■ Stand: 12/2013 ■ Best.-Nr. 535

Staubexplosionsschutz - Grundlagen

Die Tatsache, dass Brand- und Explosionsgefahren durch brennbare Stäube wie Papier-, Metall-, Holz- oder Kunststoffstaub oder organische Druckbestäubungspuder hervorgerufen werden können, ist weit weniger bekannt als vergleichbare Risiken durch den Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten oder Gasen. Das tatsächliche Gefahrenpotential wird deshalb oft falsch eingeschätzt.

Als Staub bezeichnet man kleine Feststoffpartikel unterschiedlicher Herkunft, Struktur und Zusammensetzung, die sich als Schwebeteilchen aufgrund ihres Eigengewichtes absetzen, aber noch für einige Zeit als Staub/Luft-Gemisch in der Luft erhalten bleiben können. Im Allgemeinen wird eine Partikelgröße von 500 µm (0,5 mm) nicht überschritten.

Stäube, Fasern oder Schwebstoffe, die in der Luft brennen oder glimmen können und bei atmosphärischem Druck und bei normalen Temperaturen mit Luft explosionsfähige Gemische bilden können, werden als brennbare Stäube bezeichnet.

Gefährdungsbeurteilung zum Explosionsschutz

Aus der Betriebssicherheitsverordnung und der Gefahrstoffverordnung ergeben sich für Unternehmen und Anlagenbetreiber komplexe Anforderungen an den Explosionsschutz und die damit verbundene Anlagensicherheit.

- Beurteilung der Explosionsrisiken in ihrer Gesamtheit (Gefährdungsbeurteilung)
- Festlegen technisch-organisatorischer Explosionsschutzmaßnahmen auf Mindestsicherheitsniveau

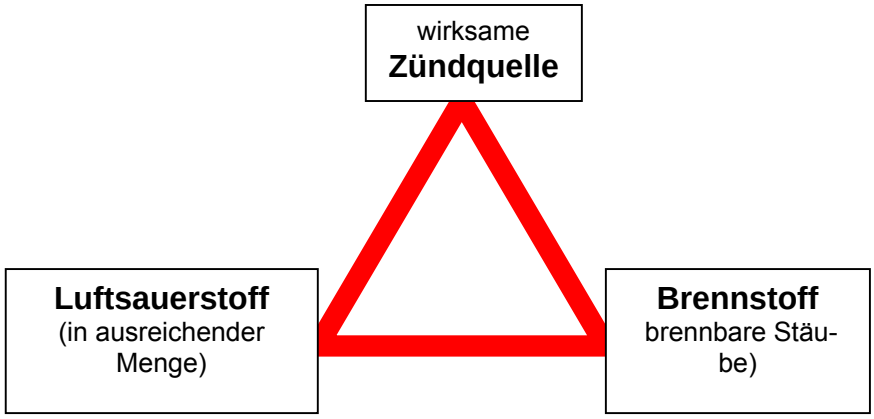
Wenn im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung Explosionsrisiken festgestellt werden, die sich durch technisch-organisatorische Mindestmaßnahmen nicht beseitigen lassen, ist Folgendes erforderlich:

- Festlegen explosionsgefährdeter Bereiche und Einteilung in Zonen
- Auswählen geeigneter Geräte / Schutzsysteme für Ex-Bereiche
- Erstellen eines Explosionsschutzdokumentes

Ob durch das Unternehmen im Einzelfall, arbeitsplatz- bzw. tätigkeitsbezogen, ein Explosionsschutzdokument erstellt werden muss, wird auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung (s. Anlage 1) entschieden. Die Gefährdungsbeurteilung muss dokumentiert sein.

Voraussetzungen für das Auftreten von Staubexplosionen

Eine Explosion kann nur dann auftreten, wenn folgende Dinge am selben Ort gleichzeitig vorhanden sind:



Brennbare Stäube können als Puder (z.B. Druckbestäubungspuder im Bogenoffset, Stärke für die Leimherstellung in Wellpappenbetrieben) vorliegen oder bei der Be- und Verarbeitung brennbarer fester Stoffe (z.B. Papier, Holz) beispielsweise durch Abrieb, Falzen, Fräsen, Schneiden, Stanzen bzw. durch Mahlprozesse entstehen.

