

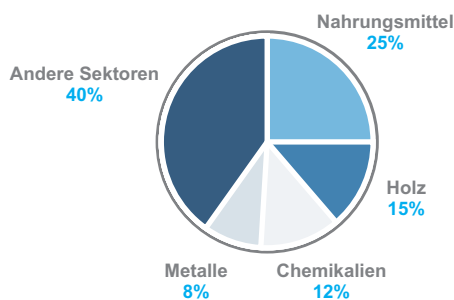
# Kontrolle der Gefahren statischer Elektrizität Staubexplosionen

Im Jahr 2006 veröffentlichte das **U.S. Chemical Safety Board (CSB)** die Ergebnisse einer groß angelegten Studie, die den Umfang und die verheerenden Folgen von **Staubexplosionen** untersucht, die zwischen 1980 und 2005 in der Chemie verarbeitenden Industrie der USA auftraten.

In jenem Zeitraum wurden **281 Explosionen** durch entflammare, brennbare Staubatmosphären verursacht, was zu 199 Todesfällen und der Verletzung von 718 Arbeitskräften führte (1). In Großbritannien verzeichnete das **Amt für Gesundheit und Sicherheit (HSE)** **303 Staubexplosionen** über einen Zeitraum von 9 Jahren, und diesbezügliche Unterlagen in **Deutschland** belegen **426 ähnliche Vorfälle** über einen Zeitraum von 20 Jahren (2).

Ein Versicherungsträger gab für einen Zehnjahreszeitraum 450 auf Schüttgutbrände und Staubexplosionen zurückzuführende Vorfälle in seiner Kundenbasis an. Die Schadenhöhe belief sich auf insgesamt \$ 580 Mio., mit einem durchschnittlichen Bruttoverlust durch Staubexplosionen in Höhe von \$ 1,9 Mio. und durch Schüttgutbrände verursachten Kosten von \$ 1,2 Mio (3).

Seit der Veröffentlichung des Berichts forderte das **CSB** die Arbeitsschutzbehörde in den Vereinigten Staaten **OSHA** wiederholt dazu auf, mehr zur Regulierung der Sicherheit von Betriebsverfahren in der Verarbeitung brennbarer und entzündlicher Pulver zu unternehmen. Die Explosion in einer Zuckerfabrik von Imperial Sugar in Port Wentworth im Februar 2008 sollte eine Warnung für viele Industriezweige über die hohe Gefährlichkeit und Relevanz von Staubexplosionen sein. In etwa 70 % aller Verfahren der Chemie verarbeitenden Industrie wird mit Pulvern in einer entflammaren Form umgegangen (4).



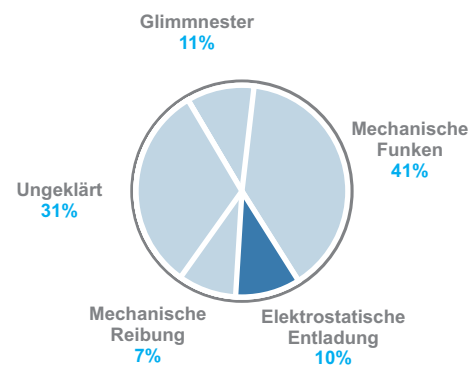
**CSB studie** 1980 bis 2005: Sektoren, in denen Schüttgutbrände und Staubexplosionen aufgezeichnet wurden.

**Für die Entzündung einer brennbaren Staubwolke müssen bestimmte Bedingungen gegeben sein, wie zum Beispiel:**

- Eine dispergierte Staubwolke-Sauerstoff-Mischung über ihrer minimalen Explosionskonzentration (MEC).
- Ein physikalischer Einschluss der Staubwolke, der zu einem rapiden Druckaufbau führt, der wiederum Verpuffungen aus der Prozessausrüstung in offene Arbeitsbereiche hinein verursacht.
- Eine Wärmequelle mit ausreichend Energie zur Entzündung der brennbaren Atmosphäre.

Primäre Verpuffungen treten normalerweise in Prozessausrüstung auf, z.B. in Staubabscheidern und Mischvorrichtungen. Sekundäre Explosionen entstehen durch den Bruch von Sicherheitsbehältern bzw. Eindämmungen, wobei sich die primäre Verpuffung durch die Fördersysteme oder durch die durchbrochenen mechanischen Eindämmungen in die Verarbeitungsmaschinen ausbreitet. Sekundäre Explosionen wirbeln die auf den Flächen angesammelten Staubschichten auf und entzünden sie, wodurch der Großteil der verheerenden Folgen für die Arbeitskräfte, Gebäude und Anlagen verursacht wird. Um eine sekundäre Verpuffung zu erzeugen, ist lediglich eine 1,6 mm dicke Staubschicht erforderlich, die durch die Primärexplosionen dispergiert wird (3).

