

Ist es jemals sicher, Kunststoff-Fässer und – Behälter in explosionsgefährdeten Bereichen zu verwenden?

Von Newson Gale



Über dieses Weißbuch

CurTec International bietet Verpackungen und Verpackungs-Know-how für die Anwendung in Industrie und Vertrieb für die Pharma-, Spezialchemie- und andere Industrien.

Wir sind davon überzeugt, dass wir einen entscheidenden Mehrwert durch Qualität, Funktionalität, Anwenderfreundlichkeit und Design liefern. Bei CurTec geht der Mehrwert über das tatsächliche Produkt hinaus. Die Auswahl oder Entwicklung der optimalen Verpackung für Ihr Produkt erfordert ein umfassendes Verständnis für Ihre gesamte Lieferkette.

Wir hoffen, dass wir mit der Veröffentlichung dieser Serie von White Papers zum Thema Verpackung einen kleinen aber bedeutenden Beitrag zu Ihren dringendsten Verpackungsproblemen leisten können.

Ihr CurTec-Team

Inhaltsverzeichnis

Über dieses Weißbuch > 2
Inhaltsverzeichnis > 2

Einführung > 3
Begriffsdefinitionen > 3
Prüfung von IBCs aus Verbundwerkstoffen sowie Leitfäden für die Branche > 5
Normen und Empfehlungen für die Praxis > 7
Ordnungsgemäße Erdung von elektrostatisch ableitfähigen Fässern und IBCs > 8
Lösungsbeispiel für die sichere Erdung elektrostatisch ableitfähiger Behälter > 9
Fazit > 10

Literatur > 11
Über Newson Gale > 12

Ist es jemals sicher, Kunststoff-Fässer und – Behälter in explosionsgefährdeten Bereichen zu verwenden?

Einführung

In den letzten Jahren kamen immer mehr neue und kostengünstige mobile Kunststoffbehälter auf den Markt. Dank verschiedener Behältergrößen von 1-Liter-Flaschen über 220-Liter-Fässer bis hin zu 1000-Liter-IBCs verfügen die Lieferketten in der Gefahrstoffindustrie nunmehr über eine breite Palette an Verpackungsoptionen für unterschiedlichste Produkte.

Während für einige Verpackungsoptionen Kunststoffe benötigt werden, die mit bestimmten Produkten kompatibel sind, besteht der Hauptvorteil der Kunststoffverpackungen in ihren relativ geringen Kosten im Vergleich zu Metallbehältern wie Metallfässern und Metall-IBCs. Die vermehrte Verwendung von Kunststoffbehältern in der Gefahrstoffindustrie steht aufgrund der Gefahren durch elektrostatische Aufladung jedoch immer stärker auf dem Prüfstand.

In diesem kurzen Artikel geht es um Fragestellungen im Zusammenhang mit der elektrostatischen Aufladung von Kunststoffverpackungen, entsprechende Berichte und Gutachten von Branchen- und Sicherheitsinstitutionen sowie um die Bereitstellung von Lösungen für die Erdung nichtmetallischer Behälter mit dem besonderen Augenmerk auf Fässern und IBCs aus Verbundwerkstoffen.

Begriffsdefinitionen

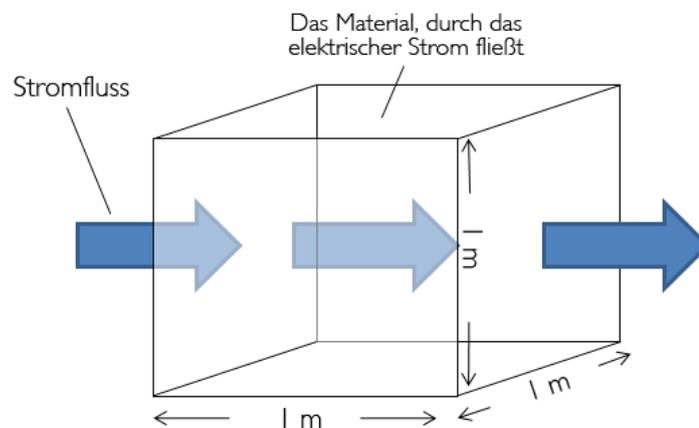
Die korrekte Definition der Begriffe „leitfähig“, „isolierend“ und „elektrostatisch ableitfähig“ (antistatisch) ist wichtig, um die Fähigkeit von bestimmten Werkstoffen, elektrostatische Ladungen sicher von ordnungsgemäß geerdeten Objekte abzuleiten, voll erfassen zu können. Leitfähige Werkstoffe können elektrostatische Ladungen sofort abführen. In elektrostatisch ableitfähigen Werkstoffen werden elektrostatische Ladungen ebenfalls abgeleitet, allerdings erfolgt dies langsamer als bei leitfähigen Werkstoffen. In isolierenden oder, um präziser zu sein, schlecht leitfähigen Werkstoffen, werden elektrostatische Ladungen auf der Oberfläche gespeichert und auch dann nicht ohne weiteres abgeführt, wenn der Werkstoff geerdet wird.

