Peroxide – Antworten auf häufig gestellte Fragen (DGUV Information 213-096)
- 25 Merkblatt M 063: Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen (DGUV Information 213-085)
- 26 Merkblatt R 003: Sicherheitstechnische Kenngrößen – Ermitteln und bewerten (DGUV Information 213-065)
- 27 Merkblatt T 033: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (DGUV Information 213-060) (wortgleich mit TRGS 727)
- 28 Merkblatt T 049: Explosionsschutz – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- 29 Merkblatt T 050: Explosionsschutz an Maschinen – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- 30 Merkblatt T 051: Elektrostatik – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- 31 Merkblatt T 053: Entzündbare Flüssigkeiten – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- 32 Merkblatt T 055: Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz – Antworten auf häufig gestellte Fragen

Bezugsquelle: Wolters Kluwer Deutschland GmbH, Wolters-Kluwer-Straße 1, 50354 Hürth, www.wolterskluwer.com

Freier Download der Inhalte unter www.exinfo.de

- 33 DGUV Regel 113-001: Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) – Sammlung technischer Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen

Bezugsquelle: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Glinkastraße 40, 10117 Berlin-Mitte, www.dguv.de

Freier Download unter publikationen.dguv.de

- 34 DGUV Regel 109-001: Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium – Vermeiden von Staubbränden und Staubexplosionen
- 35 DGUV Regel 109-011: Umgang mit Magnesium
- 36 DGUV Information 209-044: Holzstaub – Gesundheitsschutz
- 37 DGUV Information 209-052: Elektrostatisches Beschichten
- 38 DGUV Information 209-084: Industriestaubsauger und Entstauber
- 39 DGUV Grundsatz 309-002: Grundsätze für die Lüftungstechnische Berechnung von Kammertrocknern und Durchlauftrocknern

Bezugsquelle: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Alte Heerstraße 111, 53757 Sankt Augustin, www.dguv.de/ifa/index.jsp

Freier Download unter publikationen.dguv.de

- 40 BIA-Report 11/97: Dokumentation Staubexplosionen – Analyse und Einzelfalldarstellung, 1997. (Bestell-Nr. 10084). ISBN: 3-88383-463-7
- 41 Staubklassen für Industriestaubsauger, Entstauber und Kehrstaugmaschinen (Direktzugriff: dguv.de/medien/ifa/de/prg/staubklassen/staubkl.pdf)

Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN), Körperschaft des öffentlichen Rechts, Dynamostraße 7–11, 68165 Mannheim, www.bgn.de

Freier Download unter bgn-branchenwissen.de

- 42 Leitfaden „Explosionsschutzdokument für handwerkliche und kleine Backbetriebe“, Arbeitssicherheitsinformation (ASI) 8.52 (Direktzugriff: vorschriften.bgn-branchenwissen.de/daten/asi/a8_52/titel.htm)

4 Normen

Bezugsquelle: DIN Media GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin; dinmedia.de

- 43 DIN EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphären, Explosionsschutz, Teil 1: Grundlagen und Methodik
44 DIN EN 1127-2: Explosionsfähige Atmosphären, Explosionsschutz, Teil 2: Grundlagen und Methodik in Bergwerken
45 DIN EN 1755: Flurförderzeuge – Sicherheitsanforderungen und Verifizierung – Zusätzliche Anforderungen für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen
46 DIN EN 14491: Schutzsysteme zur Druckentlastung von Staubexplosionen
47 DIN EN 14986: Konstruktion von Ventilatoren für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen
48 DIN EN 60079: Explosionsgefährdete Bereiche (Normenreihe)
49 DIN EN ISO 16852: Flammendurchschlagsicherungen – Leistungsanforderungen, Prüfverfahren und Einsatzgrenzen (ISO 16852)
50 DIN EN ISO 17000: Konformitätsbewertung – Begriffe und allgemeine Grundlagen (IEC 17000)
51 DIN EN ISO/IEC 80079-20-2: Explosionsfähige Atmosphären – Werkstoffeigenschaften – Prüfverfahren für brennbare Stäube

Bezugsquelle: VDI Verlag GmbH, VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf, www.vdi-verlag.de

