

WARUM WIRD BEI DER ELEKTROSTATISCHEN ERDUNG VON FIBCS NUR BIS ZU EINEM OBEREN WIDERSTANDSGRENZWERT GEMESSEN?

Eine zuverlässige elektrostatische Erdung ist entscheidend für den sicheren Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen unter Verwendung von Typ C FIBCs. Die Zuverlässigkeit dieser Erdungsverbindung umfasst eine obere Widerstandsgrenze, um eine sichere Ableitung der elektrostatischen Ladung zu ermöglichen, wie in den einschlägigen nationalen und internationalen Sicherheitsnormen festgelegt. Diese Normen geben zwar Leitlinien für eine obere Widerstandsgrenze vor, doch könnte es noch sicherer erscheinen, auch eine untere Widerstandsgrenze festzulegen, damit das richtige Objekt identifiziert werden kann und Versuche, das System zu umgehen oder zu manipulieren, verhindert werden.

Dieser Artikel untersucht die empfohlene Vorgehensweise zur Herstellung einer elektrostatischen Erdungsverbindung für Typ C FIBCs mit einem oberen Widerstandsgrenzwert zur Bestätigung der Verbindung zu einem überprüften Erdungspunkt vor Ort und erläutert, warum die Hinzufügung eines unteren Widerstandsgrenzwerts möglicherweise nicht ganz so vorteilhaft ist, wie es zunächst erscheint.

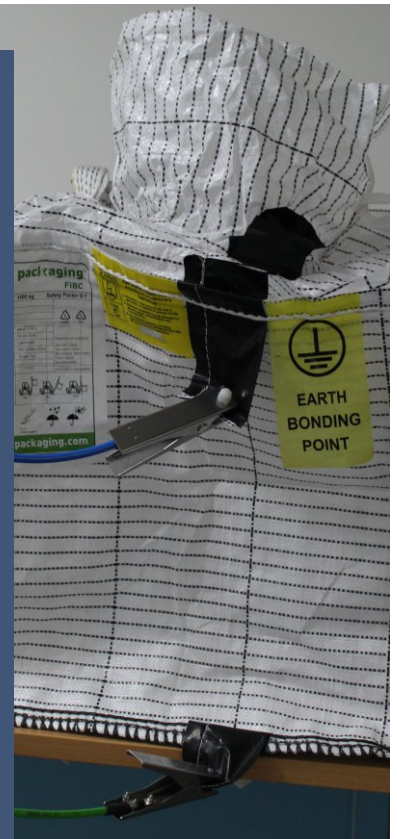


Bild 1: Ein Beispiel für eine sichere Verbindung an einen Erdungspunkt

Einhaltung der Normen

Die Antwort auf den ersten Teil findet sich in den Normen und bewährten Verfahren der Branche für den Einsatz von FIBCs in explosionsgefährdeten Bereichen. Erstens schreibt die ATEX-Richtlinie zur Arbeitssicherheit – insbesondere für Betreiber in Europa – vor, dass die Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre verhindert werden muss, wozu auch die Vermeidung von Zündquellen wie elektrostatischen Funken gehört.¹

Eine spezifischere Anforderung an die Erdung von FIBCs ist in den Leitlinien der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in der Norm IEC TS 60079-32-1 festgelegt, mit der Empfehlung: „FIBCs des Typs C sind so ausgelegt, dass sie während des Befüllens und Entleerens geerdet werden.“²

Was die Art dieser elektrostatischen Erdungsverbindung betrifft, so stimmen die internationale Norm IEC 61340-4-4 und die amerikanische empfohlene Praxis NFPA 77³ darin überein, dass ein FIBC vom Typ C, der für Transfervorgänge in brennbaren oder explosiven Atmosphären verwendet wird, „einen

Widerstand zum Erdungspunkt von weniger als $1,0 \times 10^8 \Omega$ aufweisen muss“.⁴ Die internationale Norm wurde daraufhin in eine Reihe nationaler Normen übernommen, darunter die deutsche DIN EN IEC 61340-4-4⁵ und die britische BS EN IEC 61340-4-4.⁶