Des Weiteren ist es wichtig, den Unterschied zwischen Durchgangswiderstand und Oberflächenwiderstand zu verstehen. Der spezifische Widerstand wird durch die immanenten Eigenschaften des Werkstoffs bestimmt, die den Stromfluss behindern. Der spezifische Durchgangswiderstand ρ stellt den gesamten spezifischen Widerstand eines Werkstoffstücks durch sein gesamtes Volumen hindurch dar. Der Gesamtwiderstand gegen den Ladungstransport wird

berechnet, indem man den spezifischen Widerstandswert des Werkstoffstücks mit seiner Länge multipliziert und diesen Wert dann durch die Querschnittsfläche, durch die die Ladung fließt, dividiert:

$$R = \rho l / A$$

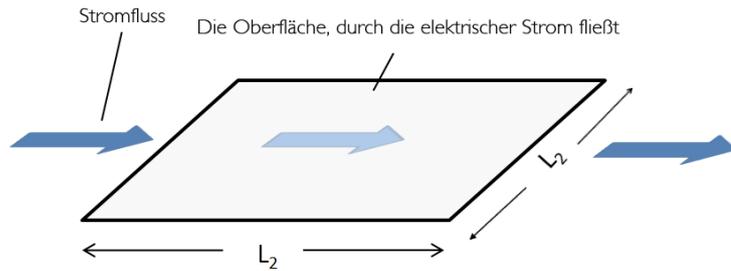
Der Widerstand durch einen großen Block aus PTFE von 1 m Länge und einer Querschnittsfläche von 1m² mit einem spezifischen Widerstandswert (ρ) von 1019 Ωm beträgt z.B. 1 x 1019 Ohm(1). Bei einem entsprechenden Kupferblock mit dem gleichen Volumen und einem spezifischen Widerstand von 1 x 10⁻⁸ Ωm beträgt der Widerstand durch das Kupfer hindurch 1 x 10⁻⁸ Ohm. Also selbst wenn der PTFE-Block ordnungsgemäß geerdet wurde, erfahren die Ladungen ein hohes Maß an Widerstand bei ihrer Bewegung in Richtung Erde, während es bei Metallen nur einen geringen oder überhaupt keinen Widerstand gibt und die Ladungen sofort zur Erde abgeleitet werden.



Der Widerstand, den der durch einen Werkstoffblock fließenden Strom erfährt, ist abhängig vom spezifischen Widerstand ρ des Werkstoffs sowie von der Länge und der Querschnittsfläche des Werkstoffblocks.

Der spezifische Oberflächenwiderstand λ stellt den spezifischen Gesamtwiderstand über die Oberfläche eines Werkstoffes dar. Im Wesentlichen ist es so, dass ein Werkstoff mit einem hohen spezifischen Durchgangswiderstand so ausgelegt werden kann, dass er nur einen geringen spezifischen Oberflächenwiderstand aufweist. In diesem Fall könnten Ladungen, die ansonsten nicht so einfach durch den Werkstoff fließen würden, über die Oberfläche geführt werden.

Der Gesamtoberflächenwiderstand wird auf ähnliche Art und Weise mit der Formel $R = \lambda L1/L2$ berechnet.



Der Widerstand, den der über eine Oberfläche fließende Strom erfährt, ist abhängig vom spezifischen Oberflächenwiderstand λ des Werkstoffs sowie von der Länge und Breite des Werkstoffabschnitts.

Im Allgemeinen können Werkstoffe in Abhängigkeit von ihren spezifischen Durchgangs- und Oberflächenwiderstandswerten in drei Kategorien eingeteilt werden.

