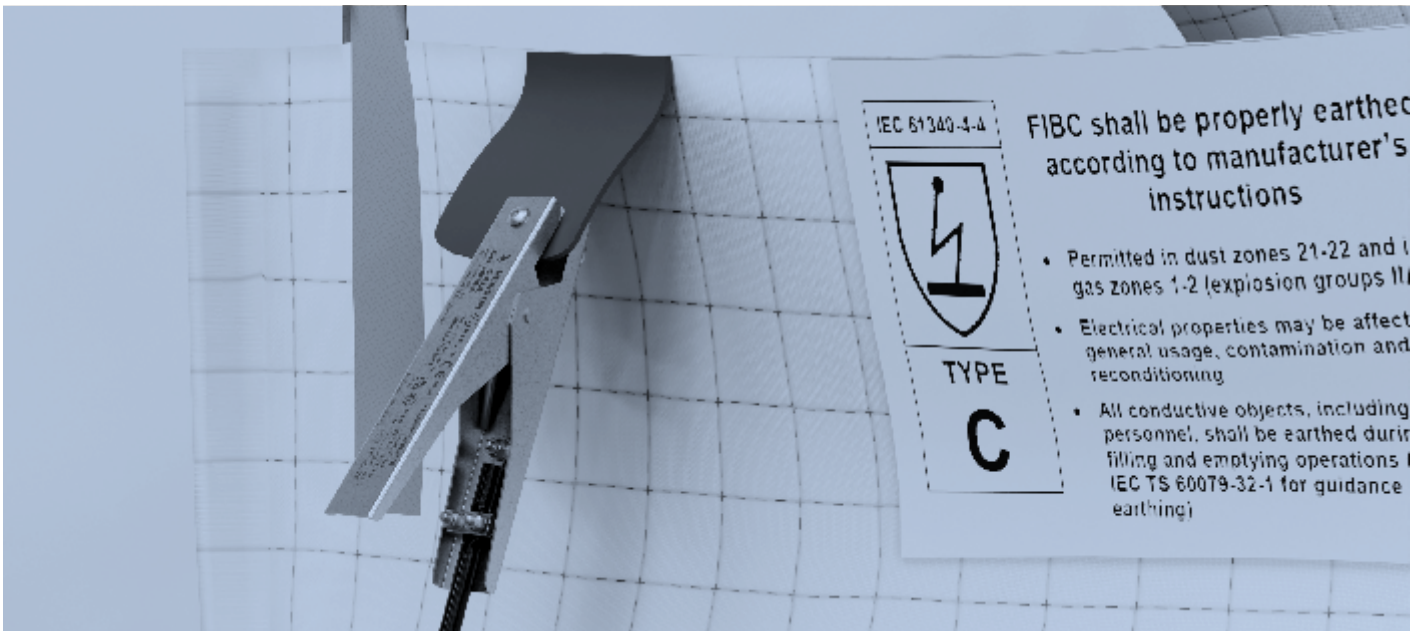
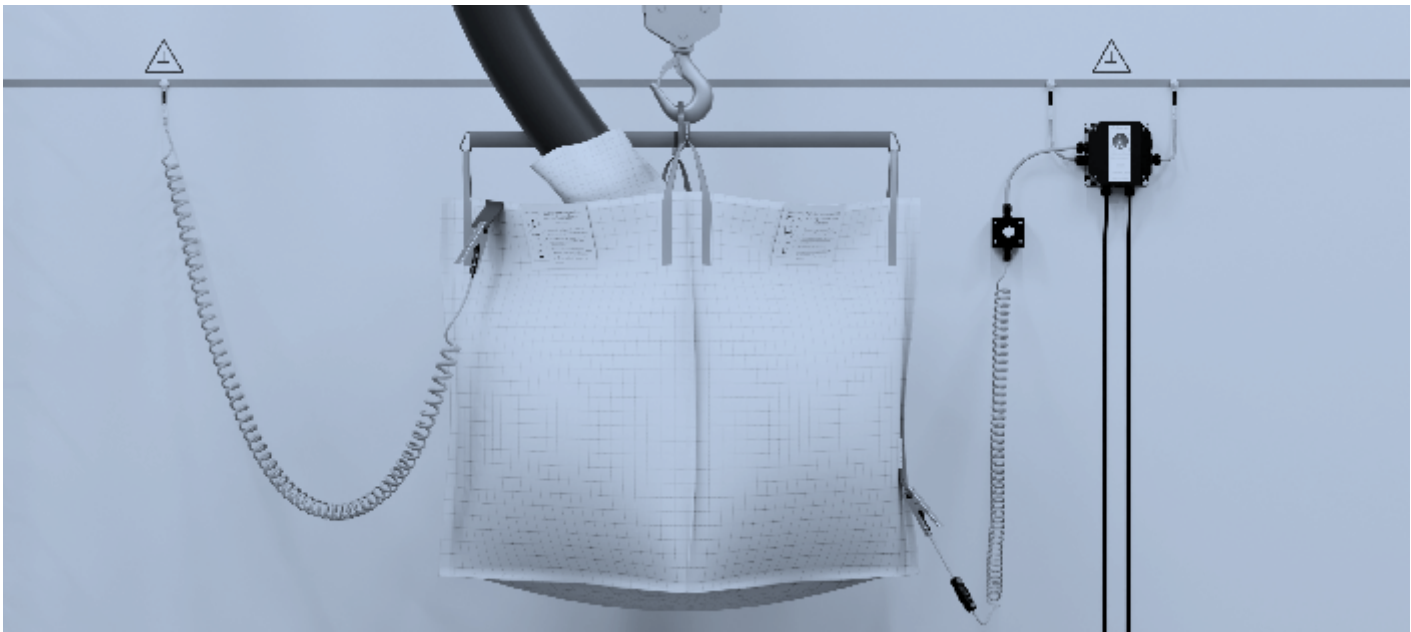




