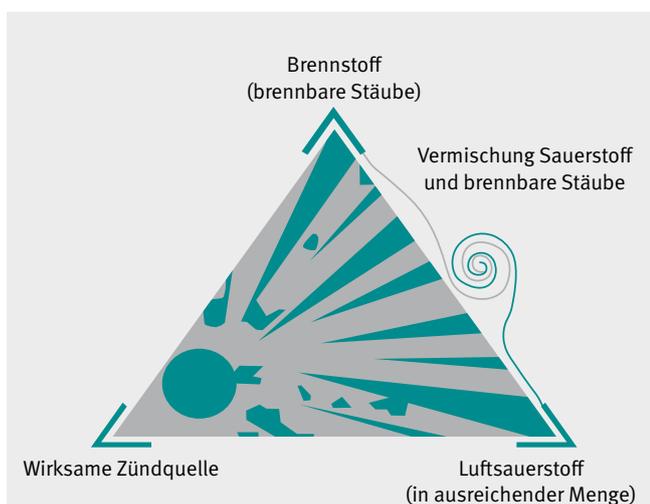


Staubexplosionsschutz – Grundlagen für die Branche Druck und Papierverarbeitung

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

Eine Explosionsgefahr kann nicht ausgeschlossen werden, wenn der Staubanteil mit Korngrößen kleiner 500 µm mehr als 5 Gewichts-% beträgt. In der Branche Druck und Papierverarbeitung sind fast alle auftretenden Stäube brennbar. Brennbare Stäube können als Puder (z. B. Stärke als Druckbestäubungspuder im Bogenoffsetdruck oder für die Leimherstellung in der Wellpappenherstellung) vorliegen oder bei der Be- und Verarbeitung brennbarer fester Stoffe (z. B. Papier, Holz, Kunststoffe) durch Abrieb, Falzen, Fräsen, Schneiden, Stanzen oder Mahlprozesse entstehen.



Explosionsdreieck

Voraussetzungen für das Auftreten von Staubexplosionen

Eine Explosion kann nur unter den im sogenannten Explosionsdreieck beschriebenen Voraussetzungen auftreten: Einflussfaktoren sind die Durchmischung des brennbaren Staubes mit Sauerstoff (Luft), die Konzentration der brennbaren Stoffe in Luft innerhalb der stoffspezifischen Explosionsgrenzen sowie Art und Energieinhalt der Zündquelle (Wirksamkeit).

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die entsprechenden Kenndaten von typischen Stäuben in der Branche Druck und Papierverarbeitung.

BRENN- UND EXPLOSIONSKENNGRÖSSEN BRENNBARER STÄUBE

	Wellpappe Entstaubungs- anlage	Tiefdruck Kreismesser	Tiefdruck Recyclingpapier, Kreismesser	Bogenoffsetdruck Puder- bestäubung	Zeitung Falzapparat
Medianwert der Originalprobe (µm)	47	18	100	25	350
Medianwert der Untersuchungsprobe (µm)	28	18	35	25	32
UEG (g/m ³)	60	125	30	60	30
Mindestzündenergie MZE (mJ)	>30 / <100	>500 / <1.000	>30 / <100	n. b.	n. b.
Zündtemperatur (°C)	420	400	410	400	n. b.
Glimmtemperatur (°C)	340	340	340	410	320
Brennzahl	5	3	3	3	5

Medianwert	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mittlere Korngröße des Staubes (50 Gew.-% des Staubes sind gröber und 50 Gew.-% des Staubes sind feiner als der Medianwert.)
UEG – untere Explosionsgrenze	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Untere Grenze des Konzentrationsbereiches, in dem ein Staub im Gemisch mit Luft zur Explosion gebracht werden kann.
Zündtemperatur	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Die unter vorgegebenen Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der die Entzündung eines brennbaren Staubes als Staub/Luft-Gemisch eintritt.
Glimmtemperatur	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 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	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Die Brennzahl (BZ) charakterisiert das Brand-/Abbrandverhalten eines Stoffes. Die Brennzahl ist ein Kriterium für die Ausbreitung eines Brandes nach lokaler Einwirkung einer hinreichend starken Zündquelle.
Mindestzündenergie	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Die Mindestzündenergie ist ein Beurteilungskriterium für die Zündempfindlichkeit eines Stoffes gegenüber statischer Elektrizität.