Werkstoffklassifikation	Spezifischer Durchgangswiderstand (ρ) in Ω/m	Spezifischer Oberflächenwiderstand λ in $\Omega/\text{Flächenquadrat}$
Leitfähig	$\rho < 10^2$	$\lambda < 10^5$
Ableitfähig	$10^2 \leq \rho < 10^9$	$10^5 \leq \lambda < 10^{12}$
Isolierend	$\rho \geq 10^9$	$\lambda \geq 10^{12}$

Tabelle 1: Wertebereiche des spezifischen Widerstands für leitfähige, ableitfähige und isolierende Werkstoffe(1).

In Bezug auf die Zündgefahr aufgrund von elektrostatischer Ladung in explosionsgefährdeten Bereichen ist die korrekte Anwendung und Spezifikation der Behälter aus leitfähigen, elektrostatisch ableitfähigen und isolierenden Werkstoffen für die Sicherheit des Personals und der Prozesse, in deren Verlauf diese Behälter zum Einsatz kommen, von größter Wichtigkeit.

Prüfung von IBCs aus Verbundwerkstoffen sowie Leitfäden für die Branche

Ein Bericht, der für die britische Health & Safety Executive (HSE) erstellt wurde, beschreibt die wichtigsten Auswahlkriterien, die Anlagenbetreiber bei der Verwendung von mobilen Behältern in explosionsgefährdeten Bereichen in Betracht ziehen sollten(2). Für den Bericht wurde das Ausmaß elektrostatischer Entladungen an Behältern von kleinen 1-Liter-Kunststoffflaschen bis hin zu starren 1000-Liter-IBCs getestet und quantifiziert. Starre IBCs werden aus zahlreichen unterschiedlichen Werkstoffen gefertigt, z.B. aus isolierendem und elektrostatisch ableitfähigem Kunststoff oder auch aus isolierendem Kunststoff umgeben von

einer Hülle aus Metallplatten oder mit einem Stahlrahmen. Kunststofffässer mit einem Fassungsvermögen von 220 Litern wurden bei diesen Tests nicht berücksichtigt.

Die Erzeugung und Messung der elektrostatischen Entladung erfolgte im Einklang mit BS EN 13463-1:2001 („Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 1: Grundlagen und Anforderungen“).

Die Prüfungen unter kontrollierten Laborbedingungen ergaben, dass elektrostatische Entladungen von ausreichend hoher Energie zur Zündung von weit verbreiteten Gasen und Dämpfen bei allen Behältertypen möglich sind. Ein IBC aus Kunststoffverbundwerkstoff, der über eine elektrostatisch ableitfähige Außenschicht verfügte, wies sichere Entladungswerte auf. Der Bericht weist jedoch auch darauf hin, dass eine repräsentative Probemenge dieser IBCs geprüft werden müsse, um feststellen zu können, ob diese Eigenschaften konsistent vorhanden sind.

Im Folgenden werden einige der Schlussfolgerungen und Empfehlungen des Berichts aufgeführt:

- „Bei allen Bauformen ist es sehr wichtig, dass der Rahmen sowie alle anderen leitfähigen Teile bei allen Handhabungen, bei denen es zu elektrostatischer Aufladung kommen kann, geerdet werden und dass diese Behälter nicht auf stark isolierenden Flächen abgestellt werden, wenn diese nicht separat geerdet sind.“
- Der Erdschluss zwischen dem Rahmen und leitfähigen Teilen von Einfüll- und Entnahmestützen etc. sollte regelmäßig überprüft werden.
- Freiliegende Kunststoffteile (z.B. Einfüll- und Entnahmestützen sowie Einfüllverschlüsse) sollten aus elektrostatisch ableitfähigen Werkstoffen gefertigt werden.
- Metallrahmen sowie leitfähige Objekte auf IBCs sollten „elektrisch mit der Erde verbunden“ werden, wobei ausreichend Zeit für die Ladungsrelaxation vorzusehen ist.
- Zur Bestimmung des am besten geeigneten Behältertyps sollte eine gründliche Risikoanalyse durchgeführt werden. Dabei ist besonderes Augenmerk auf das elektrostatische Ladungspotential und das Vorhandensein von entzündlichen Gasen und Dämpfen der Kategorien IIA, IIB und IIC zu legen.