Drei voneinander unabhängige Studien, deren erstellte Daten auf insgesamt 1.100 in den USA, GB und Deutschland untersuchten Staubexplosionen beruhen, führen Prozessausrüstung auf, die nachweislich Quellen für primäre Staubexplosionen sind (2). Die folgenden Prozesse sind am meisten gefährdet, von solchen Explosionen betroffen zu werden: Staubabsaugung, Pulvermahlen und Pulverisierung, Pulvertransfers, Befüllung von Silos und Containern sowie Mischen und Blenden von Pulver.



**In Deutschland** erstellte Studie: Aufgezeichnete Zündquellen in Staubexplosionen

Das oben stehende Diagramm, das auf 426 Vorfällen basiert, schlüsselt die bekannten primären Zündquellen prozentual auf. Elektrostatische Entladungen machen bis zu 10 % der bekannten primären Zündquellen aus. Die Kategorie „Ungeklärt“ steht für Vorfälle, für die keine physikalischen Beweise (elektrische oder mechanische Ursachen) ermittelt werden konnten. Vermutlich sind elektrostatische Entladungen eine sehr häufige Ursache in dieser Kategorie. Da es jedoch keine Zeugen dafür gibt, die nachweislich einen Funken gesehen oder gehört haben, werden Zündquellen dieser Art nicht berichtet und bleiben ungeklärt.



# Kontrolle der Gefahren statischer Elektrizität Staubexplosionen

Obgleich die Mehrheit brennbarer Stäube höhere MIE hat als entzündliche Dämpfe, reicht die durch elektrostatische Entladungen in geschlossenen Behältern und Räumen verfügbare Energiemenge dazu aus, die meisten brennbaren Stäube zu entzünden. Der Grund dafür ist, dass die Rate der elektrostatischen Aufladung und Akkumulation in der Pulververarbeitung äußerst hoch ist.

Powder		
	Zinc	200
	Wheat flour	50
	Polyethylene	30
	Sugar	30
	Magnesium	20
	Sulphur	15
	Aluminium	10
	Epoxy resin	9
	Zirconium	5

Minimum Ignition Energy of explosive / flammable materials (Source: IChemE)

**Zündfähige elektrostatische Funken entstehen gewöhnlich dann, wenn keine gründliche Risikobeurteilung vorgenommen wurde, wenn im Rahmen der laufenden Wartung unbeabsichtigterweise Änderungen an Anlagen und Ausrüstung erfolgten und wenn sichere Arbeitsweisen nicht befolgt werden.**

Um zu verhindern, dass elektrostatische Entladungen brennbare Staubatmosphären entzünden, müssen Unternehmen für ihre Prozesse und Anlagen eine Risikobewertung vornehmen, auf deren Grundlage alle potentiellen Zündquellen erfasst und entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. In Betriebsverfahren, in denen Lösemittel für Suspensionspulver in Misch- und Fördersystemen (und für Pulver, die ihre eigenen entzündlichen Dämpfe abgeben) verwendet werden, sind die umgebenden Arbeitsplätze in Zonen unterteilt oder als potentiell entzündliche und brennbare Atmosphären klassifiziert. Alle potentiellen Quellen interner und externer elektrostatischer Entladungen von Prozessausrüstung, die sich in Zonen unterteilten oder klassifizierten Bereichen befindet, sind zu berücksichtigen und es sind entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.

Werden solche Quellen nicht ausreichend verbunden und geerdet, sind die **getrennten Komponenten in Transfer- und Staubsammelsystemen** in der Lage, große Beträge statischer Elektrizität zu akkumulieren. Getrennte Komponenten sind gewöhnlich die Folge von Konstruktionsfehlern oder wenn Wartungsteams Fittings wiederanbringen, ohne dabei die Potentialausgleichsverbindungen zur Ableitung statischer Elektrizität wiederherzustellen. Es ist möglich, dass für die Pulvertransferprozesse verwendete Rohre, Ventile, Gebläse, Trichter und andere Komponenten aufgrund des Isolationsvermögens bestimmter Teile (z.B. Gummidichtungen) oder durch normale Abnutzung voneinander getrennt werden. Das sicherste Mittel zur Vermeidung eines Ladungsaufbaus ist, die Komponenten mit einem zuverlässigen und sicheren Erdungspunkt zu verbinden. Der US-amerikanischen **National Fire Protection Association (NFPA) (5)** und **CENELEC (6)** zufolge sollte der Erdungswiderstand dieser Potentialausgleichsverbindungen weniger als 10 Ohm betragen. Um der Ungewissheit entgegenzutreten, nicht zu wissen, ob bestimmte Komponenten während des Verarbeitungsbetriebes

