

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Staubbrände und Staubexplosionen
Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen

VDI 2263

Entwurf

Dust fires and dust explosions – Hazards –
assessment – protective measures

Einsprüche bis 2017-07-31

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal
<http://www.vdi.de/einspruchsportal>
- in Papierform an
VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt
Fachbereich Sicherheit und Management
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweise	2
3 Begriffe	2
4 Formelzeichen	4
5 Gefahren durch brennbare Stäube	4
5.1 Notwendige Voraussetzungen und Beispiele für Staubbrände und Staubexplosionen	4
5.2 Entstehen von Staub	4
5.3 Brand- und Explosionsverhalten von Staub	5
6 Untersuchungsverfahren zur Beurteilung von Staub	9
7 Staubbrände – Schutzmaßnahmen	10
7.1 Vorbeugender Brandschutz	10
7.2 Abwehrender Brandschutz	11
7.3 Brände von Schüttgütern in geschlossenen Behältnissen (Silos)	12
8 Staubexplosionen – Schutzmaßnahmen	13
8.1 Gesetzliche Anforderungen	13
8.2 Zoneneinteilung und Gerätekategorien	14
8.3 Bewertung von Altanlagen	16
8.4 Vorbeugender Explosionsschutz	16
8.5 Konstruktiver Explosionsschutz	23
9 Beispiele für wichtige Einzelmaßnahmen	27
9.1 Oberflächengestaltung in Betriebsräumen mit Staubanfall	27
9.2 Rohrleitungsverlegung in Betriebsräumen mit Staubanfall	27
9.3 Apparative Vorkehrungen	27
9.4 Instandhaltung	31
Schrifttum	33

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Sicherheit und Management

VDI-Handbuch Management und Sicherheit in der Umwelttechnik
VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 6: Abgasreinigung – Staubtechnik
VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 4: Arbeitsschutz

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. *Uli Heinz Barth*, Wuppertal

Ing. *Klaus Budde*, Hanau

Dr. *Hans-Georg Burckhardt*, Maintal

Lars Dammann, Bremen

Dr. *Johannes Fischer*, Ludwigshafen

Dr. *Jürgen Franke*, Frankfurt am Main

Dipl.-Ing. *Martin Gosewinkel*, Hamm

Dipl.-Ing. *Stefan Grund*, Dortmund

Dr.-Ing. *Uwe Heinz*, Leverkusen

Dr.-Ing. *Ute Hesener*, Bochum

Dipl.-Ing. *Stephanie Klose*, Gelsenkirchen

Dr. *Gerhard Krause*, Potsdam

Dipl.-Ing. *Volker Krone*, Ratingen

ING. (HTL) *Milan Kucera*, CH-Uzwil

Dipl.-Ing. *Alexey Leksin*, Wuppertal

Dipl.-Ing. *Jörg Liebtruth*, Bochum

Dipl.-Ing. *Joachim Lucas*, Freiberg

Dipl.-Ing. *Gerhard Nied*, Osterburken

Dipl.-Ing. *Björn Poga*, Heidelberg

Prof. Dr.-Ing. *Siegfried Radandt*, Brühl

Dr.-Ing. *Marc Scheid*, CH-Münchwilen

Dr. *Martin Schmidt*, Berlin

Dr. *Klaus-Werner Stahmer*, Sankt Augustin

Dr.-Ing. *Albrecht Vogl* (Vorsitzender), Mannheim

Dr. *Werner Wildner*, Aschaffenburg

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2263.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Beurteilung von Gefahren und für Maßnahmen zur Verhütung von

Staubbränden und Staubexplosionen einschließlich deren gefährlicher Auswirkungen [10].

Sie wendet sich an Führungskräfte und Fachleute aus der Energie-, Chemie- und Lebensmittelverfahrenstechnik, die sich einen Überblick über aktuelle gesetzliche Vorschriften und technische Regeln verschaffen wollen.

2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

Steen, H.: Handbuch des Explosionsschutzes.
Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2012

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die Begriffe nach [10] und die folgenden Begriffe:

Brennzahl

Kennzahl eines Produkts zur Charakterisierung des Reaktionsablaufs einer definierten Staubschüttung nach äußerer Entzündung

Anmerkung: siehe VDI 2263 Blatt 1

Detonation

Explosion, die sich mit Überschallgeschwindigkeit fortpflanzt, gekennzeichnet durch eine Stoßwelle [DIN EN 13237, 3.8]

exotherme Zersetzung

eine auch ohne Luftsauerstoff stattfindende Reaktion, die zu einer Selbsterhitzung und bei Gasfreisetzung zu einer Drucksteigerung führen kann

Explosion

plötzliche Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit Anstieg der Temperatur, des Drucks oder beider gleichzeitig [DIN EN 13237, 3.14 nach ISO 8421-1:1987]

Explosionsdruck (p_{ex})

höchster Druck, der in einem geschlossenen Behälter bei der Explosion eines definierten Brennstoff/Luft- oder Brennstoff/Luft/Inertgas-Gemischs unter festgelegten Prüfbedingungen auftritt [DIN EN 13237, 3.21 nach DIN EN 15967:2011, 3.1]

