

AZO.
Wir bringen's auf den Punkt

Schüttgut-Tag

Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben

Bedeutung für Planung und Betrieb von Anlagen



GERHARD NIED
Technical Director
AZO GmbH + Co KG

Quelle: „FSA Versuchsstrecke“ Kappelrodeck

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 1

AZO.
Wir bringen's auf den Punkt

Schüttgut-Tag

Rohstoffe, Schüttgüter, Flüssigkeiten



Raw materials, bulk materials, liquids

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 2

AZO.
Wir bringen's auf den Punkt

Schüttgut-Tag

Wir bringen's auf den Punkt



Right to the Point

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 3

AZO. Wir informieren auf dem Punkt! Schüttgut-Tag

Kundenprodukte

AZO-Food
AZO-Vital
AZO-Chem
AZO-Poly

Customer products

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 4

AZO. Wir informieren auf dem Punkt! Schüttgut-Tag

Automatisierung von Schüttgütern (Beispiel: Mischerbeschickung)

Schüttgüter:
Mehl, Zucker, Stärke

Klein-Komponenten:
Geschmacksstoffe

Vermischung:
Vitamine, Stärke

Mittel-Komponenten:
Salz, Maltodextrin

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 5

AZO. Wir informieren auf dem Punkt! Schüttgut-Tag

Staubexplosionskenngrößen

Staub	Mindestzündenergie mJ	Kat-Wert barm/s	Max. Explosions-überdruck bar	Untere Explosions-grenze g/m ³	Zündtemperatur °C
Zucker	10 < E < 100	138	8,6	60	350 (schmilzt)
Maltodextrin	1 < E < 10	133	7,8	30	400 (schmilzt)
Weizenmehl (3127)	> 100	77	6,9	Keine Information	400
Weizenmehl (0226)	Keine Information	(91.1)	Keine Explosion	Keine Information	> 500
Reisemehl	> 100	101	8,3	60	460
Kartoffelstärke (3425)	> 1000	53	8,4	60	450
Maisstärke	> 100	210	10,3	30	510
Salz	Nicht brennbar, nicht zündfähig				

Referenz:
Sicherheitsdatenblätter
Reelle Testergebnisse
Datenbank-Informationen
Chemsafe
Gestis-Staub-Ex

Wichtig!
Die **Einsatzgrenzen** der Datenbank-Infos zu den **Brand- und Explosionskenngrößen** von Stäuben **müssen beachtet werden.**

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 6

AZO. Schüttgut-Tag
Wir bringen's auf den Punkt!

Schnittstelle Betreiber und Hersteller

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 7

AZO. Schüttgut-Tag
Wir bringen's auf den Punkt!

Explosionsschutz in Europa (wichtige Vorschriften)

Maschinen-Richtlinie 2006/42/EG

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 8

AZO. Schüttgut-Tag
Wir bringen's auf den Punkt!

Gefährdungs-Beurteilung bei Explosionsgefahr

Ex-Kenngrößen zu kennen hilft bei der Auslegung von Anlagen

1. Explosionsfähigkeit (ja/nein)
2. Zoneneinteilung
3. Ermittlung wirksamer Zündquellen
4. Abschätzung der Auswirkungen einer Explosion
5. Festlegung konstruktiver Explosionsschutzmaßnahmen

Gefährdungsbeurteilung ist ein iterativer Prozess!

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 9

AZO. Wir bringen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Wichtigste Inhalte des Explosionsschutzdokuments

BetrSichV fordert ein Explosionsschutzdokument

Quelle: Bild „IVSS“ Broschüre Zündgefahren

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 10

AZO. Wir bringen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Große Staub-Explosionsereignisse weltweit

- 1979 Mehl-Staubexplosion in der Bremer Rolandmühle, 14 Tote, 17 Verletzte und großer Sachschaden (1 Jahr Produktionsausfall)
- 1997 Getreide-Staubexplosion in einer Getreideaufbereitung Blaye in Frankreich, 11 Tote, 1 Verletzter und sehr großer Sachschaden
- 2008 Zuckerstaubexplosion in Savannah Georgia USA, 14 Tote, 30 Verletzte und komplette Zerstörung der Anlage