Theorie und Praxis der Kontrolle statischer Elektrizität im FIBC-Betrieb

Dr Tom Padden



Theorie und Praxis der Kontrolle statischer Elektrizität im FIBC-Betrieb

Dr Tom Padden

Flexible Schüttgutbehälter (Flexible Intermediate Bulk Container, FIBCs) sind Behälter, die weltweit für den Umschlag, die Lagerung und den Transport von Trockenmassengütern eingesetzt werden. Obwohl sie in Betrieben in nicht explosionsgefährdeten und explosionsgefährdeten Bereichen in Branchen wie Landwirtschaft, Lebensmittel, Chemie, Petrochemie, Pharmazie und Kunststoffindustrie ein vertrauter Anblick sind, können bei ihrer Verwendung erhebliche Sicherheitsrisiken für Personal und Anlagen entstehen, wenn keine geeigneten Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden, insbesondere in brennbaren oder explosiven Atmosphären. Diese Risiken und Sicherheitsmaßnahmen sind in umfangreicher wissenschaftlicher Untersuchungen und industrieller Vorschriften analysiert, und der Zweck dieses Artikels ist, auf der Grundlage dieser theoretischen Arbeiten praktische Einblicke zu vermitteln.

Untersuchungen in der Bundesrepublik Deutschland ergaben, dass es im Zeitraum von 1965 bis 1985 insgesamt 426 Staubexplosionen gab, deren Zündquellen vielfältig waren und unter anderem offene Flammen, Schweiß- und Schneidgeräte sowie elektrostatische Entladungen umfassten. Während hinsichtlich anderer Zündquellen Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden können, ist die elektrostatische Entladung ein besonders wichtiges Thema, da sie unbemerkt auftreten kann, lediglich den Kontakt zweier sich bewegender Materialien erfordert und Funkenentladungen erzeugen kann, die in der Lage sind, brennbare Atmosphären zu entzünden. Jeder dieser Punkte verdient es, nacheinander näher betrachtet zu werden.

1. Wie im „Practical Guide to Industrial Electrostatics Hazards“ von Chilworth Technology dargelegt, ist elektrostatische Aufladung ein Phänomen, das in allen Materialien, die aus Atomen mit positiv geladenen Protonen und negativ geladenen Elektronen bestehen, auf natürliche Weise auftritt. Die Ansammlung elektrostatischer Ladung an einem bestimmten Objekt ist das Ergebnis eines Überschusses an positiver oder negativer Ladung, der durch vier Hauptmechanismen entstehen kann: Triboelektrische Aufladung, Strömungsströme, Induktionsaufladung und Koronaentladung.¹ Ein gemeinsames Merkmal dieser Mechanismen ist, dass die Ansammlung elektrostatischer Ladung leicht unbeabsichtigt auftreten kann, während Materialien für andere Zwecke gehandhabt werden, und dass die Ladungsansammlung auf mikroskopischer Ebene stattfindet, die für das bloße Auge unsichtbar ist.