- 52 VDI 2263: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen
53 VDI 2263 Blatt 1: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Sicherheitstechnische Kenngrößen von Schüttgütern
54 VDI 2263 Blatt 2: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Inertisierung
55 VDI 2263 Blatt 3: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate; Berechnung, Bau und Prüfung
56 VDI 2263 Blatt 4: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Unterdrückung von Staubexplosionen
57 VDI 2263 Blatt 5: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Explosionsschutz bei Wirbelschichtanlagen
58 VDI 2263 Blatt 5.1: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Explosionsschutz bei Wirbelschichtanlagen; Hinweise und Ausführungsbeispiele für Hersteller und Betreiber
59 VDI 2263 Blatt 6: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen
60 VDI 2263 Blatt 6.1: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen; Beispiele
61 VDI 2263 Blatt 7: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Brand- und Explosionsschutz an Sprühtrocknungsanlagen
62 VDI 2263 Blatt 7.1: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Brand- und Explosionsschutz an Sprühtrocknungsanlagen; Beispiele
63 VDI 2263 Blatt 8: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Brand- und Explosionsschutz an Elevatoren
64 VDI 2263 Blatt 8.1: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Brand- und Explosionsschutz an Elevatoren; Beispiele
65 VDI 2263 Blatt 8.2: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Explosionsunterdrückung und Kombination von konstruktiven Schutzmaßnahmen an Elevatoren
66 VDI 2263 Blatt 9: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Bestimmung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern
67 VDI 2263 Blatt 10: Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und Explosionsschutz an Mischern und Mischanlagen
68 VDI 3673 Blatt 1: Druckentlastung von Staubexplosionen

Bezugsquellen: IVSS-Sektion Chemie, c/o Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Kurfürsten-Anlage 62, 69115 Heidelberg, www.issa.int/prevention-chemistry und Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg, mediencenter.bgrci.de

- 69 ISSA-32: Staubexplosionen – Schutz vor Explosionen durch brennbare Stäube
70 ISSA-35: Statische Elektrizität – Zündgefahren und Schutzmaßnahmen
71 ISSA-36: Praxishilfen zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes
72 ISSA-37: Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten – Grundlagen
73 ISSA-38: Beispielsammlung „Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten“ – Teil 1: Mühlen, Brecher, Mischer, Abscheider, Siebmaschinen
74 ISSA-39: Beispielsammlung „Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten“ – Teil 2: Stetigförderer, Übergabestellen und Empfangsbehälter
75 ISSA-40: Vermeiden wirksamer Zündquellen in explosionsgefährdeten Bereichen

- 76 ISSA-43: Staubexplosionsereignisse: Analysen von Staubexplosionen in Industrie und Gewerbe Ursachen, Lehren und Maßnahmen
77 ISSA-43e: Dust Explosion Incidents: Their Causes, Effects and Prevention

