



issa

INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SOZIALE SICHERHEIT | IVSS

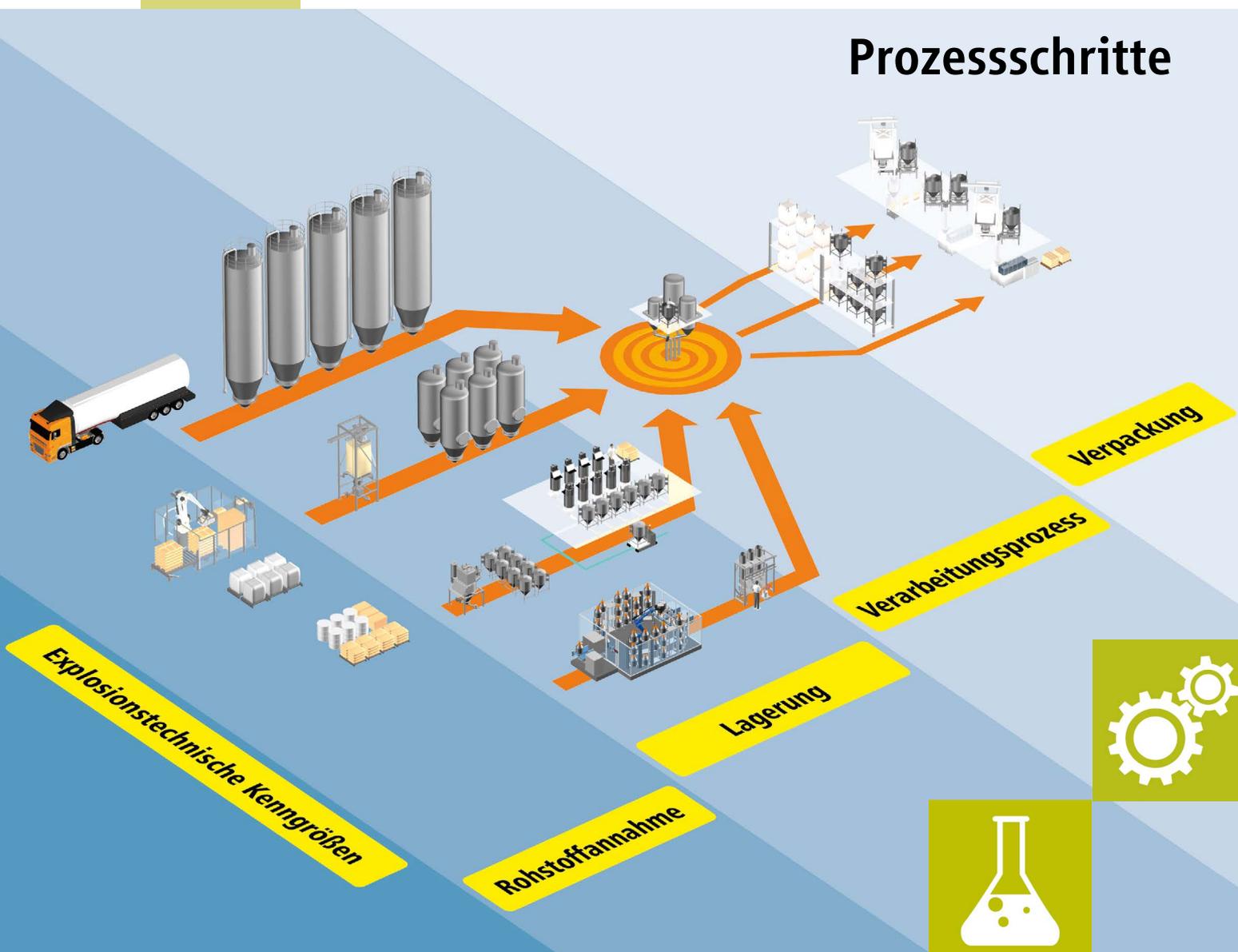
Sektion für Prävention in der chemischen Industrie  
Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit

# Explosionssicherheit von Schüttgutanlagen

## Modul: Verpackung

4/2025

### Prozessschritte





## IVSS Sektion Maschinen- und Systemsicherheit

Dynamostraße 7–11  
68165 Mannheim  
Deutschland  
Telefon: +49 (0) 621 4456 2213  
[www.safe-machines-at-work.org](http://www.safe-machines-at-work.org)  
Email: [info@ivss.org](mailto:info@ivss.org)



## IVSS Sektion Chemie

Kurfürstenanlage 62  
69115 Heidelberg  
Deutschland  
Telefon: +49 (0) 6221 5108 11002  
[ww1.issa.int/de/prevention-chemie](http://ww1.issa.int/de/prevention-chemie)  
Email: [issa.chemistry@bgrci.de](mailto:issa.chemistry@bgrci.de)

Ausgabe 04/2025  
ISBN 978-92-843-0145-4

Copyright © IVSS 2025  
Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Genehmigung

Download der Broschüren  
<https://safe-machines-at-work.org/explosion-protection>  
<https://ww1.issa.int/prevention-chemistry/publications>



# Explosionssicherheit von Schüttgutanlagen

## Modul: Verpackung

In den Rechtsvorschriften wird sowohl vom Arbeitgeber als auch vom Unternehmer gesprochen. Beide Begriffe sind nicht völlig identisch, weil Unternehmer/innen nicht notwendigerweise Beschäftigte haben. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Thematik ergeben sich daraus keine relevanten Unterschiede, sodass diese Begriffe synonym verwendet werden.

Um die Lesbarkeit zu erleichtern gelten in dieser Broschüre die für die personenbezogenen Bezeichnungen (z. B. Arbeitgeber, Unternehmer) gewählten Formen für beide Geschlechter.

# Inhalt

	Vorwort .....	7
<b>1</b>	Einführung .....	8
<b>2</b>	Beurteilung der Elektrostatik als Zündgefahr einer explosionsfähigen Atmosphäre bei der Handhabung von Packmitteln .....	10
2.1	Explosionsfähige Atmosphäre.....	10
2.2	Zündquelle Elektrostatik .....	11
2.2.1	Entladungsarten .....	11
2.2.1.1	Funkenentladung.....	11
2.2.1.2	Corona- und Büschelentladung .....	12
2.2.1.3	Gleitstielbüschelentladung (GSB) .....	12
2.2.1.4	Schüttkegelentladung (SKE) .....	14
2.2.1.5	Gewitterblitzähnliche Entladung.....	15
2.2.2	Zündwahrscheinlichkeiten der verschiedenen Entladungsarten ....	15
2.2.3	Definitionen und Grenzwerte für die Leitfähigkeit von Medien und Materialien.....	16
2.2.3.1	Leitfähig.....	16
2.2.3.2	Ableitfähig .....	16
2.2.3.3	Isolierend .....	16
2.2.4	Grenzwert für Leitfähigkeit von Schüttgütern .....	16
2.2.5	Erdung .....	16
2.2.6	Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren .....	17
2.2.7	Von Mitarbeitenden ausgehende elektrostatische Zündgefahren..	25
2.2.7.1	Schuhwerk.....	25
2.2.7.2	Kleidung .....	25



<b>3</b>	Packmittel für Schüttgüter unter Berücksichtigung ihrer Eignung zum Vermeiden elektrostatischer Zündgefahren beim Befüllen und Entleeren .....	26
3.1	Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung .....	28
3.2	Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).....	40
3.3	Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2) .....	50
3.4	Großpackmittel mit Volumina > 0.25 m <sup>3</sup> (Flexible Schüttgutbehälter, Big Bags, Container, Oktabins, etc.) .....	60
<b>4</b>	Literaturverzeichnis .....	63
	Die IVSS .....	64
	Impressum.....	66



Bildquelle: AZO



# Vorwort

In dem hier vorliegenden Modul werden Verpackungen für Schüttgüter hinsichtlich der Zündquelle „Entladungen statischer Elektrizität“ bewertet. Dabei wird zwischen den möglichen Entladungsarten, die vom Schüttgut ausgehen können und denen, die vom Packmittel ausgehen können, differenziert.

Die Eignung einer Vielzahl von Packmitteln wird abhängig von deren Art (z. B. isolierende Kunststoffsäcke, ableitfähige Kunststoffsäcke, Papiersäcke, Fässer), von deren Volumen und vom spezifischen Widerstand des Schüttgutes bewertet und notwendige Maßnahmen für die sichere Anwendung aufgezeigt.

Des Weiteren wird sowohl zwischen lösemittelfeuchten und lösemittelfreien Schüttgütern unterschieden als auch die Möglichkeit des Vorhandenseins brennbarer Gase, Dämpfe und hybrider Gemische in Betracht gezogen.

Die sich daraus ergebende Vielzahl möglicher Kombinationen wird in Tabellenform dargestellt und die jeweilige Eignung in Form einer farblichen Codierung veranschaulicht.