getrennt werden können oder nicht, kann man geeignete Erdungsgarnituren zur Überwachung aller potentiell getrennten Punkte im Transfersystem bestimmen. Sollte ein Bauteil seinen Erdanschluss verlieren oder der Widerstand im Potentialausgleichskreis auf über 10 Ohm ansteigen, können die Bedienpersonen über die potentielle Gefahr umgehend alarmiert werden – entweder indem der Betrieb automatisches abgeschaltet wird oder anhand von Rundumleuchten und Soundern.

Die gleiche Art Erdungsgerät kann zur Erdung und zum Potentialausgleich von Komponenten in solchen Systemen, wie z.B. **Wirbelschichttrocknern**, verwendet werden, also wo Vibrationen zu kurzzeitigen Funkenstrecken zwischen den einzelnen Komponenten der Baugruppe führen können. Getrennte geladene Komponenten sind in der Lage, ihre Ladungen auf vollständig verbundene bzw. geerdete Komponenten innerhalb der Struktur der Maschine zu entladen. Wichtig ist hierbei vor allem, das Potential der Komponenten dahingehend umfassend zu bewerten, für einen Moment getrennt zu werden, weil statische Funken große Mengen an Energie innerhalb von Millisekunden freisetzen können.

Elektrische Ladungen, die sich an der **Oberfläche von Mischmaschinen** bilden, können unter Verwendung separater, speziell konzipierter Erdungssysteme abgeleitet werden. Diese Systeme bieten eine duale Schutzfunktion: Sie leiten die statische Elektrizität von der Behälterwand ab, wodurch einerseits interne Entladungen in die im Behälter vorhandene, potentiell brennbare Atmosphäre vermieden werden, andererseits werden externe Entladungen in die potentiell entzündlichen oder brennbaren Atmosphären im Bereich der Maschine verhindert. Die kontinuierliche Überwachung des Erdungskreises in Verbindung mit Ausgangskontakten, die man verwenden kann, um das Verfahren abzuschalten oder das Personal vor der Gefahr zu warnen, maximiert die Sicherheit des Verfahrens und der Arbeitskräfte im Maschinenbereich.

**Beim Abfüllen von Pulver** werden häufig brennbare Staubwolken gebildet, die das Potential haben, in Sauerstoff über ihrem MEC-Limit zu dispergieren. Die gebildeten Wolken können durch Funkenentladungen und Gleitstielbüschelentladungen entzündet werden. Deshalb ist es von höchster Wichtigkeit, leitfähige und halbleitende Pulver nicht in Behälter oder Beutel zu bringen, welche die resultierenden elektrischen Ladungen trennen. Eine Möglichkeit, solche Gefahren zu begrenzen, ist die Verwendung von FIBC-Säcken, Typ C. Solche Beutel leiten die Ladung vom Pulver durch in das Beutelgewebe eingewebte leitfähige Fäden zum Erdanschlusspunkt des FIBC ab. Da die elektrischen Ladungen von der Oberfläche des Pulvers abgeleitet werden, wird die Gefahr statischer Funkenentladungen an in der Nähe befindliche, leitfähige Gegenstände und unkontrollierter Gleitstielbüschelentladungen über die Pulveroberfläche verringert. FIBC nutzen sich im Laufe der Zeit ab. Deshalb ist regelmäßig zu prüfen, dass sie ihre Kapazität zum Ableiten von Ladungen aufrechterhalten und dass der Erdanschluss zwischen dem Bigbag und dem zugehörigen Erdungspunkt ordnungsgemäß hergestellt ist. Spezielle Erdungsüberwachungssysteme gewährleisten, dass der Widerstand des Bigbag die Anforderungen der CENELEC-Richtlinie (6) erfüllt.

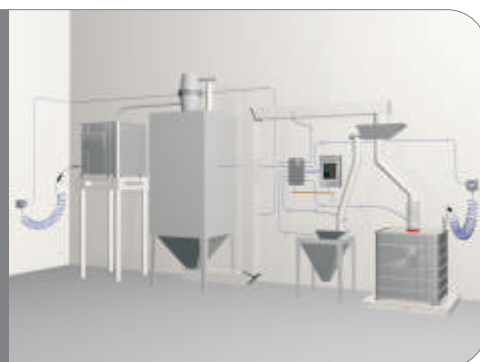
# Kontrolle der Gefahren statischer Elektrizität Staubexplosionen

Solite die Erdverbindung des FIBC unterbrochen werden, macht das System die Bedienpersonen auf die damit verbundene potentielle Gefahr aufmerksam.