Bezugsquelle: Buchhandel oder Herausgeber

- 78 Dyrba, Berthold: Kompendium Explosionsschutz – Sammlung der relevanten Vorschriften zum Explosionsschutz mit Fragen und Antworten für die Praxis. 2025. Wolters Kluwer Deutschland GmbH, Hürth. ISBN: 978-3-452-25836-6
79 Dyrba, Berthold: Praxishandbuch Zoneneinteilung – Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen. 3. Auflage, 2019. Wolters Kluwer Deutschland GmbH, Hürth. ISBN: 978-3-452-30294-6
80 Steen, Henrikus: Handbuch des Explosionsschutzes. 2012. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim. ISBN: 978-3-527-66086-5
81 Lüttgens u. a.: Statische Elektrizität – Durchschauen – Überwachen – Anwenden, 1. Auflage, Wiley-VCH Berlin, ISBN 978-3-527-41372-0.
82 Lüttgens, Günter: Praxislexikon Statische Elektrizität. 2022 (siehe Frage 8.3 dieser Schrift)
83 Bartknecht W.; Pellmont G.: Fachbuch Bartknecht/Pellmont „Explosionstechnik“. 2020 (siehe Frage 8.4 dieser Schrift)
84 Sohn, Dirk; Au, Michael: Anlagensicherheit im Betrieb. 2024 (siehe Frage 8.5 dieser Schrift)
85 Lüttgens/Schubert/Lüttgens: Praxislexikon „Statische Elektrizität“, 1. Auflage 2022, Expert Verlag GmbH, Renningen. ISBN 978-3-8169-3506-3
86 Lottermann, Johannes Wilhelm: Ansätze zur integrierten Brand- und Explosionssicherheit: Entwicklung, Validierung und normative Verankerung einer bilateralen, kohärenten Beurteilungssystematik am Beispiel staubführender Anlagen, 2012. Pro Business digital printing Deutschland GmbH, Berlin. ISBN: 978-3-86386-313-5
87 Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Manual of Tests and Criteria. Rev. 6, 2015. United Nations, New York und Geneva. Online verfügbar unter [unece.org/rev6-files](https://www.unece.org/rev6-files). Die deutsche Übersetzung „Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter – Handbuch über Prüfungen und Kriterien“ (5. überarbeitete Ausgabe, 2009. New York und Genf) (überarbeitete und durch das Amendment 1 und 2 sowie durch das Corrigendum 2012 ergänzte und korrigierte Fassung, 2015 ist unter tes.bam.de/TES/Navigation/DE/Recht-und-Regelwerke/Regelwerke-Gefahrgut/Klassifizierung/klassifizierung.html kostenlos downloadbar. (UN-Prüfhandbuch 6. Auflage/1. Änderung, Eigenverlag BAM)
88 M. Glor, C. Blum, W. Fath und C.-D. Walther, Electrostatic Ignition Hazards Associated with the Pneumatic Transfer of Flammable Powders through Insulating or Dissipative Tubes and Hoses, CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, VOL. 31, 2013, p. 691
89 W. Fath, C. Blum, M. Glor, C.-D. Walther, Electrostatic ignition hazards due to pneumatic transport of flammable powders through insulating or dissipative tubes and hoses – New experiments and calculations, Journal of Electrostatics 71 (2013) 377–382

5 Medien

Bezugsquellen: Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg, mediencenter.bgrci.de oder Jedermann-Verlag GmbH, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg, www.jedermann.de, verkauf@jedermann.de

- 90 Kompendium Arbeitsschutz als Online-Datenbank oder Download-Fassung (beides kostenpflichtig): Vorschriften- und Regelwerk, Symbolbibliothek, Programme zur Durchführung und Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung (GefDok Pro-Demoversion, GefDok KMU und GefDok light). Information und kostenloser, zeitlich begrenzter Testzugang unter www.kompendium-as.de
91 CD 008: Explosionen – Gefahren und Schutzmaßnahmen

Bezugsquelle: Dr. Peter Krommes, Dr.-Ried-Straße 5, 92318 Neumarkt, Tel.: 09181 254330, E-Mail: mail@krommes.net

- 92 Film: Staubexplosionen

6 Informationen und Datenbanken im Internet

- 93 **Explosionsschutzportal www.exinfo.de** der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) mit verschiedenen Rubriken rund um das Thema Explosionsschutz, zum Beispiel News (inklusive Archiv), EX-RL – Beispielsammlung, FAQ, Ex-Schutz-Wissen (Neues in Forschung und Praxis), Gaswarneinrichtungen und Gaswarngeräte, Dokumente (aktuelle Entwicklungen, europäisches/nationales/berufsgenossenschaftliches Regelwerk, Normen), IVSS, Veranstaltungen (Tagungen und Qualifizierungsangebote) und Videos. Auch die umfangreiche Liste funktionsgeprüfter Gaswarngeräte (Anlage 3 der EX-RL) ist dort komplett eingestellt.
94 **GESTIS-STAU-EX Datenbank** unter www.dguv.de/ifa/gestis-staub-ex als ein von der Kommission der Europäischen Gemeinschaft gefördertes Projekt. Die Datenbank enthält wichtige Brenn- und Explosionskenngrößen von über 7000 Staubproben aus nahezu allen Branchen und dient als Grundlage zum sicheren Handhaben brennbarer Stäube und zum Projektieren von Schutzmaßnahmen gegen Staubexplosionen in stauberzeugenden und -verarbeitenden Anlagen. Die Daten wurden von den Prüfstellen der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN), dem Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA), der DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung mbH, Fachstelle für Brand- und Explosionsschutz über Tage – Bergbau-Versuchsstrecke (BVS) – und der Henkel KGaA ermittelt.
95 **CHEMSAFE Datenbank** mit bewerteten sicherheitstechnischen Kenngrößen für den Brand- und Explosionsschutz von brennbaren Gasen, Flüssigkeiten und Stäuben. Sie umfasst derzeit über 3000 Reinstoffe und Gemische. Die Datenbank ist ein Gemeinschaftsprojekt der Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA e. V.), der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). Der Internetzugang zu der Datenbank ist über die Webseite der DECHEMA e. V. unter www.dechema.de/Datenbanken möglich.
96 **Stoffinformationssystem GSBLpublic**. In der GSBL-Datenbank, einem gemeinsamen zentralen Stoffdatenpool von Bund und Ländern, werden für über 100 Staubgruppen sicherheitstechnische Kenngrößen von Einzelstäuben (Basis: GESTIS-STAU-EX