Brenn- und Explosionskenngrößen brennbarer Stäube

(Kennzahlen) **Produkt**	**Median-Wert [µm]**	**UEG [g/m³]**	**Zündtemperatur [°C]**	**Glimmtemperatur [°C]**	**Brennzahl [BZ]**
Papierstaub – Tiefdruck	13	100	380	310	4
Druckbestäubungspuder (native Stärke)	11	60	400	410	3

Medianwert	Mittlere Korngröße des Staubes (50 Gew.-% des Staubes sind gröber und 50 Gew.-% des Staubes sind feiner als der Medianwert.
UEG - Untere Explosionsgrenze	Untere Grenze des Konzentrationsbereiches, in dem ein Staub im Gemisch mit Luft zur Explosion gebracht werden kann.
Zündtemperatur	Die unter vorgegebenen Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der die Entzündung eines brennbaren Staubes als Staub/Luft-Gemisch eintritt.
Glimmtemperatur	Niedrigste Temperatur einer erhitzten freiliegenden Oberfläche, auf der eine 5 mm dicke Schicht eines abgelagerten Staubes zur Entzündung kommt. Sowohl mit wachsender Schichtdicke als auch mit sinkender Korngröße sinkt die Glimmtemperatur.
Brennzahl	Die Brennzahl (BZ) eines Staubes beschreibt sein Brennverhalten, d.h. ob und in welchem Maß sich im abgelagerten Staub ein durch äußeres Entzünden eingeleiteter Brand ausbreiten kann. BZ 3 – örtliches Brennen oder Glimmen ohne Ausbreiten, BZ 4 – Ausbreiten eines Glimmbrandes

Zoneneinteilung staubexplosionsgefährdeter Bereiche

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt. Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen. Großflächige Staubablagerungen sind ab einer Schichtdicke von mehr als 1 mm als gefahrdrohende Menge Staubes anzusehen. Die Beseitigung von Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen (Reinhaltung der Anlage) ist eine sicherheitstechnisch bedeutsame Maßnahme bei der Realisierung eines Explosionsschutzkonzeptes und wirkt sich vorteilhaft bei der Zoneneinteilung aus. Für brennbare Stäube gilt folgende Einteilung:

Zone 20	**Beispiele**
Bereich, in dem eine gefährliche[1] explosionsfähige Atmosphäre[3] in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub **ständig, über lange Zeiträume oder häufig[5]**, vorhanden ist.	Mit Zone 20 ist normalerweise nur im Inneren von Behältern, Rohrleitungen und Apparaturen zu rechnen.
Zone 21	
Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb[2] **gelegentlich[6]** eine gefährliche[1] explosionsfähige Atmosphäre[3] in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub bilden kann.	Bereiche der unmittelbaren Umgebung von z.B. Staubentnahme- oder Füllstationen, sowie das Innere von Silos gehören dazu. Gleiches gilt für sonstige Bereiche, in denen Staubablagerungen auftreten.
Zone 22	
Bereich, in dem bei Normalbetrieb[2] eine gefährliche[1] explosionsfähige Atmosphäre[3] in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub **normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig[4]** auftritt.	Bereiche in der Umgebung Staub enthaltender Apparaturen, wenn Staub nur in nicht explosionsfähiger Konzentration austritt und sich längerfristig Staubablagerungen bilden, die kurzzeitig zu gefährlichen explosionsfähigen Staub-/ Luftgemischen aufgewirbelt werden können.

[1)] gefährliche
Eine explosionsfähige Atmosphäre, die in solchen Mengen (gefahrdrohende Mengen) auftreten kann, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der betroffenen Arbeitnehmer erforderlich werden, gilt als gefahrdrohend. Mehr als 10 Liter explosionsfähiger Atmosphäre als zusammenhängendes Volumen werden unabhängig von der Raumgröße als gefährlich angesehen.
Eine explosionsfähige Atmosphäre, die nicht in solchen Mengen zu erwarten ist, dass besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, gilt nicht als explosionsgefährdeter Bereich und führt damit nicht zu einer Zone.

[2)] Normalbetrieb
Dies ist der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter (bestimmungsgemäßer Betrieb) benutzt werden. An- und Abfahren, Probenahme und Reinigen gehören zum Normalbetrieb. Störungen, die Instandsetzung oder Abschaltung erfordern, gehören grundsätzlich nicht zum Normalbetrieb.

[3)] explosionsfähige Atmosphäre
Ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben. Explosionsfähige Atmosphäre liegt dann vor, wenn die untere Explosionsgrenze (UEG) überschritten und die obere Explosionsgrenze (OEG) unterschritten ist. Die UEG bzw. die OEG sind stoffspezifische Kenngrößen, die experimentell bestimmt werden können. Bei brennbaren Stäuben wird die OEG im Allgemeinen nicht bestimmt.