2. Der Mechanismus der Reibungsaufladung ist für das Thema der elektrostatischen Aufladung bei der Verarbeitung von Schüttgut in FIBCs am relevantesten und führt zu dem zweiten Punkt, dass dieser Effekt lediglich das

Aneinanderreiben zweier unterschiedlicher Materialien erfordert. Im Grunde genommen ist die Reibungsaufladung der Effekt der Reibung zwischen zwei Materialien, bei dem Elektronen von einem Material auf das andere übertragen werden, wodurch das eine Material negativ und das andere positiv geladen wird. Dieser Effekt führte zur ursprünglichen Entdeckung der statischen Elektrizität selbst, als beobachtet wurde, dass ein Stück Bernstein,² das mit einem Seidentuch gerieben wurde, kleine Partikel anziehen konnte;³ er ist aber auch für den Transport von Schüttgütern in und aus FIBCs von großer Bedeutung, da die Bewegung des Materials durch Prozessförderanlagen oder an den Oberflächen der FIBCs elektrostatische Aufladung erzeugen kann, die sich auf dem Objekt ansammeln kann, wenn sie keinen anderen Abfluss findet.

3. Diese Ansammlung von elektrostatischer Ladung führt dann zum dritten Punkt, nämlich dass sich die angesammelte Ladung schnell in Form eines elektrostatischen Funkens entladen kann. Während kleine elektrostatische Funken im Alltag oft nur ein kleines Ärgernis darstellen – wie etwa ein Funke zwischen einem Finger und einem Türgriff, nachdem man durch ein mit Teppich ausgelegtes Zimmer gegangen ist – kann das Auftreten eines solchen Funkens in einer explosionsgefährdeten Atmosphäre viel negativeren Konsequenzen haben. Dies wird in weiteren Untersuchungen von Ian Pavey zu elektrostatischen Gefahren in der Prozessindustrie näher erläutert, in denen die Energie von elektrostatischen Funken, die von verschiedenen geladenen Objekten entladen werden, mit der Energie verglichen wird, die zur Entzündung verschiedener brennbarer Materialien benötigt ist.

Das Ergebnis dieses Vergleichs ist eindeutig: Elektrostatische Funken, die von größeren Behältern, Anlagenkomponenten

Tabelle 1:
Elektrostatische Funkenenergie⁴

Object	Typical energy (mJ) ^a
Small metal items (scoop, hose nozzle)	0.5–1
Small container (bucket, 50l drum)	0.5–5
Medium container (250–500l)	2.5–15
Major plant items (reaction vessels)	5–50
Human body	5–15
^a Assuming an initial voltage of 10,000V.	

Taballe 2:
Mindestzündenergie für
verschiedene brennbare Materialien⁵

Gas, vapour or dust	Minimum ignition energy (mJ)
Hydrogen	0.016
Methane	0.21
Propane	0.25
Methanol	0.14
MEK	0.53
Acetone	1.15
Sulphur	<1
Aluminium	10
Sugar	30
Wheat Flour	40

oder sogar von der am Körper eines Bedieners angesammelten elektrostatistischen Ladung entladen werden, können leicht die Mindestzündenergie nicht nur von brennbaren Gasen und Dämpfen, sondern auch von brennbarem Staub erreichen und so leicht zur Zündquelle für einen Brand oder eine Staubexplosion werden.

Deshalb könnte ein Betreiber, der mit umfassenden Sicherheitsmaßnahmen für Staubatmosphären nicht vertraut ist glauben, dass die Beseitigung offensichtlicher und sichtbarer Zündquellen wie brennender Zigaretten, heißer Oberflächen oder Schweiß- und Schneidgeräte aus dem Prozess das Risiko eines Brandes oder einer Explosion bei einem FIBC Vorgang ausschließt. Wenn jedoch die elektrostatistische Aufladung und entsprechende

Sicherheitsmaßnahmen außer Acht gelassen sind, könnte eine Zündquelle auftauchen, die unsichtbar ist, häufig auftritt und eine Katastrophe auslösen kann.

Das Risiko, wenn man statische Elektrizität übersieht, kann durch eine Unterschätzung der Auswirkungen einer Entzündung im FIBC-Betrieb noch verstärkt werden. Schließlich könnte sich ein Bediener fragen: Wie gefährlich kann schon ein Sack Mehl oder Kunststoffgranulat sein?