Anhang F der IEC 61340-4-4 enthält weitere Einzelheiten zur Begründung dieser Obergrenze,⁷ die auf Untersuchungen von Yamaguma et al. basiert und zu dem Schluss kommt, dass ein hochbelastbarer FIBC vom Typ C mit einem Wert von knapp unter $1 \times 10^8 \Omega$ selbst bei Einwirkung eines unrealistisch hohen statischen Stroms von 30 A kaum als Zündquelle in Frage kommt, solange er ordnungsgemäß geerdet ist.⁸

Kurz gesagt: Selbst wenn der Sack einem höheren elektrostatischen Ableitstrom ausgesetzt wurde, wie er bei normalen Umschlagvorgängen realistischerweise zu erwarten wäre, weigerten sich die getesteten FIBCs vom Typ C hartnäckig, als Zündquelle zu wirken, sofern eine Erdungsverbindung von knapp unter $1,0 \times 10^8 \Omega$ vorhanden war.

Die Verwendung dieses oberen Widerstandsgrenzwerts als Grundlage für eine aktive elektrostatische Erdungslösung bietet zahlreiche Vorteile. Neben einer deutlichen Verringerung des Risikos von Bränden oder Staubexplosionen während des Betriebs ermöglicht der Einsatz einer aktiven elektrostatischen Erdungslösung den Bedienern, die sichere Verbindung zum überprüften Erdungspunkt der Anlage durch eine optische Anzeige einer guten Verbindung zu überwachen, eine Meldung auszugeben, wenn diese Verbindung unterbrochen ist, und Verriegelungen mit Prozessanlagen zu ermöglichen, die sich automatisch abschalten, wenn die Verbindung unterbrochen wird.

An dieser Stelle ist es wichtig zu beachten, dass die Normen und die ihnen zugrunde liegenden Forschungsergebnisse zwar klare Vorgaben für diesen oberen Widerstandsgrenzwert enthalten, jedoch kein unterer Widerstandsgrenzwert am anderen Ende der Skala erwähnt wird.

Warum kein unterer Widerstandsgrenzwert?

Was die Normen betrifft, so kann der Erdungswiderstand eines FIBC vom Typ C $1,0 \times 10^8 \Omega$, 100Ω oder 1Ω betragen, wobei die Funktionsweise der Erdungsverbindung unverändert bliebe. Die Einführung eines niedrigeren Widerstandsgrenzwerts führt zwangsläufig zu einer zusätzlichen Komplexität der Überwachungsschaltung, was weitere potenzielle Fehlerquellen oder Unregelmäßigkeiten im Betrieb mit sich bringt.

Im Gegenzug für diese zusätzliche Komplexität, bei der niedrigere Widerstandsgrenzen vorgeschlagen werden, liegt der vorgeschlagene Nutzen weniger in der Einhaltung der Normen und bewährten Verfahren, sondern vielmehr in der Objekterkennung, dem Versuch, das System narrensicher zu machen, oder der Möglichkeit, das System anstelle von geschulten oder kompetenten Bedienern einzusetzen. Jeder dieser möglichen Vorteile kann nacheinander untersucht werden.

Objekterkennung

Bei der Objekterkennung geht man davon aus, dass ein Bediener – versehentlich oder in der Absicht, das System zu umgehen – eine Erdungsklammer an einem anderen Objekt als einem FIBC vom Typ C anschließen könnte. Wenn dieses Objekt nicht leitfähig ist, wie beispielsweise ein Holzblock oder ein Kleidungsstück, liegt sein Widerstand über dem überwachten oberen Grenzwert, und das System erteilt keine Freigabe. Wenn aber das Objekt leitfähig ist, wie beispielsweise ein Metallwerkzeug oder ein Geländer, liegt der Widerstand unterhalb der überwachten Untergrenze, und das System erteilt immer noch keine Freigabe. Daher, so die Annahme, ermöglicht nur eine korrekte Verbindung an einen Typ C FIBC die Freigabe des Systems.

Diese Unterscheidung erscheint intuitiv einleuchtend, übersieht jedoch ein entscheidendes Detail: Andere Objekte können zwar in einen zulässigen Widerstandsbereich von beispielsweise 10Ω bis $1 \times 10^8 \Omega$ fallen, auch wenn sie tatsächlich keine Typ C FIBCs sind.