**Thomas Köhler**  
Präsident der Sektion Chemie



**Jürgen Schulin**  
Präsident der Sektion Maschinen- und Systemsicherheit

# 1 Einführung

Beim Befüllen und Entleeren von Packmitteln mit brennbaren Schüttgütern ereignen sich in der chemischen, pharmazeutischen, Nahrungsmittel-, Futtermittel- oder ganz allgemein in der Prozessindustrie immer wieder Brände und Explosionen. Dies ist auf die unterschiedlichsten Gründe zurückzuführen:

- Das Befüllen und Entleeren von Packmitteln wird meistens offen, das heißt unter atmosphärischen Bedingungen durchgeführt. Sofern das Schüttgut brennbar und feinkörnig ist oder wenn die Umfülloperation in Gegenwart von brennbaren Gasen oder Dämpfen durchgeführt wird, wie beispielsweise beim Eintrag von Feststoff in vorgelegtes Lösungsmittel, kann die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre kaum vermieden werden. Je nach betrieblicher Situation handelt es sich hierbei um eine Staub-Luft- oder eine Lösungsmitteldampf-Luft-Atmosphäre oder um ein hybrides Gemisch. Selbst bei grobkörnigem Schüttgut kann sich beispielsweise durch Abrieb während des Transports feinkörniges Produkt bilden.
- Sofern eine explosionsfähige Atmosphäre nicht vermieden werden kann, stellt das Vermeiden aller wirksamen Zündquellen die einzige Schutzmaßnahme dar, um eine Explosion zu verhindern. Zündquellen, die nicht direkt mit dem Umfüllvorgang verbunden sind, wie beispielsweise offene Flammen, Schweißen, Rauchen, elektrische Installationen, müssen durch organisatorische Maßnahmen und geeignete Gerätewahl und Installationen ausgeschlossen werden. Dasselbe gilt für heiße Oberflächen und mechanisch erzeugte Funken. Eine besonders heimtückische Zündquelle stellt die statische Elektrizität dar. Dies gilt insbesondere auch deshalb, weil sie unmittelbar mit Befüll- oder Entleeroperationen verbunden ist und je nach Packmittel und Schüttgut nur schwer vermieden werden kann.
- Elektrostatische Aufladung von Packmitteln und Füllgütern ist in vielen Fällen unmittelbar mit den betriebsmäßigen Prozessen und Operationen verbunden. Sie stellt eine Zündquelle dar die im Normalfall, das heißt ohne dass irgendeine Störung auftritt, aber auch bei Abweichungen wirksam werden kann.
- Wie in den oben beschriebenen Punkten festgehalten, werden bei offen durchgeführten Befüll-, Entleer- und Umfülloperationen Brennstoff und Sauerstoff (Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre) sowie die Zündquelle Elektrostatik betriebsmäßig örtlich und zeitlich zusammengeführt und somit das Gefahendreieck geschlossen. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass bei diesen Operationen immer wieder Brände und Explosionen auftreten, sofern keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen getroffen werden.
- Oft sind die Maßnahmen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen organisatorischer Natur, wie beispielsweise das Erden von ortsveränderlichen Packmitteln sowie von Ein- oder Austragshilfen. Die Zuverlässigkeit dieser Maßnahmen wird deshalb stark von möglichen menschlichen Fehlern beeinflusst.
- Die Phänomene der Elektrostatik, wie beispielsweise die Influenz, sind nicht immer einfach zu verstehen und somit vorherzusagen. Zur Beurteilung der Gefahren infolge elektrostatischer Aufladungen sind sowohl ein physikalisches Grundwissen als auch Erfahrungen aus der Prozessindustrie erforderlich.
- Die beiden zuletzt genannten Sachverhalte erfordern einen hohen Ausbildungsstand des Personals von den Arbeitenden am Reaktionskessel bis zu den planenden Ingenieuren und Chemikern. Ein solcher Ausbildungsstand ist insbesondere in Zeiten von schnellem personellem und strukturellem Wandel oft schwierig zu gewährleisten.



- Maßnahmen zur Vermeidung der Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen stehen oft im Zielkonflikt zu anderen Anforderungen und Schutzmaßnahmen, wie beispielsweise das Gewicht des Packmittels, die Verträglichkeit mit dem Füllgut, Wasserdampfdurchlässigkeit, Arbeiten unter GMP (Good Manufacturing Practice), Unfallschutz, Produktivität, Wirtschaftlichkeit, etc.
- Oft werden verfahrenstechnische oder apparatetechnische Änderungen und Innovationen eingeführt, ohne dass die Konsequenzen bezüglich elektrostatischer Aufladungen berücksichtigt werden und den Zündgefahren durch Elektrostatik Rechnung getragen wird. Beispielsweise stellt der Schüttgutlieferant auf ein neues Packmittel um, ohne den Kunden hierüber genügend zu informieren oder der Produktionsbetrieb wechselt den Rohstofflieferanten und erhält das Produkt in einem anderen Packmittel.
- Neben weiteren Zündquellen wie offene Flammen, heiße Gase, mechanisch erzeugte Funken, elektrische Anlagen etc., sind bei der Handhabung von Packmitteln insbesondere auch heiße Oberflächen bei Einrichtungen zum Verschweißen von Foliensäcken zu beachten.

# Beurteilung der Elektrostatik als Zündgefahr einer explosionsfähigen Atmosphäre bei der Handhabung von Packmitteln

## 2.1 Explosionsfähige Atmosphäre

Bei Befüll- oder Entleer-Operationen von Packmitteln kann durch das Füllgut oder durch brennbare Stoffe in der Umgebung eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen. Beispiele hierfür sind:

- Staubwolke ausgehend vom Feinanteil des Schüttgutes, der beim Umfüllen aufgewirbelt wird
- Lösungsmitteldämpfe ausgehend von lösungsmittelfeuchtem Füllgut
- Lösungsmitteldämpfe oder Gase aus der Umgebung
- Hybrides Gemisch aus Feinstaub und brennbaren Gasen oder Dämpfen

In Gegenwart einer explosionsfähigen Staubwolke muss von der Bildung eines hybriden Gemisches ausgegangen werden, sofern brennbare Gase oder Dämpfe mit einer Konzentration von mehr als ca. 20 % UEG (untere Explosionsgrenze) vorhanden sind [1]. Im Sinne einer Faustregel kann bei brennbaren Flüssigkeiten von einer Hybridisierung ausgegangen werden, wenn die Arbeitstemperatur weniger als ca. 40 K unterhalb des Flammpunktes der Flüssigkeit liegt. Bei Stäuben mit hoher Mindestzündenergie kann dieser „Hybridisierungseffekt“ schon bei Brenngaskonzentrationen unter 20 % UEG auftreten. Im Hinblick auf die hier zu beurteilende eher energiearme Zündquelle Elektrostatik gilt jedoch für die Bildung eines hybriden Gemisches der Grenzwert 20 % UEG (untere Explosionsgrenze).

Nach einem Trocknungsprozess aus Lösemittel bei erhöhter Temperatur im Vakuum kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Restfeuchte von weniger als 0.5 % Gew. nicht mehr mit der Bildung eines hybriden Gemisches gerechnet werden muss, sofern keine weiteren Zerkleinerungsprozesse durchgeführt werden (Aufbrechen von Poren und erneutes Freisetzen von Lösemitteldämpfen).

Aus der Sicht der Elektrostatik als Zündquelle ist die Frage, ob ein reines Staub-Luft-Gemisch oder ein hybrides Gemisch vorhanden sein kann von großer Bedeutung, da Büschelentladungen (siehe Abschnitt 2.2.1) keine reinen Staub-Luft-Gemische, wohl aber hybride Gemische zünden können.

Zur Beurteilung der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre und zur Beurteilung deren Zündempfindlichkeit ist die Kenntnis folgender Kenngrößen notwendig:

- Partikelgrößenverteilung im Schüttgut oder zumindest Medianwert und Feinanteil unterhalb 63 µm
- Lösungsmittelgehalt im Schüttgut sowie Flammpunkt des betreffenden Lösungsmittels und Arbeitstemperatur
- Flammpunkt möglicher Lösungsmittel in der Umgebung sowie Arbeitstemperatur
- Ex-Zone, in welcher der Befüll- und Entleervorgang stattfindet
- Mindestzündenergie des Schüttgutes
- Mindestzündenergie des brennbaren Gases oder Lösungsmitteldampfes oder zumindest die betreffende Explosionsgruppe

Die Wahl und Zulässigkeit verschiedener Packmittel hängt ganz wesentlich von den oben genannten Eigenschaften einer möglicherweise vorhandenen explosionsfähigen Atmosphäre ab.



## 2.2 Zündquelle Elektrostatik

Ob statische Elektrizität zu einer wirksamen Zündquelle werden kann oder nicht, hängt wesentlich davon ab, welche Materialien aufgeladen sind, wie diese Materialien angeordnet sind und wie zündempfindlich die explosionsfähige Atmosphäre ist. In der einschlägigen Literatur wird diesem Sachverhalt durch die Unterscheidung verschiedener so genannter Entladungsarten Rechnung getragen, siehe dazu Literaturstellen [2–5]. Je nach aufgeladenem Material und geometrischer Anordnung können verschiedene Entladungsarten (Funken-, Büschel-, Gleitstielbüschel-, Corona- oder Schüttkegelentladung) auftreten, welchen wiederum unterschiedliche Zündfähigkeiten zugeordnet werden können. Im Folgenden werden diese Entladungsarten kurz beschrieben.