Die Antwort, wie in Rolf Eckhoffs „*Staubexplosionen in der Prozessindustrie*“ zusammengefasst wird, basiert auf einem einfachen Prinzip: Jeder feste Stoff, der an der Luft brennen kann, tut dies mit einer Heftigkeit und Geschwindigkeit, die mit zunehmender Zerkleinerung des Stoffes zunimmt.⁶ Mit anderen Worten: Ein fester Stoff, der unter normalen Umständen brennen kann, brennt schneller und kann sogar explodieren, wenn in Pulver- oder Staubform. Weizen, der einer Zündquelle ausgesetzt ist, kann brennen. Weizenmehl in einem verdichteten Haufen, das einer Zündquelle ausgesetzt ist, kann schneller brennen. Weizenmehl, das in der Luft schwebt und einer Zündquelle ausgesetzt ist, kann explodieren. Eckhoff erläutert dies anhand von Fallstudienanalysen, darunter Staubexplosionen in Getreidesilos,⁷ in einer Textilfabrik,⁸ und in einem Aluminium-Verarbeitungsbetrieb.⁹

Daraus wird deutlich, welche Gefahren von elektrostatistischen Entladungen ausgehen und welche Folgen diese für das Personal und die Anlagen, die mit FIBCs arbeiten, haben können. Es wäre ein Fehler, diesem Risiko ohne geeigneten Sicherheitsmaßnahmen zu begegnen.

Deshalb, welche Sicherheitsmaßnahmen sind entsprechend zu ergreifen? Die Lösung liegt darin, die einschlägigen Rechtsvorschriften, Normen und bewährten Verfahren zu befolgen.

Wie in Chilworths „*Practical Guide*“ dargelegt, basiert sich die europäische Regelung zu explosionsgefährdeten Bereichen auf die ATEX-Richtlinie 1999/92/EG, die drei priorisierte Schritte zur Risikobehandlung vorsieht:

- Verhinderung der Bildung explosionsfähiger Atmosphären, oder, falls dies aufgrund der Art der Tätigkeit nicht möglich ist,
- Vermeidung der Zündung explosionsfähiger Atmosphären und
- Abschwächung der schädlichen Auswirkungen einer Explosion, um die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer zu gewährleisten.¹⁰

Die Grundsätze der Richtlinie wurden in die nationalen Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft übernommen, die in direktem Zusammenhang mit statischer Elektrizität als Zündgefahr stehen, wie beispielsweise die „*Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations 2002*“ im Vereinigten Königreich,¹¹ und der Leitfadens weist darauf hin, dass ähnliche Grundsätze in den Rechtsvorschriften weltweit Anwendung finden, sodass „es mittlerweile kein Industrieland mehr gibt, in dem die von unerwünschter statischer Elektrizität ausgehende Zündgefahr rechtmäßig außer Acht gelassen werden kann.“¹² Zurück zur Frage des Umgangs mit statischer Elektrizität im FIBC-

Betrieb: Es ist meistens nicht möglich, oder zumindest nicht praktikabel, die Bildung explosiver Atmosphären vollständig zu verhindern, da diese naturgemäß durch die Bewegung von Schüttgütern entstehen, die Staubwolken bilden. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, die Entzündung der explosionsfähigen Atmosphäre durch die Kontrolle des Risikos der Ansammlung und Entladung elektrostatischer Ladungen zu vermeiden.

Bei der Suche nach Möglichkeiten, diese gesetzlich vorgeschriebene Kontrolle elektrostatischer Entladungen als Zündquelle zu erreichen, ist die internationale technische Spezifikation IEC TS 60079-32-1:2013 von zentraler Bedeutung, da sie umfassende Leitlinien zu elektrostatischen Gefahren und deren Minderung enthält.¹³ Wie aus den Untersuchungen von Jeremy Smallwood hervorgeht, liefert diese technische Spezifikation Informationen zur Bewertung und zur Kontrolle statischer Elektrizität bei Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen, beginnend mit der Festlegung der Zoneneinteilung (gestützt auf die Spezifikationen IEC 60079-10-1 und IEC 60079-10-2) und der betroffenen Gas- oder Staubgruppen (gestützt auf IEC 60079-0).¹⁴ Die Anleitung umfasst anschließend statische Elektrizität in Bezug auf eine Reihe von Materialien und Anwendungen, darunter – für das aktuelle Thema besonders relevant – den Umgang mit Pulver. Im Hinblick auf den Umgang mit Pulver unter Verwendung von FIBCs hebt Smallwood drei wichtige Leitlinien in der IEC TS 60079-32 hervor: Erstens, dass der richtige FIBC-Typ für die richtige Anwendung verwendet wird, wie im Folgenden dargelegt:

Zweitens zeigt die Untersuchung die Einschränkungen von Typ B und D FIBCs auf, da erstere, wie oben dargelegt, auf bestimmte Zonen und Materialien beschränkt sind und letztere auf Nischenanwendungen mit bestimmten Explosionsgruppen und Mindestzündenergien von $\geq 0,14$ mJ. Damit bleibt der Typ C FIBC, der aus Gewebe mit eingewebten leitfähigen Fäden besteht, als wichtigster

Behälter für den Umschlag von Schüttgut in explosionsgefährdeten Bereichen. Dies führt zum dritten Punkt, nämlich dass es von entscheidender Bedeutung ist, vor und während des Produkttransfers in den oder aus dem FIBC eine wirksame, zuverlässige Erdungsverbindung zwischen dem Beutel und einem lokalen Erdungspunkt herzustellen und aufrechtzuerhalten.¹⁶

Die Bedeutung dieser Erdungsverbindung wird durch eine Reihe von Experimenten untermauert, die von Ebadat und Cartwright durchgeführt und auf dem IchemE-Symposium vorgestellt wurden. Unter kontrollierten Bedingungen wurden mehrere FIBC-Säcke mit und ohne leitfähige Fäden sowie mit und ohne elektrostatische Erdungsanschlüsse befüllt und entleert, um eine brennbare Atmosphäre zu erzeugen; anschließend wurden sie Bedingungen ausgesetzt, unter denen es zu einer elektrostatischen Entladung kommen konnte. Die Ergebnisse dieser Tests zeigten eine konsistente Entzündung der FIBCs ohne leitfähige Fäden durch elektrostatische Entladung, doch bei den Typ C FIBCs wurde folgendes Ergebnis beobachtet:

*In den Versuchen war es nicht möglich, ein Propan-Luft-Gemisch mit einer Mindestzündenergie von 0,25 mJ durch Entladungen aus solchen FIBCs zu entzünden, **sofern diese während des Befüllens und Entleerens geerdet waren**. Ein nicht geerdeter Sack erzeugte zündfähige Entladungen*

*(It was not possible in the trials to ignite a propane/air mixture with a minimum ignition energy of 0.25 mJ by discharges from such FIBC's **provided they were earthed** during filling and emptying. An unearthed bag produced incendive discharges.)¹⁷*

Es wurde zudem festgestellt, dass Teile des FIBC von den leitfähigen Fäden möglicherweise isoliert werden können. Dieses Risiko kann durch eine entsprechende Gestaltung des FIBCs und eine regelmäßige Überprüfung der

Tabelle 3: Verwendung von FIBC-Typen¹⁵

Bulk Product in FIBC	Surroundings		
MIE of dust ^a	Non flammable atmosphere	Dust zones 21-22 ^b	Gas zones 1-2 ^b (Explosion Groups IIA/IIB) ^c
MIE > 1 000 mJ	A,B,C,D	B,C,D	C,D ^d
3 mJ < MIE ≤ 1 000 mJ	B,C,D	B,C,D	C,D ^d
MIE ≤ 3 mJ	C,D	C,D	C,D ^d

^a Measured in accordance with IEC 61241-2-3, ASTM E2019 and EN 13821 with a capacitive discharge circuit (no added inductance).

^b See D.2 for the definition of zones.

^c See D.3 for an explanation of Explosion Groups.

^d Use of Type D should be limited to Explosion Groups IIA/IIB with MIE $\geq 0,14$ mJ.

NOTE 1 Additional precautions are usually necessary when a flammable gas or vapour atmosphere is present inside the FIBC, e.g. in case of solvent wet powders.

NOTE 2 Non-flammable atmosphere includes dusts having a MIE > 1 000 mJ.

NOTE 3 The MIE limit of 3 mJ is based on the incendivity of cone discharges. Cone discharges might have a much higher energy in a Type B FIBC than in a Type C or D FIBC because the wall of a Type C or D FIBC will be at close to zero potential. Based on this fact the internal field distribution will be such that in Type C or D FIBC cone discharges will at most only jump across half the diameter of the FIBC. A calculation with the formula given in A.3.7 for the largest FIBC commonly used (diameter of 1,5 m) yields 3 mJ for powder with a median size of only 0,055 mm in a Type B FIBC, whereas in Type C or D FIBC the 3 mJ limit is only reached with a coarse powder having a median size of 0,27 mm or higher. However, such coarse powders usually have a MIE higher than 3 mJ.