Aufgrund der überwältigend großen Anzahl und Verfügbarkeit unterschiedlicher IBCs haben SIA und CBA den Leitfaden „Guidance Notice 51a“ veröffentlicht, in dem die wichtigsten Auswahlkriterien für Edelstahl- oder Verbundwerkstoff-IBCs mit einer „antistatischen Ummantelung“ beschrieben werden. Die IBC-Auswahlkriterien sind in erster Linie abhängig vom Flammpunkt des verwendeten Lösungsmittels sowie davon, ob das Lösungsmittel elektrisch leitfähig ist oder einen Widerstand aufweist. Der Leitfaden enthält noch detailliertere Informationen, aber die folgende Tabelle bietet eine Zusammenfassung der IBC-Optionen für widerstandsbehaftete Lösungsmittel (Kohlenwasserstoffe) und leitfähige Lösungsmittel (oxigeniert):

IBC-Typ	Lösungsmittel-Flammpunkt		
	<0°C	0 - 40°C	>40°C
Verbundwerkstoff mit antistatischer Ummantelung	Nein	Nein: Kohlenwasserstoffe Ja: oxigeniert	Ja
Edelstahl	Ja	Ja	Ja

Tabelle 2: Parameter für die Bestimmung geeigneter Edelstahl- und Verbundwerkstoff-IBCs mit elektrostatisch ableitfähiger Ummantelung(3)

Normen und Empfehlungen für die Praxis

Das Hauptproblem beim Füllen nichtleitfähiger Kunststoffbehälter – seien es nun IBCs, Fässer oder Flaschen – besteht darin, dass die Flüssigkeiten oder Feststoffe, die durch ihre eigene Bewegung aufgeladen werden, ebenso Ladungen im Kunststoff hervorrufen. Je mehr Produkt in den Behälter eingefüllt wird, umso mehr Ladung bildet sich auf seiner Innenfläche. Auf der Außenfläche des Behälters, die direkt der explosionsfähigen Atmosphäre ausgesetzt ist, bilden sich entgegengesetzte Ladungen. Zwischen der geladenen Außenfläche und eventuellen Objekten (z.B. Werkzeugen, Behältern, Instrumenten oder den Fingern des Bedienpersonals) bilden sich Potentialdifferenzen innerhalb der explosionsfähigen Atmosphäre, die wiederum zu zündfähigen Büschelentladungen führen können. Alternativ dazu können sich Objekte, wie z.B. Metallwerkzeuge, aufgrund der Nähe zu elektrisch aufgeladenen Kunststoffbehältern selbst aufladen. Wenn sie gegen Erde isoliert sind, kann es auch hier leicht zu Funkenentladungen kommen. Experten und Normen kommen zu der Schlussfolgerung, dass mobile Behälter aus nichtleitfähigem Kunststoff nur dann in explosionsgefährdeten Bereichen verwendet werden sollten, wenn der gesamte Prozess einer Expertenanalyse unterzogen wurde(2)(4). Wenn Kunststoffe verwendet werden sollen, muss dazu die brennbare Atmosphäre inertisiert werden.

Es gibt zwar viele Informationen zu Widerstandswerten, die bei der Erdung von Metallobjekten (z.B. Tanklastzügen, 205-Liter-Fässern, etc.) erreicht werden sollten (10 Ohm oder weniger), aber nur wenige praktische Hinweise in Bezug auf die maximalen Widerstandswerte für elektrostatisch ableitfähige Fässer oder IBCs. Nur in einer Norm wird ein maximaler Widerstandswert für elektrostatisch ableitfähige Werkstoffe festgelegt, und dieser gilt für FIBC des Typs C, die für den Transport und die Lagerung von pulverförmigen Produkten verwendet werden. In CLC/TR: 50404 steht, dass der Widerstand durch einen FIBC-Sack des Typs C hin zu seinen Erdungszungen nicht größer als 1×10^8 Ohm sein sollte(5). Zurzeit bieten einige Verpackungsmittelhersteller elektrostatisch ableitfähige Fässer und IBCs an, deren maximale Widerstandswerte mit 1×10^8 Ohm, 1×10^6 Ohm bis zu 1×10^5 Ohm angegeben werden. Ein Beispiel dafür ist ein Fass aus Verbundwerkstoff mit einer normalen Innenauskleidung aus PE und einer Kunststoffaußenfläche aus elektrostatisch ableitfähigem Material. Dies bedeutet zwar nicht zwangsläufig,

dass die Flüssigkeit im Innern des Fasses, auch wenn sie leitfähig ist, ihre Ladung schnell ableitet, aber die Fassoberfläche, die der explosionsfähigen Atmosphäre direkt ausgesetzt ist, sollte keine Potentialdifferenzen in Bezug auf andere geerdete Objekte aufbauen oder Spannungen in isolierten Metallobjekten hervorrufen, sofern korrekte Erdungsverfahren angewendet werden.