Zoneneinteilung staubexplosionsgefährdeter Bereiche

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt. Für brennbare Stäube gilt folgende Einteilung:

Zone 20	Beispiele
Bereich, in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ^{1,2} in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig ³ , vorhanden ist	Im Inneren von Behältern, Rohrleitungen und Apparaturen, kontinuierlich entleerten Silos, Mischern
Zone 21	
Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb ⁴ gelegentlich ⁵ eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ^{1,2} in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann	In unmittelbarer Umgebung von Entleerungs- oder Füllstationen, das Innere von Silos (gelegentliches Befüllen und entleeren)
Zone 22	
Bereich, in dem bei Normalbetrieb ⁴ eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ^{1,2} in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig ⁶ auftritt	Mögliche Staubaufwirbelungen beim Wechsel von Sammelbehältern, Betriebsraum einer Absauganlage bei Undichtigkeiten an Flanschverbindungen oder Rohrleitungen

¹⁾ explosionsfähige Atmosphäre

Ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen. 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.

²⁾ gefährliche explosionsfähige Atmosphäre

Eine explosionsfähige Atmosphäre, die in solcher Menge auftritt, dass Sicherheit und Gesundheit anwesender Personen gravierend gefährdet wären. Mehr als 10 Liter explosionsfähiger Atmosphäre als zusammenhängendes Volumen werden unabhängig von der Raumgröße als gefährlich angesehen.

³⁾ häufig oder über lange Zeiträume

zeitlich überwiegend, mehr als 50 % der Betriebsdauer

⁴⁾ Normalbetrieb

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.

⁵⁾ gelegentlich

was nicht unter die Begriffe kurzzeitig und häufig oder über lange Zeiträume fällt

⁶⁾ kurzzeitig

wenige Male pro Jahr für bis zu 30 Minuten

Anforderungen an Geräte zum Einsatz in explosionsgefährdeten Zonen

In explosionsgefährdeten Zonen dürfen grundsätzlich nur Geräte, Komponenten und Schutzsysteme gemäß der Richtlinie 2014/34/EU ATEX-Produktlinie) 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.

Zone	Gerätesicherheit muss gewährleistet sein ...	Sicherheitsmaß der Geräte	Geräteklasse	Verwendung in Zone
20	selbst bei seltenen Störungen	sehr hoch	1 D	20, 21, 22
21	im Normalbetrieb und bei anzunehmenden Störungen	hoch	mindestens 2 D	21, 22
22	im Normalbetrieb	normal	mindestens 3 D	22

Maßnahmen zum Staubexplosionsschutz

Ist die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre möglich, sind Explosionsschutzmaßnahmen notwendig. Maßnahmen, welche die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre vermeiden, sind primär anzuwenden. Kann die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre nicht ausgeschlossen werden, sind weitere Maßnahmen oder geeignete Kombinationen von Maßnahmen anzuwenden.

1 Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre (TRGS 722)

Wichtige Maßnahmen 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 Staubablagerungen in größeren Mengen entstehen
- sofortige Reinigung bei störungsbedingtem Staubaustritt

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

2 Vermeidung wirksamer Zündquellen (TRGS 723)

In der betrieblichen Praxis sind hauptsächlich 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, z. B. Schaltvorgänge, Motoren etc.
- elektrostatische Entladungsfunken (siehe TRGS 727)

Wenn die Maßnahmen nach Punkt 2 die Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre nicht sicher verhindern, müssen weitere Maßnahmen durchgeführt werden:

3 Beschränkung der Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß durch konstruktive Maßnahmen (TRGS 724)

- explosionsfeste Bauweise (TRGS 724, Kapitel 4)
- Explosionsdruckentlastung (z. B. Berstscheiben an Durchlauftrocknern oder Silos) (TRGS 724, Kapitel 5)
- Explosionsunterdrückung (z. B. Funkenlöschlage) (TRGS 724, Kapitel 6)
- Verhindern der Flammen- und Explosionsübertragung (z. B. Zellradschleuse mit Dichtlippen oder Rückschlagklappen) (TRGS 724, Kapitel 8)

Gefährdungsbeurteilung zum Explosionsschutz

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

- Beurteilung der Explosionsrisiken (Gefährdungsbeurteilung)
- Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes, wenn ohne Anwendung von Schutzmaßnahmen gefährliche explosionsfähige Gemische entstehen oder vorhanden sein können
- Ergreifen technisch-organisatorischer Explosionsschutzmaßnahmen, wenn die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre möglich ist. Bereiche, in denen das Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht ausgeschlossen werden kann, sind in Zonen einzuteilen. Innerhalb der Zonen müssen Zündquellen vermieden werden.

Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub, die zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen können, sind bei der Gefährdungsbeurteilung 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.



Weitere Informationen

- ▶ Gefahrstoffverordnung, Betriebssicherheitsverordnung sowie die Technischen Regeln der Reihe 700 und 800 (Brand- und Explosionsschutz)
https://www.baua.de/DE/Home/Home_node.html
- ▶ Berufsgenossenschaftliche Informationen, Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) DGUV Regel 113-001, nationale und europäische Regelungen
<https://www.bgrci.de/exinfode/start>
- ▶ GESTIS-Staub-Ex: Datenbank Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben
<https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-staub-ex/index.jsp>

Anlage 1

Firma:	Checkliste zur Gefährdungsbeurteilung brennbarer Stäube			Datum:
Ort:				
Arbeitsbereich:				
Erstellt von:		Unterschrift:		
1. Brennbarkeit und Explosionsfähigkeit		Ja	Nein	n. a.
Liegen brennbare Stäube vor? <i>Dabei ist die chemische Zusammensetzung, Korngrößenverteilung und Feuchte zu berücksichtigen. Die sicherheitstechnischen Kenngrößen (z. B. Der Datenbank GESTIS-Staub-Ex (https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-staub-ex/index.jsp) oder dem Sicherheitsdatenblatt) müssen ermittelt werden.</i>				
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: <ul style="list-style-type: none"> • 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.
Finden technische Maßnahmen zur Minimierung von Staub Anwendung, arbeiten diese Systeme einwandfrei?				
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?				
Sind Räume, in denen Staub freigesetzt wird, so ausgeführt, dass eine einfache Reinigung möglich ist und sich kein Staub an unzugänglichen Stellen, z. B. auf Trägersystemen oder Quertraversen, ablagert?				
Wird der ordnungsgemäße Zustand der technischen Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Stäube regelmäßig kontrolliert?				
3. Organisatorische Maßnahmen		Ja	Nein	n. a.
Mengen und Konzentrationen begrenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Wird abgelagerter Staub an Maschinen und Gebäudeteilen regelmäßig beseitigt und sind 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 Mitarbeitenden unterwiesen worden?				
Werden auch bei Instandhaltungsarbeiten Schutzmaßnahmen beachtet?				

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 zur Bestimmung von Brenn- und Explosionskenngrößen sehr aufwändig und teuer. 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 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, 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.).



Weitere Informationen

- ▶ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Labor II.22 – Staubbrände und Staubexplosionen
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
Alte Heerstr. 111, 53754 Sankt Augustin
Tel.: 02241/231-01 Institut für Arbeitsschutz (IFA), Fachbereich 3, Referat Staubexplosionen
Alte Heerstr. 111, 53754 Sankt Augustin
Tel.: 02241/231-01, Fax: 02241/213-1391
www.dguv.de/ifa

- ▶ IBExU Institut für Sicherheitstechnik GmbH
Fuchsmühlenweg 7, 09559 Freiberg
Tel.: 03731/3805-0, Fax: 03731/23650
E-Mail: post@ibexu.de, www.ibexu.de

- ▶ DEKRA EXAM GmbH
Dinnendahlstr. 9, 44809 Bochum
Tel.: 0234/3696103 DEKRA EXAM GmbH
Dinnendahlstr. 9, 44809 Bochum
Tel.: 0234/3696103, Fax: 0201/1723982
E-Mail: products.de@dekra.com
www.dekra-testing-and-certification.de

- ▶ FSA – Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin
Dynamostr. 7–11, 68165 Mannheim
Tel.: 0621/4456-3400, Fax: 0621/4456-3645
www.fsa.de

Bildnachweis: Lindner & Steffen GmbH

**Berufsgenossenschaft
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse**

 www.bgetem.de

Bestell-Nr. S314

1 · 0 · 3 – Stand: 03/23

Alle Rechte beim Herausgeber