Abschliessend gibt Tabelle 1 eine Übersicht über die verschiedenen Entladungsarten und deren Zündfähigkeiten.

### 2.2.1 Entladungsarten

#### 2.2.1.1 Funkenentladung

Funkenentladungen entstehen zwischen zwei leitfähigen Objekten auf unterschiedlichem Potential, typischerweise zwischen einem geerdeten Objekt und einem elektrostatisch aufgeladenen Objekt. Die Aufladung derartiger isolierter Leiter in der Praxis kann entweder durch Trennprozesse zwischen isolierenden Stoffen und dem isolierten leitfähigen Anlageteil oder zwischen leitfähigen Stoffen und nichtleitfähigem Anlageteil oder über Influenz erfolgen. Der Potentialunterschied zwischen dem aufgeladenen und dem geerdeten, leitfähigen Objekt erzeugt ein elektrisches Feld im Zwischenraum. Je nach Potentialunterschied und Abstand kann das elektrische Feld im Zwischenraum die Durchschlagsfeldstärke (ca. 3 MV/m unter Normalbedingungen) erreichen und eine Funkenentladung auslösen. Die Energie  $W$  einer solchen Funkenentladung lässt sich nach der Formel

$$W = \frac{1}{2} \cdot CU^2 \quad 1$$

berechnen. Hierbei bedeuten  $C$  die Kapazität des isolierten, leitfähigen Objektes und  $U$  dessen Potential. Um die Zündgefahr zu beurteilen, muss die nach Formel (1) erhaltene Energie mit der Mindestzündenergie der betreffenden explosionsfähigen Atmosphäre verglichen werden. Hierbei ist derjenige Wert der Mindestzündenergie zu verwenden, der ohne zusätzliche Induktivität im Entladekreis erhalten worden ist. Grundsätzlich können brennbare Gase, Dämpfe und Stäube durch Funkenentladungen entzündet werden. Funkenentladungen müssen somit durch Erdung aller leitfähigen Anlageteile und Stoffe überall dort vermieden werden, wo explosionsfähige Atmosphären zu erwarten sind.

### 2.2.1.2 Corona- und Büschelentladung

Wenn Ladungen eines Vorzeichens auf der Oberfläche eines Isolators verteilt sind, können sogenannte Coronaentladungen (auch Spitzenentladungen genannt) oder Büschelentladungen auftreten, sobald der Oberfläche eine geerdete Elektrode angenähert wird. Ob eine Corona- oder Büschelentladung auftritt, hängt von vielen Faktoren wie Krümmungsradius der Elektrode, Annäherungsgeschwindigkeit der Elektrode und Polarität der Oberflächenladungen ab. In der Praxis kann im Allgemeinen angenommen werden, dass nur Coronaentladungen auftreten, sofern der Krümmungsradius der Elektrode weniger als ca. 0.5 mm beträgt. Sofern der Krümmungsradius größer als ca. 5 mm ist, treten in erster Linie Büschelentladungen auf. Im Zwischenbereich zwischen einem Krümmungsradius von 0.5 bis 5 mm sind beide Entladungsarten möglich.

Im Hinblick auf eine Gefahrenbeurteilung in der Praxis sollte im Sinne der Betrachtung des schlimmsten Falles immer angenommen werden, dass die energiereicheren Büschelentladungen auftreten. Corona- oder Büschelentladungen treten aber nicht nur im Zusammenhang mit hoch aufgeladenen isolierenden Kunststoffoberflächen auf. Immer, wenn eine geerdete leitfähige Elektrode in ein elektrisches Feld hoher Feldstärke hineingebracht wird, muss mit dem Auftreten von Corona- oder Büschelentladungen gerechnet werden. Das elektrische Feld kann durch eine hoch aufgeladene isolierende Feststoffoberfläche, Flüssigkeit, Suspension, Tröpfchennebel, Schüttung aus isolierendem Schüttgut oder eine Staubwolke erzeugt werden.

Gemäß dem heutigen Kenntnisstand kann eine Staubzündung selbst bei einer Mindestzündenergie unterhalb 3 mJ nicht durch Büschelentladungen erfolgen, sofern nicht zusätzlich brennbare Gase oder Dämpfe vorhanden sind [2–3].

### 2.2.1.3 Gleitstielbüschelentladung (GSB)

Sofern die Ladung nicht in Form einer Ladungsschicht eines Ladungsvorzeichens auf einer isolierenden Oberfläche angeordnet ist, sondern in Form einer Ladungsdoppelschicht mit Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens auf den gegenüberliegenden Oberflächen einer isolierenden Folie, können Gleitstielbüschelentladungen auftreten. Die maximale Oberflächenladungsdichte einer Ladungsschicht eines Vorzeichens auf einer isolierenden Oberfläche in Luft beträgt ca.  $2.7 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$ . Bei dieser Oberflächenladungsdichte erreicht das elektrische Feld in der Luft oberhalb der Ladungsschicht den Wert der Durchbruchfeldstärke und jede zusätzliche Ladung würde eine Gasentladung in den Luftraum auslösen. Wenn hingegen eine Ladungsdoppelschicht mit Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens auf den Oberflächen einer dünnen isolierenden Folie angeordnet ist, kann die Oberflächenladungsdichte viel höher werden. Dies lässt sich dadurch erklären, dass das elektrische Feld im Luftraum oberhalb der einen Ladungsschicht zu einem gewissen Grad durch das elektrische Feld der anderen Ladungsschicht mit entgegengesetztem Vorzeichen kompensiert wird. Das elektrische Feld zwischen den beiden Ladungsschichten wird hingegen sehr hoch, es verläuft jedoch im Dielektrikum, in welchem die Durchbruchfeldstärke in aller Regel viel höher ist als diejenige in Luft.

Gleitstielbüschelentladungen werden durch einen elektrischen Kurzschluss zwischen den zwei mit entgegengesetzten Vorzeichen aufgeladenen Oberflächen einer isolierenden Folie ausgelöst. Dieser Kurzschluss kann entweder durch Annäherung von zwei elektrisch miteinander verbundenen Elektroden an die beiden Oberflächen der Folie oder durch elektrische oder mechanische Perforation der Folie zustande kommen. Das Entladungsbild sieht immer gleich aus: Viele Entladungskanäle breiten sich sternförmig vom Ort des Kurzschlusses aus. Durch



diese Entladungskanäle, welche alle in einem hellen zentralen Entladungskanal zwischen den Elektroden und der Folienoberfläche oder – im Fall der Folienperforation – zwischen den beiden Folienoberflächen enden, werden die Ladungen großflächig von den Folienoberflächen abgeführt.

Aufgrund praktischer Erfahrung und basierend auf Resultaten aus experimentellen Untersuchungen kann angenommen werden, dass derart hohe Oberflächenladungsdichten, wie sie zur Auslösung von Gleitstielbüschelentladungen erforderlich sind, nicht durch manuell ausgeführte Trennprozesse, wie beispielsweise Abwischen einer isolierenden Oberfläche oder Ausleeren von Pulver aus einem Plastiksack, ausgelöst werden können. Aufladungsprozesse in Verbindung mit schnellen Trennvorgängen oder mit großen Produktmengen im Kontakt mit kleinen Anlagenoberflächen sind für den Aufbau derart hoher Oberflächenladungsdichten erforderlich. Diese werden in der einschlägigen Literatur „stark ladungserzeugende Prozesse“ genannt [2, 3]. Typischerweise muss beim pneumatischen Transport von Schüttgut durch isolierende Rohrleitungen oder leitfähige Rohrleitungen mit isolierender Innenbeschichtung hoher elektrischer Durchschlagsfestigkeit mit Gleitstielbüschelentladungen gerechnet werden.

Gemäß praktischer Erfahrung und experimentellen Untersuchungen im Labor ist nicht anzunehmen, dass poröse Produktablagerungen aus isolierendem Produkt (z. B. in metallischen Förderleitungen) oder Farbanstriche zu Gleitstielbüschelentladungen Anlass geben, da deren elektrische Durchschlagsfestigkeit sehr tief ist. Für das Entstehen von Gleitstielbüschelentladungen ist eine elektrische Durchschlagsspannung von mindestens 4 kV für Folien und 6 kV für textiles Gewebe, z. B. FIBC erforderlich. Wenn jedoch das Produkt aufgrund seiner Eigenschaften (z. B. tiefer Schmelzpunkt oder Neigung zu harten porenfreien Ablagerungen) auf die Rohr-

wand aufgeschmolzen oder aufgesintert wird und damit eine isolierende Innenschicht von hoher elektrischer Durchschlagsfestigkeit entsteht, können Gleitstielbüschelentladungen nicht mehr a priori ausgeschlossen werden.

Die Energie von Gleitstielbüschelentladungen ist im Allgemeinen hinreichend zur Entzündung explosionsfähiger Gas-, Lösemitteldampf- und Staub-Luft-Gemische. Personen können einen Schock erleiden, wenn sie z. B. durch Berühren einer hoch aufgeladenen Oberfläche, eine Gleitstielbüschelentladung auslösen. Solche Entladungen müssen in Bereichen, in welchen explosionsfähige Gas-, Dampf- oder Staubatmosphären gebildet werden können, vermieden werden.