Erdungsverbinding kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass diese intakt bleibt.¹⁸ Von hier ist eine klare Vorgehensweise gegeben:

- Ein Typ C FIBC ist empfohlen für Transfervorgänge in explosionsgefährdeten Bereichen
- Eine zuverlässige elektrostatische Erdungsverbinding zu einem Erdungspunkt vor Ort ist erforderlich
- Eine durchgehende Verbindung zwischen zwei Punkten am FIBC hilft, das Risiko zu verringern, dass Teile des FIBCs von der Erde isoliert werden

Das letzte Puzzleteil betrifft die Art der empfohlenen Erdungsverbinding. Neben einem Überblick über die Norm IEC TS 60079-32-1 verweist Smallwoods Studie auf die Anforderungen einer weiteren Norm, der IEC 61340-4-4, die sich mit der elektrostatischen Klassifizierung von FIBCs befasst. Diese Norm legt neben anderen Faktoren wie Klassifizierung, Kennzeichnung und Prüfverfahren fest, dass FIBCs des Typs C vor und während des Umfüllvorgangs geerdet werden müssen, und definiert vor allem die obere Widerstandsgrenze für diese Erdungsverbinding mit $1 \times 10^8 \Omega$ (100 M Ω).¹⁹ Dieser Wert liegt deutlich über dem Widerstand von metallischen Anlagenkomponenten, die, wie im „Practical Guide“ von Chilworth angemerkt wird, ein Widerstand von 10 Ohm nicht überschreiten sollten,²⁰ berücksichtigt jedoch den von Natur aus höheren Widerstand des flexiblen Materials von einem FIBC, während gleichzeitig sichergestellt wird, dass eine zuverlässige Verbindung zur Erde hergestellt und aufrechterhalten werden kann und elektrostatische Aufladungen während des Betriebs abgeleitet werden können.

Wie andere technische Spezifikationen der IEC hat die internationale Norm IEC 61340-4-4 nationale Normen beeinflusst, zum Beispiel in Deutschland mit der Norm DIN EN IEC 61340-4-4:2019-01²¹ und im Vereinigten Königreich als BS EN IEC 61340-4-4:2018.²² Die Norm hat auch die American National Fire Protection Association auch beeinflusst, die im Jahr 2024 ihre empfohlene Praxis NFPA 77 aktualisierte, um sie an denselben maximalen Widerstandswert von $1 \times 10^8 \Omega$ (100 M Ω) für die Erdung von FIBCs anzupassen.²³

Nach Durchsicht der Forschungsergebnisse, Vorschriften und empfohlenen Vorgehensweisen hinsichtlich elektrostatischer Gefahren im FIBC-Betrieb, was sind die wichtigsten Erkenntnisse? In anderen Worten: Worin liegt der Nutzen, wenn man das Risiko statischer Elektrizität als Zündquelle berücksichtigt?

Der Schwerpunkt ist, dass elektrostatische Entladungen bei FIBC-Betrieben in explosionsgefährdeten Bereichen eine eindeutige und unmittelbare Gefahr darstellen. Dies wurde sowohl theoretisch durch Experimente belegt, die zeigen, dass die Energie elektrostatischer Entladungen mehr als ausreicht, um die Mindestzündenergie (MIE) gängiger brennbarer Schüttgüter zu erreichen, als auch empirisch durch Untersuchungen, die elektrostatische Entladungen als Zündquelle für zahlreiche Staubexplosionen allein in einem Land identifiziert haben. Aus einer rein praktischer Perspektive ist es deshalb klar, dass Sicherheitsmaßnahmen erforderlich sind, um statische Elektrizität als Gefahr zu kontrollieren und den FIBC-Betrieb, das Personal, sowie die

Standorte, an denen diese Tätigkeiten ausgeführt werden, zu schützen.

Neben diesen praktischen Aspekten sind die Anforderungen zur Vermeidung, Kontrolle, und Minderung elektrostatischer Gefahren in nationalen und internationalen Rechtsvorschriften, Normen und empfohlenen Vorgehensweisen basiert, sodass die Überprüfung und Umsetzung dieser Anforderungen auch eine Frage von Einhaltung zu gesetzlichen Vorschriften ist. Wenn diese Gefahr nicht durch geeignete Sicherheitsmaßnahmen kontrolliert ist, vertretet dies auch ein potenzielles Haftungsrisiko. Die Kosten der Untätigkeit können deshalb höher sein als die Kosten für die Gewährleistung der Einhaltung der Sicherheitsanforderungen.