[4)] kurzzeitig
wenige Male pro Jahr für ca. 30 Minuten

[5)] häufig oder über lange Zeiträume
zeitlich überwiegend, bezogen auf die effektive Betriebszeit (> 50%)

[6)] gelegentlich
was nicht unter die Begriffe kurzzeitig und häufig oder über lange Zeiträume fällt

Zusammenhang zwischen Zonen und Gerätekategorien

In explosionsgefährdeten Bereichen (Zonen) dürfen grundsätzlich nur Geräte, Komponenten und Schutzsysteme gemäß der Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95) eingesetzt werden. Nach dieser Richtlinie werden Geräte und Schutzsysteme in drei Kategorien unterteilt. Die Kategorien spiegeln die sicherheitstechnischen Anforderungen für die Verwendung in einer bestimmten Zone wider. Die aus der jeweiligen Zone folgenden sicherheitstechnischen Anforderungen an die dort eingesetzten Arbeitsmittel sind jeweils in der Spalte rechts von der Zone angegeben.
Zoneneinteilungen von Herstellern der Maschinen dürfen übernommen werden, falls sie den Gegebenheiten im Betrieb entsprechen.

Zone	Gerätesicherheit muss gewährleistet sein…	Sicherheitsmaß der Geräte	Gerätekategorie	Verwendung in Zone
20	selbst bei seltenen Störungen	sehr hoch	1 D	20, 21, 22
21	bei häufigen Gerätestörungen oder Fehlerzuständen, die üblicherweise zu erwarten sind	hoch	mindestens 2 D	21, 22
22	im Normalbetrieb	normal	mindestens 3 D	22

Maßnahmen zum Staubexplosionsschutz

Sicherheitstechnischen Vorrang haben Maßnahmen, welche die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre vermeiden. Es ist deshalb zu überlegen, ob und wie weit diese Maßnahmen sinnvoll angewendet werden können. Führt diese Überlegung nicht zu einer befriedigenden Lösung, sind weitere Maßnahmen oder geeignete Kombinationen von Maßnahmen anzuwenden.

1. Vermeidung von explosionsfähiger Atmosphäre (TRBS 2152 Teil 2)
Wichtige Maßnahmen in einer Druckerei oder einem Papierverarbeitungsbetrieb zur Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre können unter anderem sein:

- Wirksame Absaugung an den Staubemissionsquellen (z.B. Kreismesser)
- Regelmäßige und situationsbezogene Reinigung von Falzapparaten und Auslagebereichen sowie deren Umgebung, bevor gefahrdrohende Staubablagerungen entstehen
- Sofortige Reinigung bei störungsbedingtem Staubaustritt

Wenn die Maßnahmen nach .1 nicht ausreichend sind, so müssen Zonen eingeteilt werden und dort die folgenden Maßnahmen durchgeführt werden:

2. Vermeidung wirksamer Zündquellen (TRBS 2152 Teil 3)
Für die betriebliche Praxis sind im Bereich Druck und Papierverarbeitung die folgenden Zündquellen von Bedeutung:

- Heiße Oberflächen, z.B. heiß gelaufene Lager
- Feuer, Flammen, Glut, z.B. Schweißen und Schneiden
- Mechanisch erzeugte Funken
- Elektrisch erzeugte Funken
- Elektrostatische Entladungsfunken

Wenn die Maßnahmen nach .2 keinen ausreichenden Explosionsschutz gewährleisten, so müssen weitere Maßnahmen durchgeführt werden:

3. Beschränkung der Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß durch konstruktive Maßnahmen (TRBS 2152 Teil 4)

- Explosionsdruckentlastung (z. B. Durchlauftrockner, Silos) Kapitel 5
- Explosionsunterdrückung Kapitel 6
- Verhindern der Flammen- und Explosionsübertragung Kapitel 7 und 8

Weitere

Informationen / Literatur

Wolters Kluwer Deutschland GmbH, Heddesdorfer Str. 31, 56564 Neuwied,
www.wolterskluwer.de oder Download unter www.baua.de/ags/prax

- Gefahrstoffverordnung, Betriebssicherheitsverordnung sowie die Technischen Regeln wie beispielsweise:
- TRBS 2152 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines“
- TRBS 2152 Teil 1 „Beurteilung der Explosionsgefährdung“
- TRBS 2152 Teil 2 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“
- TRBS 2152 Teil 3 „Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“
- TRBS 2152 Teil 4 „Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken“
- TRBS 2153 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“

Berufsgenossenschaftliche Richtlinien, Sicherheitsregeln, Merkblätter:

- Unfallverhütungsvorschriften, Allgemeine Vorschriften BGV A1
- BGR 104 „Explosionsschutz-Regeln“ (EX-RL)
- BGI 739-2 „Absauganlagen und Silos für Holzstaub und –späne, Brand- und
- Explosionsschutz
- BGI 740 Lackierräume und –einrichtungen, bauliche Einrichtungen, Brand- und Explosions-schutz, Betrieb

DGUV Vorschriften, DGUV Regeln und DGUV Informationen als Download unter www.dguv.de

- DIN-EN 1127-1 „Explosionsschutz – Teil 1: Grundlagen und Methodik“, Ausgabe Okt. 2011
  DIN EN 1010-1, „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Teil 1: Gemeinsame Anforderungen“, Ausgabe Juni 2011
  DIN-Normen sind erhältlich beim Beuth-Verlag, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, ww.beuth.de
- Europäische Richtlinien zum Explosionsschutz
  ATEX 95 – Richtlinie 94/9/EG, „Hersteller-Richtlinie”
  ATEX 137- Richtlinie 1999/92/EG, „Betreiber-Richtlinie“
  erhältlich unter http://europa.eu.int/comm/enterprise/atex
- VDI 2263 „Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen“, Verband deutscher Ingenieure, Graf-Recke-Str. 84, 40239 Düsseldorf
- BG-Infoblatt „Industriestaubsauger“, Best.-Nr. 412, Bestell-Fax: 0611/131-8222 oder download unter http://www.bgetem.de

Anlage 1

Firma Ort	**Checkliste zur Gefährdungsbeurteilung brennbarer Stäube**	Seite 1 von 2 Datum:
Arbeitsbereich:		
Erstellt von:	Unterschrift:	

1. Brennbarkeit und Explosionsfähigkeit	Ja	Nein	n.a.
Liegen brennbare Stäube vor? *Dabei ist die chemische Zusammensetzung, Korngrößenverteilung und Feuchte zu berücksichtigen. Die sicherheitstechnischen Kenngrößen (z.B. aus www neue Adresse einfügen oder dem Sicherheitsdatenblatt) müssen ermittelt werden.*	☐	☐	☐
Sind die Stäube im Gemisch mit Luft explosionsfähig?	☐	☐	☐
Entsteht bei Produktionsprozessen brennbarer Staub in solchen Mengen, dass ein explosionsfähiges Gemisch in gefahrdrohender Menge entstehen kann?	☐	☐	☐
Gibt es abgelagerten brennbaren Staub in solchen Mengen, dass bei dessen Aufwirbelung ein Gemisch in gefahrdrohender Menge entstehen kann?	☐	☐	☐
Wenn brennbare Stoffe gehandhabt werden: • Sind sie staubförmig oder staubhaltig? • Entstehen bei ihrer Handhabung Stäube oder können sie sich anreichern?	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐
Sind andere brennbare Stoffe in Form von Gasen, Dämpfen oder Nebeln vorhanden und können sie ggf. mit den Stäuben Gemische bilden?	☐	☐	☐
Wenn mindestens eine Frage mit „ja“ beantwortet wurde: weiter bei 2.). Sonst: keine Explosionsgefahr erkennbar. Keine Maßnahmen erforderlich.			

2. Technische Maßnahmen	Ja	Nein	n.a.
Werden technische Staubschutzmaßnahmen vorschriftsmäßig durchgeführt und nicht unwirksam gemacht? Technischer Staubschutz hat als Maßnahme Vorrang.	☐	☐	☐
Wurden staubfreie oder staubarme Verfahren gewählt?	☐	☐	☐
Werden Staubquellen möglichst staubdicht gekapselt und unter Unterdruck betrieben?	☐	☐	☐
Werden Absauganlagen bei Staubentwicklung stets eingeschaltet?	☐	☐	☐
Werden bewegliche Ansaugrüssel von Absauganlagen stets so eingestellt, dass Stäube möglichst dicht an der Entstehungsstelle erfasst und abgeführt werden?	☐	☐	☐