#### 2.2.1.4 Schüttkegelentladung (SKE)

Beim Befüllen von Silos und großen Behältern mit isolierenden Schüttgütern können sogenannte Schüttkegelentladungen auftreten. Durch den Eintrag über Rohrleitungen, Abwurfschächte und dergleichen gelangt das Schüttgut mehr oder weniger aufgeladen in das Silo oder in den Behälter. Die Ladung wird in der Schüttung akkumuliert und fließt je nach spezifischem Widerstand des Schüttgutes und dessen Eintragsrate nur langsam über die leitfähige geerdete Silo- oder Behälterwand nach Erde ab. Das elektrische Feld im Silo oder Behälter ausgehend von der aufgeladenen Schüttung kann deshalb so hoch werden, dass an der inneren Oberfläche der Silo- oder Behälterwand die Durchbruchfeldstärke in Luft (ca. 3 MV/m) erreicht wird. Sofern dies zutrifft, muss mit dem Entstehen von Schüttkegelentladungen gerechnet werden. Sie bilden sich in Form von radial nach außen gerichteten oder in speziellen Fällen durch die Schüttung hindurch verlaufenden Entladungskanälen aus.

Ob die Durchschlagsfeldstärke erreicht wird, kann aufgrund der Silogeometrie, der Eintragsrate, der Schüttdichte, des spezifischen Schüttgutwiderstandes, der spezifischen Produktaufladung und relativen Permittivität des Produktes mittels Computermodellen berechnet werden. Erfahrungsgemäß muss bei Verwendung von leitfähigen geerdeten Silos oder Behältern bis zu einem spezifischen Schüttgutdurchgangswiderstand von ca.  $10^{10} \Omega\text{m}$  nicht mit dem Auftreten von Schüttkegelentladungen gerechnet werden, da in diesem Fall der Ladungsabfluss hinreichend schnell erfolgt. Für höhere spezifische Schüttgutdurchgangswiderstände kann je nach Silogeometrie, Eintragsart und -geschwindigkeit etc. eine gefährlich hohe Ladungsakkumulation im Silo nicht mehr a priori ausgeschlossen werden.

Schüttkegelentladungen können explosionsfähige Gas-, Dampf und Staubatmosphären entzünden. Ihre Zündfähigkeit (äquivalente Zündenergie  $W$ ) nimmt mit wachsendem Silodurchmesser und mit wachsender Teilchengröße des die Schüttkegelentladung erzeugenden Schüttgutes gemäß der numerischen Formel (2) zu [2-3].

$$W = 5.22 \cdot D^{3.36} \cdot d^{1.462} \quad 2$$

Hierbei bedeuten:  $D$  = Silodurchmesser und  $d$  = Medianwert der Partikelgrößenverteilung. Die nach Formel (2) berechnete Äquivalentenergie basiert auf umfangreichen praxisnahen Versuchen und stellt eine umhüllende Kurve um die im Einzelnen ermittelten Äquivalentenergien dar. Bei Anwendung der derart ermittelten Äquivalentenergien sind keine zusätzlichen Sicherheitsabstände erforderlich.

Schüttkegelentladungen gehen von hoch aufgeladenen Schüttgütern aus und können in Empfangsbehältern mit einem Volumen von mehr als  $0.25 \text{ m}^3$  unabhängig von der Wahl des zu entleerenden Packmittels auftreten.



### 2.2.1.5 Gewitterblitzähnliche Entladung

Prinzipiell können in Staubwolken mit großer Ausdehnung Gewitterblitzähnliche Entladungen auftreten. Solche Entladungen wurden in Aschewolken bei Vulkanausbrüchen beobachtet; jedoch noch nie bei industriellen Prozessen nachgewiesen. Bei experimentellen Untersuchungen konnten solche Entladungen in Silos und Behältern mit einem Volumen  $V < 100 \text{ m}^3$  oder in beliebig hohen Behältern mit einem Durchmesser  $d < 3 \text{ m}$  nicht festgestellt werden. Theoretische Überlegungen lassen vermuten, dass in größeren Silos oder Behältern gewitterblitzähnliche Entladungen bei Feldstärken über  $500 \text{ kV/m}$  auftreten können [2–3].

Gewitterblitzähnliche Entladungen gehen von hoch aufgeladenen Staubwolken aus und können in Empfangsbehältern mit einem Volumen von mehr als  $100 \text{ m}^3$  unabhängig von der Wahl des zu entleerenen Packmittels auftreten.

### 2.2.2 Zündwahrscheinlichkeiten der verschiedenen Entladungsarten

In Tabelle 1 sind die Zündwahrscheinlichkeiten der verschiedenen Entladungsarten für die verschiedenen explosionsfähigen Gemische zusammengefasst.

Entladungsart	Zündfähigkeit			
	Gase, Dämpfe		Hybride Gemische	Stäube
MZE < 0.025 m]	MZE > 0.025 m]			
Funkenentladung	+	+	+	+
Coronaentladung	(+) <sup>1)</sup>	–	–	–
Büschelentladung	+	+	+	–
Gleitstilbüschelentladung	+	+	+	+
Schüttkegelentladung	+	+	+	+
Gewitterblitzartige Entladung	+	+	+	+

<sup>1)</sup> genaue Resultate sind nicht bekannt

Tabelle 1: Entladungsarten und deren Zündfähigkeiten.

### 2.2.3 Definitionen und Grenzwerte für die Leitfähigkeit von Medien und Materialien

In den in Deutschland geltenden Technischen Regeln für Gefahrstoffe und somit auch in der TRGS 727 [2] werden Gase, Flüssigkeiten, Schüttgüter oder Feststoffe, mit denen im Betrieb umgegangen wird als „Medien“ bezeichnet. Ferner wird „Material“ als Bezeichnung für Werkstoffe, aus denen Gegenstände, Einrichtungen oder Packmittel bestehen, verwendet. In den nachfolgenden Definitionen von leitfähig, ableitfähig und isolierend bedeuten folglich die Bezeichnungen „Medium“ das Schüttgut und die Bezeichnung „Material“ das Packmittel.

#### 2.2.3.1 Leitfähig

Leitfähig ist ein Medium oder Material mit einem spezifischen Widerstand  $\rho \leq 10^4 \Omega\text{m}$   
oder  
mit einem Oberflächenwiderstand  $R_0 \leq 10^4 \Omega$ , gemessen mit Streifenelektrode 10 mm x 100 mm.

#### 2.2.3.2 Ableitfähig

Ableitfähig ist ein Medium oder Material mit einem spezifischen Widerstand  $\rho > 10^4 \Omega\text{m}$  und  $\leq 10^9 \Omega\text{m}$   
Ableitfähig ist auch ein Gegenstand, eine Einrichtung oder ein Packmittel  
mit einem Oberflächenwiderstand zwischen  $10^4 \Omega$  und  $10^9 \Omega$ , gemessen mit Streifenelektrode 10 mm x 100 mm bei 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte  
oder  
mit einem Oberflächenwiderstand zwischen  $10^4 \Omega$  und  $10^{11} \Omega$ , gemessen mit Streifenelektrode 10 mm x 100 mm bei 23 °C und 30 % relativer Luftfeuchte.

#### 2.2.3.3 Isolierend

Isolierend sind Medien oder Materialien, die weder leitfähig noch ableitfähig sind.

### 2.2.4 Grenzwert für Leitfähigkeit von Schüttgütern

Im Sinne dieser Broschüre und in Übereinstimmung mit der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 727 [2] werden Schüttgüter (rein oder lösemittel-feucht) als leitfähig bezeichnet, wenn ihr spezifischer Widerstand  $\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$  beträgt. Schüttgüter werden als isolierend bezeichnet, wenn ihr spezifischer Widerstand  $\rho > 10^8 \Omega\text{m}$  beträgt.

### 2.2.5 Erdung

Leitfähige Gegenstände, Einrichtungen und Packmittel müssen geerdet werden. Der maximale Erdableitwiderstand darf nicht mehr als  $10^6 \Omega$  betragen.

Ableitfähige Gegenstände, Einrichtungen und Packmittel müssen mit Erde im Kontakt sein. In der Praxis bedeutet dies, dass nicht notwendigerweise eine feste Verschraubung oder das Ankleben einer Erdungsklammer mit Erdungskabel erforderlich ist. Es genügt beispielsweise ein Kontakt mit geerdeter Unterlage, Umgebung oder Person (ableitfähiges Packmittel wird beispielsweise von einer über Schuhe und Fußboden geerdeten Person ohne Handschuhe oder mit ableitfähigen Handschuhen gehalten). Der Ableit- bzw. Durchgangswiderstand nach Erde darf nicht mehr als  $10^8 \Omega$  betragen.