Aus diesen geeigneten Sicherheitsmaßnahmen lassen sich aus der Forschung und den Vorschriften eine Reihe von Punkten herausarbeiten, die für den FIBC-Betrieb von besonderer Bedeutung sind.

1. Ausrüstung muss ausgewählt werden, die für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet ist, insbesondere Typ C FIBCs im Falle der untersuchten FIBC-Vorgänge.
2. Wirksame elektrostatische Erdung muss vor und während des Transferprozesses mit Typ C FIBCs vorhanden sein.
3. Die elektrostatische Erdungsverbinding muss gemäß der Norm IEC 61340-4-4 und der empfohlenen Praxis NFPA 77 auf einen maximalen Widerstand von $1 \times 10^8 \Omega$ (100 M Ω) gehalten werden.
4. Die Erdungsverbinding ist am wirksamsten, wenn zwei Verbindungspunkte über die Oberfläche des FIBC verteilt sind und kontinuierlich überwacht werden, um das Risiko zu kontrollieren, dass Teile des FIBC vom Erdungspfad isoliert werden oder die Verbindung unterbrochen wird.

Unter Berücksichtigung dieser Grundsätze kann die Grundlage für sichere und zuverlässige Methoden zur Kontrolle statischer Elektrizität als Gefahr beim FIBC-Betrieb in brennbaren und explosionsgefährdeten Atmosphären geschaffen werden, um den Schutz des Personals, der Betriebsabläufe und der Anlagen vor Ort zu verbessern.

Wenn Sie mehr über die Gefahren durch statische Elektrizität erfahren möchten, besuchen Sie bitte die Website von Newson Gale.

Darüber hinaus können Sie sich an das Vertriebsteam von Newson Gale, um konkrete Anforderungen und Lösungen zu besprechen, und weitere Informationen protecting zum Schutz von Typ C FIBCs vor statischer Elektrizität einsehen.

Quellen...

Beck, H., and A. Jeske. (1996) "Berichte über Staubexplosionen-Ergebnisse und Dokumentation." VDI-Berichte [VDI-Verlag GmbH, Dusseldorf, Germany] Nr. 1272, pp. 365-387.

BS EN IEC 61340-4-4:2018 Electrostatics - Standard test methods for specific applications. *Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC)*

Chilworth Technology Ltd. (2018) *Practical Guide Industrial Electrostatics – Hazards, Problems and Applications*

The Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations 2002 (SI No.2776)

DIN EN IEC 61340-4-4:2019-01 Elektrostatik - Teil 4-4: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen - Einordnung flexibler Schüttgutbehälter (FIBC) in elektrostatischer Hinsicht (IEC 61340-4-4:2018); Deutsche Fassung EN IEC 61340-4-4:2018

Ebadat, V. and Cartwright, P. (1991) *Electrostatic Hazards in the Use of Flexible Intermediate Bulk Containers*, IChemE Symposium Series No. 124.

Eckhoff, R.K. (2003). *Dust explosions in the process industries*. Amsterdam: Gulf.

IEC Technical Specification 60079-32-1 *Explosive atmospheres - Part 32-1: Electrostatic hazards, guidance*

IEC 61340-4-4:2018 Electrostatics - Part 4-4: *Standard test methods for specific applications - Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC)*

NFPA 77 (2024) *Recommended Practice on Static Electricity*

Pavey, I.D. (2004) Trans IChemE, Part B, *Process Safety and Environmental Protection* 82(B2):

Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können (Fünfzehnte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG),

Smallwood, Jeremy, (2015) 6007-32-1: The new standard on avoidance of electrostatic hazards, IChemE Symposium Series No. 160.