Datenbank) zusammengefasst. Angegeben werden Bandbreiten, in denen sich die STK der Staubgruppen bewegen können, sowie deren bewertete sicherheitsrelevante Grenzwerte. Unter GSBLpublic (www.gsbl.de) besteht ein freier Zugang zur Datenbank, die Recherche nach den Bandbreiten sicherheitstechnischer Kenngrößen brennbarer Stäube ist kostenlos.

- 97 **Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien GisChem** unter www.gischem.de der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) und der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) mit verschiedenen Modulen, zum Beispiel „GisChem-Interaktiv“ zur Erstellung eigener Betriebsanweisungen, „Gefahrstoffverzeichnis“ oder „Gemischrechner“ zur Einstufung von Gemischen nach der CLP-Verordnung. GisChem unterstützt insbesondere kleine und mittlere Unternehmen beim sicheren Umgang mit Gefahrstoffen und beim Gefahrstoffmanagement.
- 98 **GESTIS-Stoffdatenbank** der DGUV unter www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank mit Informationen für den sicheren Umgang mit Gefahrstoffen und anderen chemischen Stoffen am Arbeitsplatz. Sie informiert über wichtige physikalisch-chemische Daten sowie über spezielle Regelungen zu den einzelnen Stoffen, insbesondere zur Einstufung und Kennzeichnung nach GHS gemäß CLP-Verordnung. Es sind Informationen zu etwa 8800 Stoffen enthalten.

Anhang 2: Bildnachweis

Die in der vorliegenden Schrift verwendeten Bilder dienen nur der Veranschaulichung. Eine Produktempfehlung seitens der BG RCI wird damit ausdrücklich nicht beabsichtigt.

Abbildungen wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Abbildung 1:
R. STAHL Schaltgeräte GmbH
Technology
Am Bahnhof 30
74638 Waldenburg

Abbildung 2:
Dyrba Explosionsschutz – Bildung und Beratung
Sankt-Rochus-Allee 25
76669 Bad Schönborn
Aus: Praxishandbuch Zoneneinteilung –
Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen

Abbildungen 5 und 6:
BASF SE
67056 Ludwigshafen
www.basf.de

Abbildungen 3, 4, 7, 8 und 9:
IVSS-Sektion „Chemie“
Kurfürsten-Anlage 62
69115 Heidelberg
Aus: IVSS-Broschüre 2018 (Abb. 3, 4, 7)
Aus: IVSS-Broschüre 2044 (Abb. 8, 9)

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie

Postfach 10 14 80
69004 Heidelberg
Kurfürsten-Anlage 62
69115 Heidelberg
www.bgrci.de



Ausgabe 12/2025

Diese Schrift können Sie über das Mediacenter unter mediacenter.bgrci.de beziehen.

Haben Sie zu dieser Schrift Fragen, Anregungen, Kritik?
Dann nehmen Sie bitte mit uns Kontakt auf.

- Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie,
Prävention, Grundsatzfragen und Information, Medien
Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg
- E-Mail: medien@bgrci.de
- **Kennen Sie unsere Medien-Hotline?**
Sie erreichen uns unter 06221 5108-44444 (Mo.–Fr. 8:00–14:00 Uhr)
oder unter medienhotline@bgrci.de



Jedermann-Verlag GmbH
Postfach 10 31 40
69021 Heidelberg
Telefon 06221 1451-0
info@jedermann.de
www.jedermann.de