## 2.2.6 Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Zündgefahren ausgehend von							
				Packmittel			Schüttgut				
				Funken	Büschel	GSB	Funken	Büschel	SKE		
1	<b>Säcke</b>										
1.1	<b>Leitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit Graphit oder Ruß leitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega \text{m}$	+				+			
1.2	<b>Leitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit Graphit oder Ruß leitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega \text{m}$	+				+			
1.3	<b>Ableitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega \text{m}$	+					+		
1.4	<b>Ableitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega \text{m}$	+				+			
1.5	<b>Papiersack</b> (ein- oder mehrlagig)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega \text{m}$	+					+		
1.6	<b>Papiersack</b> (ein- oder mehrlagig)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega \text{m}$	+				+			
1.7	<b>Papiersack mit Plastik-kaschierung</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega \text{m}$	+					+		
1.8	<b>Papiersack mit Plastik-kaschierung</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega \text{m}$	+				+			
1.9	<b>Papiersack mit losem Plastiksack innen</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega \text{m}$	+	+				+		
1.10	<b>Papiersack mit losem Plastiksack innen</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega \text{m}$	+	+			+			

Tabelle 2: Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren.

## Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Zündgefahren ausgehend von					
				Packmittel			Schüttgut		
				Funken	Büschel	GSB	Funken	Büschel	SKE
<b>1 Säcke</b>									
1.11	<b>Isolierender Kunststoff-sack</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$		+			+	
1.12	<b>Isolierender Kunststoff-sack</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$		+		+		
1.13	<b>Aluminiumsack mit isolierender Kunststoffbeschichtung innen und außen</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+				+	
1.14	<b>Aluminiumsack mit isolierender Kunststoffbeschichtung innen und außen</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+			+		
<b>2 Fässer</b>									
2.1	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+				+	
2.2	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+			+		
2.3	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+				+	
2.4	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+			+		
2.5	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+				+	

Tabelle 2: Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren.



## Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgut-widerstand $\rho$	Zündgefahren ausgehend von						
				Packmittel			Schüttgut			
				Funken	Büschel	GSB	Funken	Büschel	SKE	
2	<b>Fässer</b>									
2.6	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+			+			
2.7	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+	+			+		
2.8	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+	+		+			
2.9	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+	+			+		
2.10	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+			+			
2.11	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass) <b>mit isolierender Kunststoffblase</b> (Valethenfass)	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+	+			+		
2.12	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass) <b>mit isolierender Kunststoffblase</b> (Valethenfass)	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+	+		+			

Tabelle 2: Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren.

## Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Zündgefahren ausgehend von					
				Packmittel			Schüttgut		
				Funken	Büschel	GSB	Funken	Büschel	SKE
<b>2 Fässer</b>									
2.13	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+				+	
2.14	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+			+		
2.15	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+				+	
2.16	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+			+		

Tabelle 2: Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren.



## Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgut-widerstand $\rho$	Zündgefahren ausgehend von						
				Packmittel			Schüttgut			
				Funken	Büschel	GSB	Funken	Büschel	SKE	
2	<b>Fässer</b>									
2.17	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+					+	
2.18	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+				+		
2.19	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+	+				+	
2.20	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+	+				+	

Tabelle 2: Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren.

## Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Zündgefahren ausgehend von					
				Packmittel			Schüttgut		
				Funken	Büschel	GSB	Funken	Büschel	SKE
<b>2 Fässer</b>									
2.21	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+				+	
2.22	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+			+		
2.23	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+				+	
2.24	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+			+		

Tabelle 2: Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren.



## Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Zündgefahren ausgehend von							
				Packmittel			Schüttgut				
				Funken	Büschel	GSB	Funken	Büschel	SKE		
2	<b>Fässer</b>										
2.25	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+					+		
2.26	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+				+			
2.27	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+	+				+		
2.28	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+	+			+			

Tabelle 2: Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren.

## Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Zündgefahren ausgehend von					
				Packmittel			Schüttgut		
				Funken	Büschel	GSB	Funken	Büschel	SKE
<b>2 Fässer</b>									
2.29	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$		+			+	
2.30	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$		+		+		
2.31	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$		+			+	
2.32	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$		+		+		
2.33	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	+	+			+	
2.34	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	+	+		+		

Tabelle 2: Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren.



## Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Zündgefahren ausgehend von							
				Packmittel			Schüttgut				
				Funken	Büschel	GSB	Funken	Büschel	SKE		
2	<b>Fässer</b>										
2.35	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega \text{m}$	+	+				+		
2.36	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega \text{m}$	+	+		+				

Tabelle 2: Von den verschiedenen Packmitteln und Schüttgütern ausgehende elektrostatische Zündgefahren.

### 2.2.7 Von Mitarbeitenden ausgehende elektrostatische Zündgefahren

#### 2.2.7.1 Schuhwerk

Bei der Handhabung und insbesondere beim Befüllen und Entleeren von Packmitteln befinden sich die Mitarbeitenden oft in einer Zone 21 oder einer Zone 1 und können beim Gehen oder über Influenz infolge aufgeladener Packmittel oder Schüttgüter gefährlich aufgeladen werden und zündwirksame Funken erzeugen. In explosionsgefährdeten Bereichen der Zonen 0, 1 und 20 ist ableitfähiges Schuhwerk mit einem Ableitwiderstand der Person gegen Erde von höchstens  $10^8 \Omega$  zu tragen. Die gleiche Forderung gilt in Zone 21 bei Stäuben mit einer Mindestzündenergie  $\leq 10 \text{ mJ}$  (siehe auch [1, 3]).

#### 2.2.7.2 Kleidung

Arbeitskleidung oder Schutzkleidung darf in explosionsgefährdeten Bereichen der Zonen 0 und 1 nicht

gewechselt, nicht aus- und nicht angezogen werden. Handelsübliche Bekleidung sowie Schutzkleidung kann aufgeladen werden. Beim Tragen stellt sie im Allgemeinen keine Zündgefahr dar, sofern die Person z. B. durch geeignetes Schuhwerk und geeignete Fußböden geerdet ist. Trotzdem kann es im Einzelfall, z. B. bei PU-beschichteter Watterschutzkleidung oder bei anderer nicht eng am Körper anliegenden Kleidung, zu gefährlichen Aufladungen kommen. In Zone 1 sollte derartige Kleidung ableitfähig ausgerüstet sein.

In Bereichen der Zone 0 und in Bereichen, in denen mit einer Sauerstoffanreicherung oder mit dem Auftreten von Gefahrstoffen der Explosionsgruppe IIC zu rechnen ist, darf nur ableitfähige Kleidung getragen werden (siehe auch [1, 3]).

# 3 Packmittel für Schüttgüter

## unter Berücksichtigung ihrer Eignung zum Vermeiden elektrostatischer Zündgefahren beim Befüllen und Entleeren

In den folgenden Tabellen 3, 4 und 5 werden Packmittel für Schüttgüter unter Berücksichtigung ihrer Eignung zum Vermeiden elektrostatischer Zündgefahren beim Befüllen und Entleeren aufgelistet. Es werden ferner die erforderlichen Maßnahmen zum Vermeiden dieser Zündgefahren aufgezählt. Die Tabellen 3, 4 und 5 unterscheiden sich folgendermaßen:

- **Tabelle 3: Das Schüttgut ist lösemittelfrei. Es sind keine brennbaren Gase, Dämpfe oder hybriden Gemische vorhanden.**
- **Tabelle 4: Das Schüttgut ist lösemittelfrei. Das Packmittel wird aber in einer Zone 1 oder 2 gehandhabt.**
- **Tabelle 5: Das Schüttgut ist lösemittelfeucht und enthält ein brennbares Lösemittel mit einem Flammpunkt, welcher nicht mehr als 5 K für reine Flüssigkeiten bzw. 15 K für Lösemittelgemische über der Arbeits- und Lager-temperatur liegt.** Es muss somit im Packmittel von einer Zone 0 ausgegangen werden und die Umgebung ist entweder lösemittelfrei oder der Zone 1 oder 2 zugeordnet. In diesem Fall wird nicht mit dem Auftreten hybrider Gemische gerechnet, da bei der Handhabung von lösemittelfeuchten Schüttgütern in der Regel keine Staubwolken auftreten.

Von Abwesenheit brennbarer Gase und Dämpfe wird gemäß den einschlägigen Standards (in Deutschland siehe TRGS 727 [2]) auch dann ausgegangen, wenn

- bei nichtbrennbaren Schüttgütern die Konzentration brennbarer Gase und Dämpfe sicher unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) liegt,
- bei brennbaren Schüttgütern die Konzentration brennbarer Gase und Dämpfe sicher unterhalb 20% der UEG des Gases/Dampfes liegt (für weitere Details siehe Abschnitt 2.1). Diese Bedingung ist erfüllt, wenn z. B. unmittelbar nach einem Trocknungsprozess bei erhöhter Temperatur und unter Vakuum der restliche Anteil eines brennbaren Lösemittels weniger als 0,5 Gew.% des Schüttgutes beträgt und keine weiteren Zerkleinerungsprozesse mehr vorgenommen werden, welche durch das Aufbrechen von Poren zum erneuten Freisetzen von Lösemittel führen können (siehe auch Abschnitt 2.1).



In den Tabellen werden die einzelnen Packmittel in der letzten Spalte durch die Farben grün, gelb, orange, rot oder violett bewertet.

 **Grün** markiert sind gute Packmittel-Lösungen.

 **Gelb** markiert sind mögliche Packmittel-Lösungen, welche aber mit speziellen, in der Praxis eher unüblichen und/oder unpraktikablen Maßnahmen verbunden sind. Beispielsweise ist es in der Praxis eher unüblich einen leitfähigen geerdeten Stab vor dem Befüllen in das Packmittel einzustellen.