Da diese Behältertypen in den Lieferketten in der Gefahrstoffindustrie immer größere Verbreitung finden, sollten Institutionen und Organisationen, die Normen und Richtlinien für die Kontrolle elektrostatischer Ladungen in explosionsgefährdeten Bereichen verfassen, die Verwendung dieser Behälter in Augenschein nehmen. Besonders wichtig ist dies, wenn es um brennbare Flüssigkeiten mit niedriger Mindestzündenergie geht. Da Pulver normalerweise eine höhere Mindestzündenergie als Flüssigkeiten haben, ist es besonders wichtig, Leitfäden zu veröffentlichen, welche die Mindestzündenergien von brennbaren Flüssigkeiten, das potentielle Ladungsniveau beim Füllen/Entleeren der Behälter sowie den optimalen Maximalwert des Widerstands durch den Behälter hin zur Erde berücksichtigen.

Wenn Hersteller aus wirtschaftlichen Gründen oder in Hinblick auf die Kompatibilität von verschiedenen Materialien gezwungen sind, mobilen Kunststoffbehältern den Vorzug vor Metallbehältern zu geben, sollten sie darauf achten, dass ihre Behälterlieferanten ihnen Fässer oder IBCs zur Verfügung stellen, die in die Kategorie der elektrostatisch ableitfähigen Produkte fallen, wenn sie im Rahmen von Prozessen verwendet werden sollen, die in explosionsgefährdeten Bereichen stattfinden.

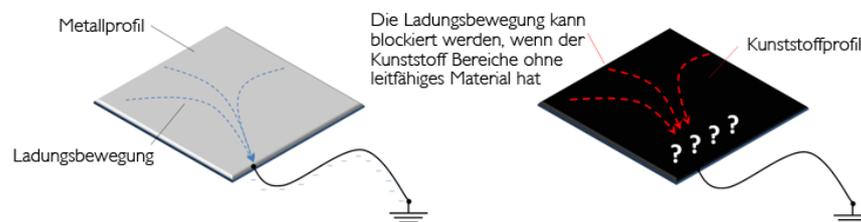
Ordnungsgemäße Erdung von elektrostatisch ableitfähigen Fässern und IBCs

Wie bereits dargestellt liegt der maximale Widerstandswert, auf dem leitfähigen Behälter (Metallbehälter), bei denen die Gefahr einer statischen Aufladung besteht, hin überwacht werden sollten, bei 10 Ohm. Dieser Wert wurde bereits in zahlreichen Normen und Veröffentlichungen zum Thema Prozesssicherheit gut dokumentiert. In Hinblick auf die Widerstandswerte im Zusammenhang mit Verbundwerkstoffen, die elektrostatisch ableitfähig sind, gibt es jedoch praktisch kaum Referenzen mit Ausnahme von CLC/TR: 50404 für FIBCs des Typs C, für die ein maximaler Widerstandswert von 1×10^8 Ohm empfohlen wird⁽⁵⁾.

Sollten Leitfäden herausgegeben werden, die die Verwendung derartiger Behälter direkt behandeln, könnte ein anderer Widerstandswert als angemessen betrachtet werden. Da CLC/TR: 50404 jedoch die einzige Norm ist, in der geeignete Informationen für die Verwendung von elektrostatisch ableitfähigen Werkstoffen in explosionsgefährdeten Bereichen enthalten sind, würde daraus folgen, dass die Erdung von elektrostatisch ableitfähigen Fässern und IBCs auf die Einhaltung des Werts von maximal 1×10^8 Ohm hin überwacht werden sollte.