Schadensablauf Bremer Rolandmühle:

- Brand im Probenlagerraum
- Verbreitung über Deckendurchbrüche und Sackrutsche
- Aufwirbeln von abgelagertem Staub und Entzündung
- Erste Druckwelle führte zum Aufwirbeln weiteren Staubes
- Kettenreaktion durch lang gestreckte Brücke
- Übertragung größerer Druckwelle in Silobereich
- Folgeexplosionen in angrenzenden Gebäuden

Quelle: Bild IVSS-Broschüre „Staubexplosionsereignisse“

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 11

AZO. Wir bringen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Staub-Explosion in Frankreich Getreidesilos (1997)

- 11 Tote
- 1 Verletzter
- Hoher Sachschaden

Quelle: Bilder „JNERIS“

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 12

AZO. Wir betonen's auf dem Punkt! Schüttgut-Tag

Zuckerstaub-Explosion am 7. Februar 2008 in Savannah, Georgia, USA

- 14 Tote
- 30 Verletzte
- Hoher Sachschaden

Quelle: Bilder „OSHA und CSB“

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 13

AZO. Wir betonen's auf dem Punkt! Schüttgut-Tag

Anteil der am häufigsten betroffenen Industrien

Industrie	Anteil
Eisen / Stahl	39%
Nicht-Eisen-Metall	23%
Elektro	12%
Kunststoff	7%
Nahrung	3%
Kohle	3%
Papier	3%
Maschinen	1%
Holz	1%
Bergbau	1%
Textil	1%
Mineralstoffe	1%
andere	1%

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 14

AZO. Wir betonen's auf dem Punkt! Schüttgut-Tag

Gefährdungsbeurteilung (Umgang mit Gefahrstoffen)

Kenntnis über gefährliche Eigenschaften

↓

Sicherheitsdatenblätter

Toxische Eigenschaften
Physikalisch-/chemische Eigenschaften

↓

Brenn- und Explosionskenngrößen

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 15

AZO. Wir bringen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Örtliche und betriebliche Verhältnisse

- Umgang mit den Stoffen (offene/geschlossene Gebinde)
- Offene/geschlossene Apparaturen
- Beschickungs-/Entleerungsöffnungen
- Undichtigkeiten

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 16

AZO. Wir bringen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Gefahrdrohende Menge

Grundsätzlich gelten in geschlossenen Räumen bereits **10 l explosionsfähiger Atmosphäre als gefahrdrohend.**
 Darüber hinaus auch schon **1/10.000** des jeweiligen Raumvolumens, d.h. in einem Volumen von **80 m³ bereits 8 l.**

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 17

AZO. Wir bringen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Betreiber

Der **Betreiber** hat nach **GefahrstoffV** zunächst eine **Gefährdungsbeurteilung** durchzuführen.

Hierzu sind verschiedene Sachverhalte zu klären, insbesondere ob

im Bereich der zu beurteilenden Anlage oder im Inneren von Apparaturen **explosionsfähige Atmosphäre** auftreten kann.

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 18

AZO. Wir helfen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Korngrößenverteilung ist wichtig bzgl. EX-Atmosphäre

Das Explosionsverhalten von Stäuben ist in starkem Maße von der Korngrößenverteilung abhängig.

Bei Korngrößen > 1 mm ist nicht mehr mit einer Staubexplosionsfähigkeit zu rechnen.

Korngrößenbereiche zwischen 1 und 0,5 mm können im Einzelfall explosionsfähige Stäube in Abhängigkeit der Stoffe bewirken.

Brennbare Stäube mit einem Durchmesser < 0,5 mm sind grundsätzlich staubexplosionsfähig.

Befüllen einer Schüttgasse mit Schrot

Quelle: Bilder JVSS' Broschüre Zündgefahren

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 19

AZO. Wir helfen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Untere Explosionsgrenze „Staubkonzentration“

30 g/m³
30.000 mg/m³

Untere Explosionsgrenze
Stäube der Pharmazie, Lebensmittel, Kunststoffe

Explosionsschutz

Staubablagerungen sind zu beachten!
Bei den meisten brennbaren Stäuben reicht bereits eine gleichmäßig über die gesamte Bodenfläche verteilte Staubablagerung von weniger als 1 mm Schichtdicke aus, um beim Aufwärmen einen Raum normaler Höhe mit explosionsfähigem Staub/Luft-Gemisch vollständig auszufüllen.