Dies stellt nicht nur die Rolle der Objekterkennung bei der Verwendung mit einem bekannten Typ C FIBC in Frage, sondern erhöht auch die Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarms, wenn das System dazu gebracht werden kann, ein Freigabesignal zu geben, wenn es mit einem anderen Objekt als dem vorgesehenen Sack verbunden wird.

Narrensicher?

Dies führt uns zur zweiten Annahme, nämlich dass die Objekterkennung durch eine untere Widerstandsgrenze ein System narrensicher oder manipulationsunmöglich machen kann. Um Douglas Adams zu zitieren: Ein häufiger Fehler, den Menschen begehen, wenn sie versuchen, etwas vollkommen narrensicheres zu entwerfen, besteht darin, den Einfallsreichtum völliger Narren zu unterschätzen.⁹ Da die Liste der Gegenstände, die in den Widerstandsbereich fallen, auch den menschlichen Körper umfasst, verfügt ein ausreichend entschlossener Bediener über die Mittel, ein solches System buchstäblich zu manipulieren,¹⁰ indem er sich entscheidet, einen Handschuh auszuziehen.



Bild 2: Menschenhand mit einem Widerstand von $1,3 \times 10^7 \Omega$ im Erkennungsbereich für Typ C FIBC-Objekte.

Ersatz für Schulung und Kompetenz

Dies führt uns nun zur dritten Annahme, dass ein System mit automatischer Objekterkennung mittels eines oberen und unteren Widerstandsgrenzwerts als Ersatz für die Schulung oder Kompetenz des Bedieners dienen kann.

Wie bei den vorangegangenen Punkten gilt auch hier: Wenn ein System von einer ausreichend entschlossenen Person, die vorsätzlich in böser Absicht handelt, oder versehentlich aufgrund mangelnden Verständnisses ausgetrickst werden kann, könnte eine Lösung, die lediglich höhere Barrieren errichtet, ohne die zugrunde liegenden sicheren Betriebsverfahren anzugehen, böswillige Akteure dazu ermutigen, sich neu zu formieren und es erneut zu versuchen, oder Bediener ohne die erforderliche Schulung oder Kompetenz dazu veranlassen, erneut das Risiko einzugehen, ein weiteres unbeabsichtigtes Ergebnis zu erzielen.

Stattdessen dient eine Erdungslösung, die lediglich den empfohlenen oberen Widerstandswert überwacht, dazu, geschulte und kompetente Bediener bei der sicheren Ausführung ihrer Arbeit zu unterstützen.

Dies kann eine automatische Überprüfung umfassen, ob die Standardarbeitsanweisung mit den einschlägigen Normen übereinstimmt, eine Aufforderung, die sicherstellt, dass die sichere Standardarbeitsanweisung befolgt wird, indem das „Start“-Signal des Systems als Teil einer Betriebscheckliste dient, sowie eine automatische Benachrichtigung oder Abschaltung für den Fall, dass die Verbindung während des Betriebs versehentlich unterbrochen wird.



Bild 3: Kartoffel mit einem Widerstand von $3,5 \times 10^4 \Omega$, innerhalb des Erkennungsbereichs für Typ C FIBC-Objekte.

Fazit

Welche Schlussfolgerungen lassen sich daraus ziehen?

Einerseits wurde nachgewiesen, dass die Verwendung eines oberen Widerstandsgrenzwerts für Typ C FIBC-Erdungsverbindungen eine Reihe wesentlicher Vorteile mit sich bringt, darunter die sichere Ableitung elektrostatischer Ladungen, wodurch das Risiko der Entstehung eines zündfähigen Funkens bei Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen gemindert wird, die Einhaltung der einschlägigen Normen und empfohlene Vorgehensweise sowie die Unterstützung sicherer Arbeitsabläufe, die von geschulten und kompetenten Bedienern durchgeführt werden.