United Kingdom
Newson Gale Ltd
newson-gale.co.uk

Omega House
Private Road 8
Colwick, Nottingham
NG4 2JX, UK
+44 (0)115 940 7500
groundit@newson-gale.co.uk

United States
IEP Technologies, LLC
newson-gale.com

417-1 South Street
Marlborough
MA 01752
USA
+1 732 961 7610
groundit@newson-gale.com

Deutschland
IEP Technologies GmbH
newson-gale.de

Kaiserswerther Str. 85C
40878 Ratingen
Germany
+49 (0)2102 5889 0
erdung@newson-gale.de

- 1 Beck, H., and A. Jeske. (1996) "Berichte über Staubexplosionen-Ergebnisse und Dokumentation." VDI-Berichte [VDI-Verlag GmbH, Dusseldorf, Germany] Nr. 1272, pp. 365-387.
- 2 Chilworth Technology Ltd. (2018) *Practical Guide Industrial Electrostatics – Hazards, Problems and Applications*, pp.6-7
- 3 Ibid, p.4
- 4 Pavey, I.D.(2004) Trans IChemE, Part B, *Process Safety and Environmental Protection* 82(B2): p.135
- 5 Ibid, p.138
- 6 Eckhoff R. K. (1991) *Dust explosions in the process industries*, p.28
- 7 Ibid, p.166
- 8 Ibid, p.182
- 9 Ibid, p.192
- 10 Directive 1999/92/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 1999 on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres (15th individual Directive within the meaning of Article16(1) of Directive 89/391/EEC), Article 3
- 11 The Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations 2002 (SI No.2776)
- 12 Chilworth Technology Ltd. (2018) *Practical Guide Industrial Electrostatics – Hazards, Problems and Applications*, p.5
- 13 IEC Technical Specification 60079-32-1 *Explosive atmospheres - Part 32-1: Electrostatic hazards, guidance*
- 14 Smallwood, Jeremy, (2015) 6007-32-1: The new standard on avoidance of electrostatic hazards, IChemE Symposium Series No. 160. p.4
- 15 IEC TS 60079-32-1:2013 *Explosive atmospheres - Part 32-1: Electrostatic hazards, guidance*
- 16 Smallwood, op. cit.p.8
- 17 Ebadat, V. and Cartwright, P. (1991) *Electrostatic Hazards in the Use of Flexible Intermediate Bulk Containers*, IChemE Symposium Series No. 124. p.115
- 18 Ibid
- 19 IEC 61340-4-4:2018 *Electrostatics - Part 4-4: Standard test methods for specific applications - Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC)*
- 20 Chilworth Technology Ltd. (2018) *Practical Guide Industrial Electrostatics – Hazards, Problems and Applications*, p.34
- 21 BS EN IEC 61340-4-4:2018 *Electrostatics - Standard test methods for specific applications. Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC)*
- 22 NFPA 77 (2024) *Recommended Practice on Static Electricity*

Urheberrechtsvermerk

El documento y su contenido son propiedad intelectual de Newson Gale Ltd. © 2026. Alle Rechte vorbehalten.

Die Weiterverbreitung oder Vervielfältigung der Inhalte in Teilen oder als Ganzes in jeglicher Form ist grundsätzlich verboten. Es gelten folgende Ausnahmen:

- Sie dürfen Inhalte auszugsweise für Ihren persönlichen und nicht-kommerziellen Gebrauch ausdrucken oder auf eine lokale Festplatte herunterladen
- Sie dürfen Kopien der Inhalte an einzelne Dritte für deren persönlichen Gebrauch weitergeben, sofern Sie die Website als Quelle des Materials nennen
- Ohne unsere ausdrückliche schriftliche Genehmigung dürfen Sie die Inhalte weder verbreiten noch kommerziell verwerten. Außerdem dürfen Sie die Daten weder an andere Websites oder andere elektronische Abfragesysteme übertragen noch dort speichern.

Recht auf Veränderung

Dieses Dokument enthält nur allgemeine Informationen und kann jederzeit ohne Vorankündigung geändert werden. Alle Informationen, Darstellungen, Links oder sonstigen Mitteilungen können von Newson Gale jederzeit und ohne vorherige Ankündigung oder Erklärung geändert werden.

Newson Gale ist nicht verpflichtet, veraltete Informationen aus seinen Inhalten zu entfernen oder sie ausdrücklich als veraltet zu kennzeichnen. Lassen Sie sich bei der Bewertung von Inhalten gegebenenfalls von Fachleuten beraten.

Haftungsausschluss

Die Informationen in diesem Datenblatt werden von Newson Gale ohne ausdrückliche oder stillschweigende Zusicherungen oder Gewährleistungen hinsichtlich ihrer Richtigkeit oder Vollständigkeit zur Verfügung gestellt. Die Haftung von Newson Gale für Ausgaben, Verluste oder Handlungen, die dem Empfänger durch die Verwendung dieses Datenblatts entstehen, ist ausgeschlossen.