n. a. - nicht anwendbar

Gefährdungsbeurteilung	Seite 2 von 2		
2. Technische Maßnahmen - Fortsetzung	Ja	Nein	n.a.
Sind staubgefährdete Räume so ausgeführt, dass sich die Stäube möglichst nicht an den Wänden/Decken ablagern oder dort anhaften können?	☐	☐	☐
Wird der ordnungsgemäße Zustand der technischen Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Stäube regelmäßig kontrolliert?	☐	☐	☐
3. Organisatorische Maßnahmen	Ja	Nein	n.a.
Mengen und Konzentrationen begrenzen: • Wird abgelagerter Staub an Maschinen und Gebäudeteilen regelmäßig beseitigt und wurden Reinigungsintervalle festlegt? • Wird das Aufwirbeln von Staub vermieden (z.B. Einsatz von explosionsgeschützten Industriestaubsaugern für die regelmäßige Reinigung; Verwenden von Feuerlöschern mit Löschbrausen im Brandfall)?	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐
Sind Betriebsanweisungen für den Einsatz technischer Schutzmaßnahmen erstellt und die Mitarbeiter unterwiesen worden?	☐	☐	☐
Werden auch bei Instandhaltungsarbeiten Schutzmaßnahmen beachtet?	☐	☐	☐
Wenn keine der Maßnahme unter 2.) und/oder 3.) wirksam umgesetzt wird: Zonen einteilen und Explosionsschutzdokument erstellen. Wenn durch die Umsetzung einer oder mehrerer der Maßnahmen unter 2.) und/oder 3.) eine Explosionsgefahr nicht mehr erkennbar ist: Ende der Gefährdungsbeurteilung; Explosionsschutzdokument nicht erforderlich.			

n. a. - nicht anwendbar

Anlage 2

Untersuchungsstellen für brennbare Stäube

Zum Brenn- und Explosionsverhalten von Papierstäuben und Druckbestäubungspudern liegen bereits eine Reihe von Untersuchungsergebnissen vor, die auf die üblichen Verfahren übertragbar sind. Es ist daher im Allgemeinen nicht erforderlich, den im Betrieb anfallenden oder verwendeten Staub eigens untersuchen zu lassen. Zudem sind Laborversuche zum Brenn- und Explosionsverhalten sehr aufwändig und damit auch teuer (einige Tausend Euro). Eine Untersuchung ist nur in wenigen, begründeten Einzelfällen sinnvoll. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn die Möglichkeit besteht, durch Laborversuche Brand- und Explosionsgefahren von vorneherein auszuschließen. Geht es um Inertisierung oder explosionsfeste Bauweise sind unter Umständen Laborversuche auf einige gezielte Kenngrößen erforderlich, z. B. Bestimmung der Sauerstoffgrenzkonzentration oder des maximalen Explosionsüberdruckes. Eine Standarduntersuchung sollte folgende Kenngrößen umfassen:

Korngrößenverteilung, Feuchte, UEG, Staubexplosionsklasse, Mindestzündenergie, Zündtemperatur, Glimmtemperatur, Brennverhalten

Nachfolgend sind uns bekannte Untersuchungsstellen genannt, die brenn- und explosionstechnische Kenngrößen von Stäuben bestimmen. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Untersuchungsverfahren basieren im Wesentlichen auf den Festlegungen der VDI- Richtlinie 2263. Vor der Beauftragung sollte unbedingt mit dem Labor konkret abgestimmt werden, welche Untersuchungen und Staubmengen erforderlich sind (je nach Parameter bzw. Methode werden zwischen 2 und 50 kg Staub bzw. Feinstaub benötigt) und wie die Proben anzuliefern sind (Verpackung, etc.).

- Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM),
  Labor II.22 – Staubbrände und Staubexplosionen
  Herr Wappler (Tel. -3421), Herr Dr. Schmidt (Tel. -4443)
  Unter den Eichen 87, 12205 Berlin
  Tel.: 030 / 8104 – 0 • Fax: 030 / 8112029 • E-Mail: info@bam.de • www.bam.de

- Institut für Arbeitsschutz (IFA),
  Fachbereich 3, Referat Staubexplosionen
  Herr Dr. Stahmer (Tel. -2508), Herr Hohmann (Tel. -2586)
  Alte Heerstr. 111, 53754 Sankt Augustin
  Tel.: 02241/231 – 01 • Fax:02241/213-1391 • www.dguv.de/ifa/

- IBExU Institut für Sicherheitstechnik GmbH
  Herr Dr. Pärnt (Tel.-21), Frau Flemming (Tel. -27)
  Fuchsmühlenweg 7, 09559 Freiberg
  Tel.: 03731/3805 – 0 • Fax: 03731/23650 • E-Mail: post@ibexu.de • www.ibexu.de

- DEKRA EXAM GmbH Herr Dirk Wessels
  Dinnendahlstr. 9, 44809 Bochum
  Tel.: 0234/3696103 • Fax: 0201/1723982 • E-Mail exam-info@dekra.com • www.dekra-exam.de

- FSA – Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin
  Herr Dr. Arnold
  Dynamostr. 7-11, 68165 Mannheim
  Tel.: 0621/4456-3400 • Fax: 0621/4456-3645 • E-Mail: andreas.arnold@fsa.de • www.fsa.de