Andererseits bringt die Verwendung eines unteren Widerstandsgrenzwerts erhebliche Nachteile mit sich. Abgesehen von der erhöhten Komplexität der Überwachungsschaltung, unterliegt die Nutzung dieses Toleranzfensters zur Objekterkennung einigen wichtigen Einschränkungen hinsichtlich dessen, was als zulässiges Objekt erkannt werden kann. Der Versuch, ein System narrensicher und manipulationsunmöglich zu gestalten, kann dennoch dazu führen, dass es getäuscht und manipuliert werden kann, und Fehlalarme können einen weiteren Unsicherheitsfaktor darstellen. Schließlich ist ein automatisiertes System allein kein Ersatz für die Schulung und Kompetenz der Bediener oder für sichere Standardarbeitsanweisungen.

Häufig gestellte Fragen

Was ist ein Typ C FIBC? Flexible Intermediate Bulk Container (FIBCs) werden je nach Anwendungsbereich in verschiedene Typen unterteilt. Typ C FIBCs verfügen über ein Netz aus leitfähigen Fäden oder mit Kohlenstoff angereicherten Geweben, damit sie elektrostatische Aufladungen sicher ableiten können, wenn sie an einen Erdungspunkt angeschlossen sind.

Warum müssen Typ C FIBCs geerdet werden? Bei Befüll- und Entleerungsvorgängen können sich elektrostatische Aufladungen auf FIBCs ansammeln, wenn keine Erdungsverbindung vorhanden ist. Dies kann zu Funkenbildung führen, die eine brennbare oder explosive Atmosphäre entzünden kann. Eine elektrostatische Erdungslösung ermöglicht die Kontrolle dieses Risikos und trägt so zur Verbesserung der Sicherheit für Prozesse, Standorte und Bediener bei.

Wie kann ein Typ C FIBC sicher geerdet werden? Klammer- und Kabelverbindungen zwischen dem Typ C FIBC und einem überprüften Erdungspunkt vor Ort ermöglichen die sichere Ableitung elektrostatischer Ladungen. Durch den Einsatz von zwei Klammerverbindungen mit einem Überwachungssystem kann diese Verbindung kontinuierlich überwacht werden, was eine visuelle Anzeige einer guten Verbindung liefert und mit der Prozessausrüstung verzahnt ist, um bei Unterbrechung der Verbindung eine automatische Abschaltung auszulösen.

Was sagen die Normen und Leitfäden dazu?

IEC TS 60079-32-1 schreibt eine elektrostatische Erdungsverbindung für FIBCs vom Typ C im Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen vor. IEC 61340-4-4 und NFPA 77 verlangen, dass der Widerstand zwischen dem FIBC und dem örtlichen Erdungspunkt unter einem maximalen Widerstandsgrenzwert liegt.

Was ist der maximale Widerstandsgrenzwert für Typ C FIBC Erdung? $1 \times 10^8 \Omega$ (100 MΩ).

Nächste Schritte

[Klicken Sie hier](#), um weitere Informationen im Wissensportal von Newson Gale zu erhalten

[Klicken Sie hier](#), um das Handbuch zu Erdung und Potentialausgleich von Newson Gale aufzurufen

[Klicken Sie hier](#), um das Vertriebsteam von Newson Gale zu kontaktieren und spezifische Anwendungen und Erdungslösungen zu besprechen

¹ 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, Artikel 3.

² IEC Technical Specification 60079-32-1 Explosive atmospheres - Part 32-1: Electrostatic hazards, guidance § 9.6.1

³ NFPA 77 (2024) Recommended Practice on Static Electricity

⁴ IEC 61340-4-4:2018 Electrostatics - Part 4-4: Standard test methods for specific applications - Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC) § 7.3.1

⁵ DIN EN IEC 61340-4-4:2019-01, VDE 0300-4-4:2019-01, *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

⁶ BS EN IEC 61340-4-4:2018 *Electrostatics - Standard test methods for specific applications. Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC)*

⁷ IEC 61340-4-4, op. cit., Annex F

⁸ Yamaguma, M., Goto, K., Kokubun, A., *A study on resistance of anti-electrostatic flexible intermediate bulk containers*, J. Chem. Eng. Jap. Vol. 8 No. 8 (708-714), 2015

⁹ Adams, Douglas (1992). *Mostly Harmless*. Pan in association with Heinemann.

¹⁰ Aus dem Lateinischen *manus*, "Hand"



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

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.