Ein Überwachungssystem gewährleistet nicht nur, dass das Erdungssystem eine sichere Verbindung zum Verbundwerkstoffbehälter hat, sondern es zeigt darüber

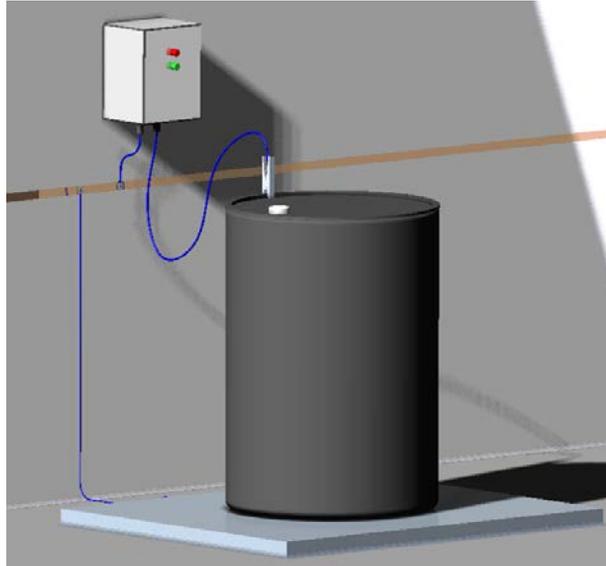
hinaus auch an, dass der Bereich des Behälters, der aus elektrostatisch ableitfähigem Material hergestellt wurde, korrekt funktioniert. Dies ist besonders wichtig, da in Hinblick auf Metallfässer und Metall-IBCs angenommen werden kann, dass das Metall elektrostatische Ladungen sehr leicht ableitet, sofern kontakthemmende Einflussfaktoren wie Farbschichten und Rost von der Erdungszange des Erdungssystems durchdrungen werden. Es empfiehlt sich dringend, das diesbezügliche Leistungsverhalten von Verbundwerkstoffbehältern zu überwachen, um sicherzustellen, dass isolierende Kunststofffässer und -IBCs, die in explosionsgefährdete Bereiche gelangen könnten, vorab identifiziert und entfernt werden, bevor es zum Füllen/Entleeren kommt. Darüber hinaus sollte bei elektrostatisch ableitfähigen Fässern/IBCs aufgrund ihres Aufbaus aus Verbundwerkstoffen nicht ohne weiteres davon ausgegangen werden, dass die Ableiteigenschaften korrekt über die gesamte Konstruktion verteilt sind. Da der Verbundwerkstoffbehälter im Laufe seiner Nutzungsdauer Qualitätsverluste erleidet, ist es besonders wichtig, die elektrostatische Ableitfähigkeit des Behälters so lange aufrechtzuerhalten, wie er in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt wird.



Elektrostatische Ladungen bewegen sich frei durch Metalle hindurch. Auf Kunststoffoberflächen hingegen können sie an ihrer Bewegung gehindert werden und sich entsprechend ansammeln.

Lösungsbeispiel für die sichere Erdung elektrostatisch ableitfähiger Behälter

Ein Beispiel für die Überwachung der Integrität eines elektrostatisch ableitfähigen Fasses, das in einer Füllstation zum Einsatz kommt, besteht im Anschluss eines Erdungsüberwachungssystems an das Fass. Das Erdungssystem, das einen eigensicheren Strom durch das Fass fließen lässt, überwacht das Fass in Hinblick auf die Einhaltung des in CLC/TR: 50404 spezifizierten Widerstandswerts von maximal 1×10^8 Ohm. Der Weg, den der Strom zurück zum System nimmt, führt durch das Fass hin zur Fläche, auf der das Fass steht. Dabei kann es sich beispielsweise um eine Waage, ein Förderband oder eine extra dafür vorgesehene Stahlplatte handeln.



Ordnungsgemäße Erdung von elektrostatisch ableitfähigen Fässern und IBCs

Diese Fläche ist mit dem vorab verifizierten Erdungspunkt der Anlage verbunden. Im dargestellten Fall handelt es sich dabei um die Kupfersammelschiene, die entlang der Wand verläuft. Der Strom fließt über die geerdete Sammelschiene zurück zum Erdungsüberwachungssystem. In diesem Beispiel liefert das System nicht nur den Beweis dafür, dass das Fass aus Verbundwerkstoff in einem kontinuierlich auf einen Widerstandswert von 1×10^8 Ohm hin überwachten Stromkreis die für die Sicherheit benötigte elektrostatische Ableitung aufweist, sondern es liefert außerdem den Beweis, dass das Fass für die Dauer des Befüllvorgangs über die Sammelschiene über eine dauerhafte Verbindung zur Erde verfügt.