Explosionskenngröße

sicherheitstechnische Kenngröße für Explosions-eigenschaften brennbarer Stoffe im Gemisch mit Luft unter atmosphärischen Bedingungen

Beispiele: p_{max} , K_{St}

Glimmtemperatur

Mindestzündtemperatur einer Staubschicht mit einer Schichtdicke von 5 mm

hybrides Gemisch

Gemisch von Luft und brennbaren Stoffen in unterschiedlichen Aggregatzuständen [DIN EN 13237, 3.40]

Anmerkung: siehe VDI 2263 Blatt 5

 K_{St} -Wert (K_{St})

staubspezifische, volumenunabhängige Kenngröße, die mit dem kubischen Gesetz berechnet wird

$$K_{St} = \left(\frac{dp}{dt} \right)_{\max} \cdot V^{1/3} = \text{const.} \quad (1)$$

[DIN EN 13237, 3.48 nach DIN EN 14034-2:2006+A1:2011, 3.8]

maximaler Explosionsdruck (p_{\max})

Höchstwert des Explosionsdrucks, der bei den Prüfungen des Explosionsdrucks gemessen wird, wenn der Anteil an brennbaren Stoffen in dem Gemisch variiert wird [DIN EN 13237]

maximaler reduzierter Explosionsüberdruck

($p_{\text{red, max}}$)

durch die Explosion einer explosionsfähigen Atmosphäre in einem entweder durch Explosionsentlastung (Druckentlastung) oder Explosionsunterdrückung geschützten Behälter hervorgerufener maximaler Überdruck [DIN EN 13237, 3.60, DIN EN 14491, 3.12]

maximaler zeitlicher Explosionsdruckanstieg

(dp/dt)_{max}

höchster Wert des bei den Prüfungen gemessenen zeitlichen Explosionsdruckanstiegs, der sich durch Variieren des Anteils an brennbaren Stoffen im Gemisch ergibt [DIN EN 13237, 3.21.3 nach DIN EN 15967:2011, 3.3]

Medianwert (M)

Wert für die mittlere Korngröße, bei der 50 % Gewichtsanteil des Staubs gröber und 50 % Gewichtsanteil feiner sind

Mindestzündenergie (MZE)

in einem Kondensator gespeicherte niedrigste Energie, die bei einer Entladung ausreichend ist, um unter festgelegten Prüfbedingungen die Zündung der zündfähigsten explosionsfähigen Atmosphäre auszulösen [DIN EN 13237, 3.54]

Mindestzündtemperatur einer Staubwolke

niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, die das zündfähigste Staub-Luft-Gemisch unter festgelegten Prüfbedingungen entzündet [DIN EN 13237, 3.45.1]

Mindestzündtemperatur einer Staubschicht

niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der unter festgelegten Bedingungen die Entzündung der Staubschicht auftritt [DIN EN 13237, 3.45.2]

der Staubschicht auftritt [DIN EN 13237, 3.45.2]

obere Explosionsgrenze (OEG, obere Zündgrenze) höchste Konzentration im Explosionsbereich, mit der eine Explosion auftreten kann [DIN EN 13237, 3.19.2]

Anmerkung: Gemäß DIN EN 14034-3 wird die Konzentration angegeben, bei der während des Versuchs gerade keine Explosion mehr auftritt.

reduzierter Explosionsüberdruck (p_{red})

auftretender Explosionsüberdruck, welcher durch eine Explosion einer explosionsfähigen Atmosphäre in einem Behälter nach einer wirksamen Explosionsdruckentlastung oder Explosionsunterdrückung hervorgerufen wird [DIN EN 13237]

Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK)

maximale Sauerstoffkonzentration in einem Gemisch eines brennbaren Stoffs mit Luft und inertem Gas, in dem eine Explosion nicht auftritt, bestimmt unter festgelegten Versuchsbedingungen [DIN EN 13237, 3.49]

Anmerkung: Die SGK hängt nicht nur vom brennbaren Stoff ab, sondern auch vom verwendeten Inertgas. [DIN EN 13237, 3.49]

Selbstentzündung

Vorgang, bei dem eine Staubschüttung bei allseitiger Wärmeeinwirkung und Anwesenheit von Luft nach vorangegangener Selbsterhitzung zur Entzündung kommt (abhängig vom Volumen der Schüttung)

Staub

kleine Feststoffpartikel in der Atmosphäre, die sich aufgrund ihres Eigengewichts absetzen, aber noch für einige Zeit als Staub-Luft-Gemisch in der Atmosphäre erhalten bleiben können

Anmerkung: Im Allgemeinen können brennbare Feststoffpartikel mit Korngrößen < 500 µm explosionsfähige Staub-Luft-Gemische bilden.

Staubexplosionsklasse

Klasse, in die Stäube aufgrund ihrer K_{St} -Werte eingeordnet werden

Anmerkung: Staubexplosionsklasse K_{St} (bar m/s)

- St 1 ≤ 200
- St 2 > 200 bis 300
- St 3 > 300

Staub-Luft-Gemisch

in der Luft aufgewirbelter Staub

Anmerkung: Kennzeichnende Größe ist die Staubkonzentration in g/m³.