 **Orange** markiert sind mögliche, aber nicht empfehlenswerte Packmittel-Lösungen. Beispielsweise ist die Erdung eines Aluminiumsackes nicht einfach, weil in der Regel die Aluminiumschicht beidseitig mit isolierendem Kunststoff beschichtet ist und deshalb mit einer Erdungszange ohne starke Spitzen und ohne starke Anpresskraft nicht zuverlässig geerdet werden kann.

 **Rot** markiert sind Packmittel-Lösungen, von welchen dringend abgeraten wird.

 **Violett** markiert sind Packmittel-Lösungen, welche für eine offene Handhabung nicht zugelassen sind. Eine geschlossene Handhabung in Kombination mit Inertisierung und/oder konstruktiven Maßnahmen ist erforderlich.

### 3.1 Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung

#### Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>1 Säcke</b>				
1.1	<b>Leitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit Graphit oder Ruß leitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Kunststoff-sack beim Befüllen und Entleeren erden
1.2	<b>Leitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit Graphit oder Ruß leitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Kunststoff-sack beim Befüllen und Entleeren erden
1.3	<b>Ableitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Kunststoff-sacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)
1.4	<b>Ableitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Kunststoff-sacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
1.5	<b>Papiersack</b> (ein- oder mehrlagig)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>1 Säcke</b>				
1.6	<b>Papiersack</b> (ein- oder mehrlagig)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
1.7	<b>Papiersack mit Plastik- kaschierung</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)
1.8	<b>Papiersack mit Plastik- kaschierung</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
1.9	<b>Papiersack mit losem Plastiksack innen</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.

## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

### Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>1 Säcke</b>				
1.10	<b>Papiersack mit loseem Plastiksack innen</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
1.11	<b>Isolierender Kunststoff-sack</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich
1.12	<b>Isolierender Kunststoff-sack</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
1.13	<b>Aluminiumsack mit isolierender Kunststoffbeschichtung innen und außen</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😞 - Erdung der Aluminiumschicht durch Anklemmen einer Erdungszange mit scharfen Spitzen und hoher Federkraft erforderlich
1.14	<b>Aluminiumsack mit isolierender Kunststoffbeschichtung innen und außen</b>	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😞 - Erdung der Aluminiumschicht durch Anklemmen einer Erdungszange mit scharfen Spitzen und hoher Federkraft erforderlich - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.1	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden
2.2	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden
2.3	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden
2.4	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden
2.5	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)
2.6	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn) - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.

## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

### Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.7	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden
2.8	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.9	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden
2.10	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.11	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass) <b>mit isolierender Kunststoffblase</b> (Valethenfass)	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden
2.12	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass) <b>mit isolierender Kunststoffblase</b> (Valethenfass)	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.13	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)
2.14	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.15	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😞 - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.

## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

### Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.16	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden
2.17	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☺️ - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Einstellsack beim Befüllen durch Kontakt mit ableitfähigem Fass mit Erde in Kontakt bringen - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgut-widerstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.18	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Einstellsack beim Befüllen durch Kontakt mit ableitfähigem Fass mit Erde in Kontakt bringen - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn) - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)
2.19	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)
2.20	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.

## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

### Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.21	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden
2.22	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.23	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😞 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden
2.24	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😞 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

### Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.25	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden</li> <li>- Einstellsack beim Befüllen durch Kontakt mit oberem Spannring mit Erde in Kontakt bringen</li> <li>- Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)</li> </ul>
2.26	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden</li> <li>- Einstellsack beim Befüllen durch Kontakt mit oberem Spannring mit Erde in Kontakt bringen</li> <li>- Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)</li> <li>- Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)</li> </ul>
2.27	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden</li> </ul>

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.

## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

### Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.28	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.29	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich
2.30	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.31	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich
2.32	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 21 oder 22

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.33	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Beim Befüllen und Entleeren Erdkontakt des Einstellsacks sicherstellen
2.34	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😞 - Beim Befüllen und Entleeren Erdkontakt des Einstellsacks sicherstellen - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.35	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😞 - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden
2.36	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😞 - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden

Tabelle 3: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut ohne brennbare Gase, Dämpfe oder hybride Gemische aus der Umgebung.

### 3.2 Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2)

#### Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>1 Säcke</b>				
1.1	<b>Leitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit Graphit oder Ruß leitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.2	<b>Leitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit Graphit oder Ruß leitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Kunststoff-sack beim Befüllen und Entleeren erden
1.3	<b>Ableitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.4	<b>Ableitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Kunststoff-sacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
1.5	<b>Papiersack</b> (ein- oder mehrlagig)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.6	<b>Papiersack</b> (ein- oder mehrlagig)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>1 Säcke</b>				
1.7	Papiersack mit Plastik- kaschierung	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.8	Papiersack mit Plastik- kaschierung	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z.B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
1.9	Papiersack mit losem Plastiksack innen	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.10	Papiersack mit losem Plastiksack innen	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.11	Isolierender Kunststoff- sack	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.12	Isolierender Kunststoff- sack	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.13	Aluminiumsack mit isolierender Kunststoff- beschichtung innen und außen	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.14	Aluminiumsack mit isolierender Kunststoff- beschichtung innen und außen	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdung der Aluminiumschicht durch Anklemmen einer Erdungszange mit scharfen Spitzen und hoher Federkraft erforderlich - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).

## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

### Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.1	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.2	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden
2.3	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.4	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden
2.5	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.6	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😬 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn) - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)
2.7	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.8	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.9	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.10	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.11	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass) <b>mit isolierender Kunststoffblase</b> (Valethenfass)	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.12	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass) <b>mit isolierender Kunststoffblase</b> (Valethenfass)	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.13	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).

## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.14	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.15	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😞 - Nicht zulässig
2.16	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😞 - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.17	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.18	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Einstellsack beim Befüllen durch Kontakt mit ableitfähigem Fass mit Erde in Kontakt bringen - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn) - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)
2.19	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).

## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

### Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.20	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.21	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.22	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.23	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.24	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden
2.25	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Einstellsack beim Befüllen durch Kontakt mit oberem Spannring mit Erde in Kontakt bringen - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)
2.26	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Einstellsack beim Befüllen durch Kontakt mit oberem Spannring mit Erde in Kontakt bringen - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn) - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).

## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

### Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.27	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.28	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.29	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.30	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.31	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfreies Schüttgut · Umgebung Zone 1 oder 2

Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.32	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.33	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.34	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.35	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.36	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 4: Packmittel für lösemittelfreies Schüttgut aber brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung möglich (Zone 1 oder 2).

### 3.3 Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2)

#### Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>1 Säcke</b>				
1.1	<b>Leitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit Graphit oder Ruß leitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.2	<b>Leitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit Graphit oder Ruß leitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Kunststoff-sack beim Befüllen und Entleeren erden
1.3	<b>Ableitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.4	<b>Ableitfähiger Kunststoff-sack</b> (z. B. mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüsteter Kunststoff-sack)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Kunststoff-sacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
1.5	<b>Papiersack</b> (ein- oder mehrlagig)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.6	<b>Papiersack</b> (ein- oder mehrlagig)	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>1 Säcke</b>				
1.7	Papiersack mit Plastik- kaschierung	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.8	Papiersack mit Plastik- kaschierung	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Papiersacks beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z.B. über Kontakt zu geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
1.9	Papiersack mit losem Plastiksack innen	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.10	Papiersack mit losem Plastiksack innen	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.11	Isolierender Kunststoff- sack	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.12	Isolierender Kunststoff- sack	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.13	Aluminiumsack mit isolierender Kunststoff- beschichtung innen und außen	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
1.14	Aluminiumsack mit isolierender Kunststoff- beschichtung innen und außen	$\leq 0.05 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Erdung der Aluminiumschicht durch Anklemmen einer Erdungs- zange mit scharfen Spitzen und hoher Federkraft erforderlich - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).

## Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.1	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.2	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden
2.3	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.4	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden
2.5	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.6	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😐 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn) - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.7	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.8	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.9	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.10	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass oder leitfähiges Kunststofffass) <b>mit isolierender Innenlackierung</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	😊 - Metallfass beim Befüllen und Entleeren erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.11	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass) <b>mit isolierender Kunststoffblase</b> (Valethenfass)	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.12	<b>Leitfähiges Fass</b> (z. B. Metallfass) <b>mit isolierender Kunststoffblase</b> (Valethenfass)	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.13	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).

## Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.14	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😊 - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.15	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😞 - Nicht zulässig
2.16	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	😞 - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen) - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.17	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.18	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>☹️ - Erdkontakt des Fasses beim Befüllen und Entleeren erforderlich (z. B. über Kontakt zu leitfähiger oder ableitfähiger geerdeter Unterlage oder über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)</li> <li>- Einstellsack beim Befüllen durch Kontakt mit ableitfähigem Fass mit Erde in Kontakt bringen</li> <li>- Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)</li> <li>- Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z.B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)</li> </ul>
2.19	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).

## Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.20	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega \text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.21	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega \text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.22	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega \text{m}$	😊 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn)
2.23	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega \text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.24	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Einstellsack beim Befüllen und Entleeren erden - Einstellsack beim Herausnehmen und Ausschütteln erden
2.25	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	 - Nicht zulässig
2.26	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartonfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	 - Ableitfähiges Fass beim Befüllen und Entleeren an der oberen oder unteren metallischen Verstärkung (Spannring, Metallboden, etc.) erden - Einstellsack beim Befüllen durch Kontakt mit oberem Spannring mit Erde in Kontakt bringen - Schüttgut beim Befüllen erden (z. B. durch Einstellen eines leitfähigen geerdeten Stabs vor Füllbeginn) - Erdkontakt des Einstellsacks beim Herausnehmen und Ausschütteln erforderlich (z. B. über geerdete Person mit leitfähigen oder ableitfähigen Handschuhen)

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).

## Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.27	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannrings, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.28	<b>Ableitfähiges Fass</b> (z. B. Kartoffelfass oder mit antistatischem Additiv ableitfähig ausgerüstetes Kunststofffass) <b>mit leitfähigen Teilen</b> (Metallverstärkungen, Spannrings, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.29	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannrings, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.30	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannrings, etc.) <b>ohne Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.31	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannrings, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).



## Lösemittelfeuchtes Schüttgut · Umgebung mit oder ohne Zone 1 oder 2 Befüllen mit Schwerkraft · Entleeren mit Schwerkraft oder Saugförderung

Nr.	Packmittel	Volumen	Spezifischer Schüttgutwiderstand $\rho$	Maßnahmen und Bemerkungen
<b>2 Fässer</b>				
2.32	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit isolierendem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.33	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.34	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit ableitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.35	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho > 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig
2.36	<b>Isolierendes Fass</b> (z. B. Kunststofffass) <b>ohne leitfähige Teile</b> (Metallverstärkungen, Spannringe, etc.) <b>mit leitfähigem Einstellsack</b>	$\leq 0.25 \text{ m}^3$	$\rho \leq 10^8 \text{ } \Omega\text{m}$	☹️ - Nicht zulässig

Tabelle 5: Packmittel für lösemittelfeuchtes Schüttgut (brennbares Lösemittel) mit oder ohne brennbare Gase oder Dämpfe aus der Umgebung (Zone 1 oder 2).

### 3.4 Großpackmittel mit Volumina > 0.25 m<sup>3</sup> (Flexible Schüttgutbehälter, Big Bags, Container, Oktabins, etc.)

Die Anforderungen und Zulassungen für Flexible Schüttgutbehälter und Big Bags sind in der Norm IEC 61340-4-4, Electrostatics – Part 4-4: Standard test methods for specific applications – Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC), Edition 3.0, 2018-01 [4] ausführlich beschrieben. Die folgenden

Tabellen 5, 6, 1, 2, 3 und 4 geben eine Übersicht. Details sind dem Standard IEC 61340-4-4, Edition 3.0, 2018-01 [4] zu entnehmen. Anforderungen für andere Großgebilde wie Container, Oktabins, etc. sind aus den Anforderungen für FIBC abzuleiten.

Anwendungen der verschiedenen Typen von FIBC			
Schüttgut in FIBC	Umgebungen		
MZE des Staubes <sup>a</sup>	Nicht explosionsfähige Atmosphäre	Staubzonen 21-22 (1.000 m] > MZE > 3 m])	Gaszonen 1–2 (Explosionsgruppen IIA/IIB) oder Staubzonen 21–22 (MZE ≤ 3 m]) <sup>a</sup>
MZE > 1.000 m]	A, B, C, D	B, C, D	C, D <sup>b</sup>
1.000 m] > MZE > 3 m]	B, C, D	B, C, D	C, D <sup>b</sup>
MZE ≤ 3 m]	C, D	C, D	C, D <sup>b</sup>

Üblicherweise sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich, falls innerhalb des FIBC entflammare Dampf- oder Gasatmosphären vorhanden sind, z.B. im Falle eines lösemittelfeuchten Pulvers.

ANMERKUNG Nicht entflammare Atmosphären schließen Stäube einer MZE > 1.000 m] ein.

<sup>a</sup> Gemessen in Übereinstimmung mit ISO/IEC 80079-20-2, kapazitiver Entladungskreis (keine zugefügte Induktivität).  
<sup>b</sup> Die Verwendung von Typ D muss beschränkt werden auf die Explosionsgruppen IIA/AB mit MZE ≥ 0,14 m].

Tabelle 5 aus der Norm IEC 61340-4-4, Electrostatics – Part 4-4

Innere Liner und FIBC: Kombinationen, die zulässig und nicht zulässig sind in gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären				
FIBC	Innere Liner			
	Typ L1	Typ L1C	Typ L2	Typ L3
<b>Typ B</b>	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Zulässig	Zulässig
<b>Typ C</b>	Zulässig	Zulässig	Zulässig	Nicht zulässig
<b>Typ D</b>	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Zulässig	Nicht zulässig

Tabelle 6 aus der Norm IEC 61340-4-4, Electrostatics – Part 4-4



Zulässige Gestaltungen und Anforderungen für innere Liner vom Typ L1 (ohne leitfähige Schichten)				
Konfiguration	Parameter			
	Spezifischer Widerstand innere Oberfläche $\rho_i$	Spezifischer Widerstand äußere Oberfläche $\rho_o$	Durchschlagspannung $V_B$	Dicke $d$
<b>1</b>	$\rho_i \leq 1,0 \times 10^8 \Omega$	$\rho_o \leq 1,0 \times 10^8 \Omega$	Keine Messung erforderlich	unbegrenzt
<b>2A</b>	$\rho_i \leq 1,0 \times 10^8 \Omega$	$\rho_o \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	Keine Messung erforderlich	unbegrenzt
<b>2B</b>	$\rho_i \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$\rho_o \leq 1,0 \times 10^8 \Omega$	Keine Messung erforderlich	unbegrenzt
<b>3</b>	$\rho_i \leq 1,0 \times 10^8 \Omega$	$\rho_o > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$V_B < 4kV$	unbegrenzt
<b>4</b>	$\rho_i > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$\rho_o \leq 1,0 \times 10^8 \Omega$	$V_B < 4kV$	$d < 700 \mu m$

Tabelle 1 aus der Norm IEC 61340-4-4, Electrostatics – Part 4-4

Zulässige Konfigurationen und Anforderungen für Typ L1C innere Liner (mit leitfähigen inneren Schichten <sup>a</sup> )				
Konfiguration	Parameter			
	Spezifischer Widerstand innere Oberfläche $\rho_i$	Spezifischer Widerstand äußere Oberfläche $\rho_o$	Durchschlagspannung $V_B$	Dicke $d$
<b>1</b>	$\rho_i \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$\rho_o \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	Keine Messung erforderlich	unbegrenzt
<b>2</b>	$\rho_i \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$\rho_o > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$V_B < 4kVb$	unbegrenzt
<b>3</b>	$\rho_i > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$\rho_o \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$V_B < 4kVb$	$d < 700 \mu m$
<b>4</b>	$\rho_i > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$\rho_o > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$V_B < 4kV b$	$d < 700 \mu m$

<sup>a</sup> Alle Schichten mit einem spezifischen Oberflächenwiderstand kleiner als  $1,0 \times 10^8 \Omega$  müssen beim Installieren in einen FIBC sicher mit Erde verbunden sein.  
<sup>b</sup> Die Durchschlagspannung wird gemessen zwischen der inneren Oberfläche mit einem spezifischen Widerstand größer als  $1,0 \times 10^{12} \Omega$  und dem leitfähigen Layer.

Tabelle 2 aus der Norm IEC 61340-4-4, Electrostatics – Part 4-4

Zulässige Gestaltungen und Anforderungen für innere Liner vom Typ L2				
Konfiguration	Parameter			
	Spezifischer Widerstand innere Oberfläche $\rho_i$	Spezifischer Widerstand äußere Oberfläche $\rho_o$	Durchschlagsspannung $V_B$	Dicke $d$
1	$1,0 \times 10^9 \Omega \leq \rho_i \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$1,0 \times 10^9 \Omega \leq \rho_o \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	Keine Messung erforderlich	unbegrenzt
2	$1,0 \times 10^9 \Omega \leq \rho_i \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$\rho_o > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$V_B < 4\text{kV a}$	unbegrenzt
3	$\rho_i > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$1,0 \times 10^9 \Omega \leq \rho_o \leq 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$V_B < 4\text{kV a}$	$d < 700 \mu\text{m}$

<sup>a</sup> Eine Durchschlagsspannung kleiner als 4 kV lässt sich nicht immer erreichen, wenn bei einem spezifischen Widerstand größer als  $1,0 \times 10^{12} \Omega$  die Dicke der Schicht 20  $\mu\text{m}$  übersteigt.