Wenn das Fass nicht auf einer geerdeten Metallfläche abgestellt werden kann, können auf gegenüberliegenden Stellen am oberen Rand des Fasses zwei separate Klemmen angebracht werden. Alternativ dazu ist es möglich, mit einer einzelnen 2-poligen Klemme über zwei Spitzen an der Erdungszange die Intaktheit des Kontakts zum Fass zu überwachen. Je nach bevorzugter Anschlussmethode liefert das Erdungssystem den Nachweis, dass das Fass für die Dauer des Füllvorgangs mit der Erde verbunden ist.

Das Erdungssystem sollte mit der Fassbefüllanlage verzahnt sein. Wenn das Fass vom Bedienpersonal nicht geerdet wurde oder wenn das Fass nicht elektrostatisch ableitfähig ist, kann es so zu keinem Füllvorgang kommen, wodurch gewährleistet wird, dass sich am Fass keine gefährlichen elektrostatischen Ladungen bilden.

Fazit

Wenn in explosionsgefährdeten Bereichen mobile Kunststoffbehälter eingesetzt werden sollen, ist es wichtig, sicherzustellen, dass die Behälter elektrostatische

Ladungen sicher ableiten können, wenn sie geerdet sind. Um die Gefahr elektrostatischer Zündungen zu vermeiden, sollte das Material des Behälters und insbesondere die der explosionsfähigen Atmosphäre ausgesetzte Oberfläche elektrostatisch ableitfähig sein. Beim Füllen oder Entleeren von Behältern ist es gleichermaßen wichtig, Erdungssysteme zu verwenden, die feststellen können, ob ein Fass tatsächlich bis zu einem maximalen Widerstandswert von 1×10^8 Ohm ableitfähig ist. Dadurch wird gewährleistet, dass ungeeignete Behälter aus normalem Kunststoff nicht in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden können. Das Erdungssystem stellt darüber hinaus sicher, dass das elektrostatisch ableitfähige Material des Behälters im Laufe seiner Nutzungsdauer keine Qualitätsverluste erlitten hat und seine vorgesehene Sicherheitsfunktion zuverlässig erfüllt, d.h. dass es potentiell gefährliche elektrostatische Ladungen von seiner Oberfläche ableitet, sobald es mit der Erde verbunden wird.

Literatur

- (1) „Electrostatic Ignitions of Fires and Explosions“, Pratt, T.H., Center for Process Chemical Safety (2000).
- (2) Forschungsbericht RR804 „Plastic Containers for flammable liquids/hazardous areas, Electrostatic Risks“, Health & Safety Laboratory (2010).
- (3) „Use of IBCs for Oxygenated Solvents and Hydrocarbon Solvents“, Solvents Industry Association & Chemical Business Association, (2003).
- (4) „Avoiding Static Ignition Hazards in Chemical Operations“, Britton, L.G., Center for Process Chemical Safety (1999).
- (5) CLC/TR 50404: „Electrostatics. Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity“, CENELEC (2003).

Über Newson Gale

Dieser Artikel wurde CurTec von Newson Gale zu Verfügung gestellt. Falls sie weitere Informationen zur Erdungstechniken für ableitfähige Behälter (einschließlich Fässer und IBCs) benötigen, [kontaktieren](#) Sie bitte Newson Gale.

Sie können auch eine GRATIS Kopie des „Newson Gale Grounding and Bonding applications“-Handbuches anfordern.



Grounding & Bonding Manual

How to control static in hazardous areas

FREE
32 Page Guide
GET YOURS TODAY!

Klicken Sie [hier](#) um ein Handbuch anzufordern

CurTec International

Spoorlaan Noord 92
5121 WX RIJEN
Niederlande

Großbritannien und Irland: +44 20 3514 4624

Nordamerika: +1 908 450 9816

Frankreich: +33 1 84 88 32 32

Deutschland, Österreich und die Schweiz: +49 211 3878 9059

Benelux und alle anderen Länder: +31 88 808 2000

curtec.de@curtec.com

curtec.com