Besonders anfällig gegenüber zündfähigen Funkenentladungen durch statische Elektrizität sind die **Betriebsverfahren von Saugfahrzeugen**. Die Bewegung des statisch geladenen Pulvers von der Quelle zur Sammelkammer kann hohe elektrische Ladungen an Lanzen, Schlauchanschlüssen, dem Schlauch selbst und an den Komponenten in der Sammelkammer induzieren. Es wurden verschiedene Vorfälle gemeldet, wo Stoffe im Saugfahrzeugbetrieb verpufften; diese Gefahren traten insbesondere in Situationen auf, wenn Komponenten an Schläuchen und Lanzen getrennt waren und statische Funken in die Umgebungsatmosphäre oder innerhalb des Saugsystems entluden. Empfehlungen des Amerikanischen Instituts für Mineralöle (7) zufolge sollte die Leitfähigkeit aller Metallverbindungsstücke des Vakuumsammelsystems weniger als 10 Ohm betragen und das Saugfahrzeug selbst sollte mit einem verifizierten Erdungspunkt verbunden sein. In diesem Zusammenhang sind fahrzeugmontierte Potentialausgleichssysteme zu empfehlen: anhand blinkender LEDs informieren sie die Bedienperson darüber, dass der Widerstand der Verbindungen mit den vorinstallierten Erdungspunkten unter 10 Ohm liegt. Ein anderes System befindet sich derzeit in der Entwicklungsphase: anhand eines fahrzeugmontierten, mobilen Erdungsüberwachungssystems wird sich die Bedienperson davon überzeugen können, dass der Erdanschluss ordnungsgemäß hergestellt ist. Mit diesem bahnbrechenden Produkt gehören der Zeitaufwand und die Ungewissheit bei der Verwendung von Ohmmetern zum Messen und Aufbauen sicherer Erdanschlüsse an Stellen, wo keine vorinstallierten Erdungspunkte vorhanden sind, der Vergangenheit an.

- 1) Bericht Nr. 2006-H-1 „Combustible Dust Hazard Study“, Chemical Safety Board (2006).
- 2) „Dust Explosion Scenarios and Case Histories in the CCPS Guidelines for Safe Handling of Powders and Bulk Solids“, Grossel, S.S., Zalosh, R.G., Center for Chemical Process Safety, (2005).
- 3) „Recipe for a Dust Explosion“, Tranquillo, S., [www.hazardexonthenet.net](http://www.hazardexonthenet.net), (2008).
- 4) „Preventing Dust Explosions“, Shelley, S., CEP Zeitschriftenartikel, (2008).
- 5) NFPA77: „Recommended Practice on Static Electricity“, NFPA (2007).
- 6) CLC/TR 50404: „Electrostatics. Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity“, CENELEC (2003).
- 7) API RP 2003: „Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents“, American Petroleum Institute (2008).

**Fazit** | Um zu verhindern, dass unkontrollierte elektrostatische Entladungen eine Brand- und Explosionsgefahr in der Pulververarbeitung darstellen, muss von Fachpersonal eine gründliche Prüfung der Gegebenheiten hinsichtlich der Bildung statischer Elektrizität ausgeführt werden. Dieses Audit sollte auf die Untersuchung und Identifikation von Situationen ausgerichtet sein, in denen Ladung das Potential hat, sich an leitfähigen und halbleitenden Komponenten anzusammeln. Werden potentiell getrennte Komponenten erfasst, sind geeignete Erdungsgarnituren zur Überwachung und Kontrolle der Freisetzung statischer Elektrizität zu installieren, wodurch eine primäre Zündquelle in brennbaren Staubatmosphären eliminiert wird.



Diese Ausgabe von Ear To The Ground wurde von Newson Gales Redaktionsteam erstellt.

Newson Gale Ltd, Omega House, Private Road 8, Colwick, Nottingham NG4 2JX, UK.  
Tel: +44 (0)115 940 7500 Fax: +44 (0)115 940 7501 e-mail: [groundit@newson-gale.co.uk](mailto:groundit@newson-gale.co.uk)  
Newson Gale Inc, 460 Faraday Avenue, Unit B, Suite 1 Jackson, NJ 08527, USA.  
Tel: +1 732 987 7715 Fax: +1 732 791 2182 e-mail: [groundit@newson-gale.com](mailto:groundit@newson-gale.com)

Vervielfältigung und Inumlaufbringung von Teilen dieser Publikation zu firmeninternen und Ausbildungszwecken sind zulässig, insofern Newson Gale Ltd als Quelle angegeben ist.