Tabelle 3 aus der Norm IEC 61340-4-4, Electrostatics – Part 4-4

Zulässige Gestaltungen und Anforderungen für innere Liner vom Typ L3				
Konfiguration	Parameter			
	Spezifischer Widerstand innere Oberfläche $\rho_i$	Spezifischer Widerstand äußere Oberfläche $\rho_o$	Durchschlagsspannung $V_B$	Dicke $d$
1	$\rho_i > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$\rho_o > 1,0 \times 10^{12} \Omega$	$V_B < 4\text{kV}$	unbegrenzt

Tabelle 4 aus der Norm IEC 61340-4-4, Electrostatics – Part 4-4



## 4 Literaturverzeichnis

- [1] DEKRA EXAM GmbH, Dr. Ute Hesener und Matthias Beck, Forschungsbericht „Sicherheitstechnische Kenngrößen von hybriden Gemischen“, 31.03.2016.
- [2] Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“, TRGS 727, Deutschland, Ausgabe Juni 2016.
- [3] IEC TS 60079-31-1, „Technical Specification EXPLOSIVE ATMOSPHERES – Part 32-1: Electrostatic hazards, Guidance, Edition 1.0, 2013-08.
- [4] IEC 61340-4-4, Electrostatics – Part 4-4: Standard test methods for specific applications – Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC), Edition 3.0, 2018-01.
- [5] ISSA Prevention Series No. 2017, Statische Elektrizität – Zündgefahren und Schutzmassnahmen, 1995.
- [6] M.Glor, „Electrostatic Hazards in Powder Handling“, Research Studies Press Ltd., Letchworth, Hertfordshire, England 1988.

### Genehmigung der IEC vom 10.01.2019

Der Autor dankt der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) für die Erlaubnis zur Wiedergabe von Informationen aus ihren internationalen Normen. Alle diese Auszüge unterliegen dem Urheberrecht der IEC, Genf, Schweiz. Alle Rechte vorbehalten. Weitere Informationen über die IEC sind erhältlich unter [www.iec.ch](http://www.iec.ch). Die IEC ist nicht verantwortlich für die Platzierung und den Kontext, in dem die Auszüge und Inhalte vom Autor wiedergegeben werden, noch ist IEC in irgendeiner Weise verantwortlich für den sonstigen Inhalt oder die Richtigkeit der Angaben.

# Die IVSS

## Soziale Sicherheit schaffen

Die IVSS, die Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit, ist die weltweit führende Dachorganisation für Institutionen, Regierungsstellen und Behörden, die sich mit dem Thema soziale Sicherheit befassen.

Soziale Sicherheit bedeutet im engeren Sinne Schutz vor den Folgen „sozialer Risiken“. Dazu zählen neben der Erwerbsminderung durch Arbeitsunfall, Berufskrankheiten und Berufsunfähigkeit auch Krankheit, Arbeitslosigkeit, Übernahme von Familienlasten, Altern und Tod von Erwerbstätigen. Im weiteren Sinne umfasst soziale Sicherheit auch eine aktive Arbeitsmarktpolitik, ein öffentliches Bildungswesen sowie eine ausgleichende Steuerpolitik.

Die IVSS wurde 1927 von 17 europäischen Nichtregierungsorganisationen als „Internationale Zentralstelle der Sozialversicherungsträger“ gegründet. Heute zählt die IVSS rund 350 Institutionen, Regierungsstellen und Behörden in über 150 Ländern auf allen Kontinenten und ist bei der Internationalen Arbeitsorganisation ILO der Vereinten Nationen in Genf angesiedelt. Die inhaltliche Arbeit erfolgt in 13 Fachausschüssen, unter anderem zu den Schwerpunktthemen Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten, Gesundheitsleistungen und Krankenversicherung, Beschäftigungspolitik und Arbeitslosenversicherung sowie Familienleistungen und Hinterbliebenenversicherung.

## Arbeitsrisiken vorbeugen

Eine wichtige Rolle innerhalb der IVSS spielt der „Besondere Ausschuss für Prävention“. Dieser besteht aus 14 internationalen Sektionen und befasst sich mit arbeitsbedingten Risiken in verschiedenen Branchen wie chemische Industrie, Bergbau, Elektrizität und Transportwirtschaft, aber auch mit Querschnittsthemen wie Maschinen- und Systemsicherheit, Information und Präventionskultur. Der Besondere Ausschuss koordiniert die gemeinsamen Tätigkeiten der internationalen Sektionen für Prävention im Bereich Risiken sowie weitere Präventionstätigkeiten der IVSS.

Als eine der ersten Sektionen des Besonderen Ausschusses wurde im Juni 1970 in Frankfurt am Main die Internationale Sektion für Prävention in der chemischen Industrie gegründet. Sie engagiert sich für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten in der chemischen und verwandten Industrie, insbesondere in den Bereichen Kunststoffe und Gummi, Lacke und Farben, Pharmazie und Kosmetik sowie Spezialchemikalien und Mineralölverarbeitung. Vorsitz und Sekretariat liegen bei der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie in Heidelberg.

1975 wurde die Internationale Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit gegründet. Sie hat die Zielsetzung, auf dem Gebiet der Maschinen- und Systemsicherheit weltweit Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit zu erhöhen. Vorsitz und Sekretariat liegen bei der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe in Mannheim.



Chemische Industrie



Maschinen- und Systemsicherheit



Transportwesen



Bauwirtschaft



Information



Bergbau



Landwirtschaft



## Fachwissen kommunizieren

Ein besonderer thematischer Schwerpunkt in vielen Industriezweigen, z. B. der chemischen Industrie und Nahrungsmittelindustrie, ist der Umgang mit Explosionsrisiken. 1978 wurden daher bei der Sektion Chemie die Arbeitsgruppen „Gefährliche Stoffe“ und „Explosionsschutz“ gebildet. Um Synergieeffekte auszuschöpfen und die Effizienz zu erhöhen, fusionierte die Arbeitsgruppe „Explosionsschutz“ im Jahre 2008 mit dem entsprechenden Arbeitskreis der Sektion Maschinen- und Systemsicherheit.

In den Arbeitsgruppen werden intensive informelle Diskussionen geführt, darüber hinaus werden Broschüren und Unterweisungsmedien erarbeitet sowie Workshops organisiert, um den internationalen Erfahrungsaustausch unter Fachleuten zu fördern und für ausgewählte Probleme zielführende Lösungen zu erarbeiten.

Die Sektion Chemie und die Internationale Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit möchten auf diesem Weg einen Beitrag zu einem hohen und unter Industrieländern vergleichbaren Stand der Technik leisten und ihr Wissen den industriell noch weniger entwickelten Ländern weitergeben.



Arbeitsschutz  
im Gesund-  
heitswesen



Elektrizität,  
Gas, Wasser



Forschung



Eisen-  
und Metall-  
industrie



Präventions-  
kultur



Erziehung  
und Ausbil-  
dung



Handel

## Autoren

Dr. A. Arnold, Mannheim (D)  
 Prof. Dr. U. Barth, Wuppertal (D)  
 Dr. M. Glor, Allschwil (CH)  
 A. Harmanny, Kontich (B)  
 Dr. Z. Kramar, Ljubljana (SI)  
 M. Mayer, Osterburken (D)  
 G. Nied, Osterburken (D)  
 Dr. R. Ott, Meggen (CH)  
 Prof. Dr. S. Radandt, Brühl-Rohrhof (D)  
 Dr. M. Scheid, Frick (CH)  
 J. Snoeys, Kontich (B)  
 G. Van Laar, Hamm (D)

## Mitarbeit

Dr. H.-J. Bischoff, Mannheim (D)  
 M. Bloch, Altfortville (F)  
 Dr. S. Causemann, Sankt Augustin (D)  
 Dr. M. Gschwind, Luzern (CH)  
 K. Kopia, Wien (A)  
 Dr. O. Losert, Heidelberg (D)  
 F. Marc, Paris (F)  
 J. Parra, Münchwilen (CH)  
 Dr. G. Pellmont, Binningen (CH)  
 B. Poga, Heidelberg (D)  
 F. Pera, Roma (I)  
 B. Sallé, Paris (F)  
 S. Scholl-Scheiba, Mannheim (D)

## Mitarbeit

R. Siwek, Kaiseraugst (CH)  
 A. Weimar, Mannheim (D)  
 M. von Arx, Luzern (CH)

## Grafik

D. Settele, Mannheim (D)

## Layout und Umsetzung

Jedermann-Verlag GmbH, Heidelberg



Chemische  
Industrie



Maschinen-  
und System-  
sicherheit



Transport-  
wesen



Bauwirtschaft



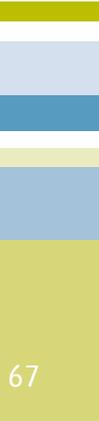
Information



Bergbau



Landwirt-  
schaft





issa

INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SOZIALE SICHERHEIT | IVSS

*Sektion für Prävention in der chemischen Industrie*  
*Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit*

# Explosionssicherheit von Schüttgutanlagen

## Modul: Verpackung

Die IVSS-Broschüre „Verpackung“ ist ein Modul der Serie „Explosionssicherheit von Schüttgutanlagen“. Um eine Anlage hinsichtlich des Explosionsrisikos zu beurteilen, wird diese in kleinere Einheiten, sogenannte „Module“ aufgeteilt. Neben einer übersichtlichen Gestaltung ist damit eine gezielte und prozessorientierte Betrachtungsweise möglich. Damit können einzelne Beurteilungen aus den IVSS-Beispielsammlungen sowie die in den einzelnen Broschüren dargestellten Prozesse und Module genutzt und am Ende für die Risikobeurteilung verknüpft werden.

Ausgabe 04/2025

ISBN 978-92-843-0145-4