0,02 g/m³
20 mg/m³

Emissionswert für Gesamtstaub
gemäß TA-Luft

Umweltschutz

0,003 g/m³
3 mg/m³

Allgemeiner Staubgrenzwert
unlöslicher Stäube

Arbeitschutz

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 20

AZO. Wir helfen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Zonen mit dem Bezug auf die Dauer

Zone 20
Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Zone 21
Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann.

Zone 22
Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 21

AZO. Wir bringen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Brennbarkeit - Explosionsfähigkeit

Chemische Zusammensetzung des Stoffes.
Ist der Stoff **brennbar** (exotherm oxidierbar)?

und

Ist der Stoff als Staub im Gemisch mit Luft **explosionsfähig**?

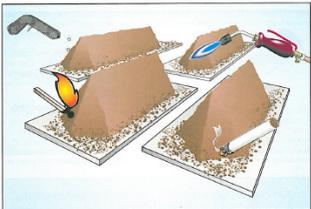
19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 25

AZO. Wir bringen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Stoffeigenschaften (Entzündbarkeit)

Stäube:
Mehl, Puder, Pulver (Staub)
Grobkörnige Handelsware
Zerkleinern, Abrieb ⇒ Feinstaub

Bewertung:
Wenn der abgelagerte Staub entzündet werden kann, wird der Staub als brennbar betrachtet.
Alle brennbaren Feststoffe sind als Staub auch explosionsfähig



Quelle: „JVSS Broschüre“ Bestimmen der Brenn- und Explosionskenngrößen
Prüfen der Entzündbarkeit von Staubablagerungen mit verschiedenen Zündquellen
- Gasflamme
- brennende Zigarette
- Streichholz
- Eisenfunken

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 26

AZO. Wir bringen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Brennverhalten des abgelagerten Staubes

Brennzahl	Art der Reaktion
BZ 1	kein Anbrennen
BZ 2	kurzes Entzünden/rasches Erlöschen
BZ 3	örtliches Brennen oder Glimmen (kein oder sehr geringes Ausbreiten)
BZ 4	Ausbreiten eines Glimmbrandes oder langsames, flammenloses Zersetzen
BZ 5	Ausbreiten eines offenen Brandes (Brennen unter Flammenerscheinung)
BZ 6	verpuffungsartiges Abbrennen



19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 27

AZO. Schüttgut-Tag
Wir bringen's auf den Punkt!

Staubexplosionsklassen / K_{St} -Werte

St 1
 $> 0 \text{ bar}\cdot\text{m}/\text{sec} < K_{St} \leq 200 \text{ bar}\cdot\text{m}/\text{sec}$

St 2
 $> 200 \text{ bar}\cdot\text{m}/\text{sec} < K_{St} < 300 \text{ bar}\cdot\text{m}/\text{sec}$

St 3
 $K_{St} > 300 \text{ bar}\cdot\text{m}/\text{sec}$

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 28

AZO. Schüttgut-Tag
Wir bringen's auf den Punkt!

Explosionsfähigkeit im geschlossenen 1-m³-Behälter oder (20-l-Kugel) zur Bestimmung von P_{max} und K_{st} -Wert

Quelle: 'JVSS Broschüre' Bestimmen der Brenn- und Explosionskenngrößen

Explosionsüberdruck und zeitlicher Druckanstieg

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 29

AZO. Schüttgut-Tag
Wir bringen's auf den Punkt!

Kenngößen P_{max} , K_{st} -Wert, P_{red} und P_{stat}

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 30

AZO. Schüttgut-Tag
Wir bringen's auf den Punkt!

Kenngößen für Konstruktiven Explosionsschutz

Explosionsfeste Bauweise  
 → p_{max} oder p_{red}

Explosionsdruckentlastung  
 → p_{max} , $(dp/dt)_{max}$ bzw. K_{St} → p_{red}

Explosionsunterdrückung  
 → p_{max} , $(dp/dt)_{max}$ bzw. K_{St} → p_{red}

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 31

AZO. Schüttgut-Tag
Wir bringen's auf den Punkt!

Silos mit Druckentlastung oben oder seitlich




Quelle: Bilder „AZO-Anlagenbeispiele“

Berechnung der erf. Druckentlastungsfläche nach VDI 3673
 Reduzierter Explosionsüberdruck $p_{red} = 1$ bar
 Statischer Ansprechüberdruck der Bertscheibe $p_{stat} = 0,1$ bar

Quelle Bild: „Rembar“

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 32

AZO. Schüttgut-Tag
Wir bringen's auf den Punkt!

Gegenüberstellung der konstruktiven Schutzmaßnahmen

			
Auslegung	einfach	anspruchsvoll	komplex
Kriterien	Containment Explosionsfestigkeit P_{max} Entkopplung	Unterdrückung Explosionsfestigkeit P_{red} , - System - Detektion - Löschmedium Entkopplung	Entlastung Explosionsfestigkeit P_{red} , - Entlastungsart - Abblasrohr - Rückstosskraft Standort Sichere Richtung Sicherheitsdistanz Umwelt Entkopplung

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 33

AZO. Wir helfen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Höchstzulässige Oberflächentemperaturen

75 K unter Mindestzündtemperatur der Staubschicht
(5 mm = GT, 10 mm, 15 mm)

sind erlaubt für mögliche Ablagerungsflächen

19. Schüttgut-Tag 17.18. Juni 2010 Wiesbaden 40

AZO. Wir helfen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Betriebsmittel in staubexplosionsgefährdeten Bereichen

Einsatz in	Kennzeichnung	Staubschutz ¹
Zone 20	II 1D T... °C	IP 6X
Zone 21 + Zone 22 mit leitfähigem Staub	II 2D T... °C	IP 6X
Zone 22	II 3D T... °C	IP 5X

Maximal zulässige Oberflächentemperatur der Betriebsmittel
ermittelt aus der Zünd- und Glimmtemperatur des Staubes.
Der niedrigere der Werte aus
• 2/3 der Zündtemperatur oder
• Glimmtemperatur - 75 K
ist anzusetzen
Bsp.:
Milchpulver Zündt. 470 °C 2/3 = 310 °C
Glimmt. 350 °C -75 = 275 °C
Max. Oberflächentemperatur 275 °C

Leitfähig
Spezifischer elektrischer Widerstand entsprechend DIN EN 50281-1-2
 $R_{sp} \leq 10^3 \Omega m$

¹ Für elektrische Betriebsmittel
Schutzarten durch Gehäuse entspr. DIN EN 60529
1. Kennziffer: Gegen Eindringen von festen Fremdkörpern
5 = staubgeschützt
6 = staubdicht
2. Kennziffer: Gegen Eindringen von Wasser mit schädlicher Wirkung
x = für Staubexplosionenschutz nicht relevant

19. Schüttgut-Tag 17.18. Juni 2010 Wiesbaden 41

AZO. Wir helfen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Das Selbstentzündungsverhalten von Staubschüttungen ist abhängig von:

- Chemie
- Schüttvolumen und Form
- Umgebungs-/Lagertemperatur
- Dauer der Temperatureinwirkung

19. Schüttgut-Tag 17.18. Juni 2010 Wiesbaden 42

AZO. Wir setzen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Beschaffenheit der Stäube

Wenn **nicht** alle Randbedingungen hinreichend **genau** übereinstimmen sind die zu beurteilenden Stäube **im Labor zu untersuchen.**

Und zwar unter den **Bedingungen** (wie Feinheit, Feuchte, Temperatur), unter denen sie im **ungünstigsten Fall zu erwarten sind.**

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 46

AZO. Wir setzen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Kenngößenbestimmung



Bestimmen der Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben

VDI 3673
VDI 2263
EN 14034

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 47

AZO. Wir setzen's auf den Punkt! Schüttgut-Tag

Fragen sind willkommen!

AZO GmbH + Co KG
Rosenbergerstraße 28
D-74706 Osterburken
Tel. +49 (0)6291-92343
nd@azo.de

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Gerhard Nied

19. Schüttgut-Tag 17./18. Juni 2010 Wiesbaden 48
