

Frage

Kann sich Druckluft in einem Plastikschauch elektrostatisch aufladen?

Antwort:

Ja, Druckluft kann sich in einem Kunststoffschauch elektrostatisch aufladen.

Wenn Druckluft durch einen nicht-leitenden Schlauch (z. B. aus Kunststoff) strömt, reiben die Luftmoleküle an der Schlauchinnenwand. Diese Reibung kann eine elektrostatische Aufladung verursachen – ähnlich wie beim Reiben eines Luftballons an Wolle, der sogenannte Triboeffekt.

Elektrostatische Aufladung entsteht z. B. durch:

- Reibung von Luft an der Schlauchinnenwand (→ Triboelektrischer Effekt),
- Mitgeführte Partikel (z. B. Staub, Zucker, Granulat) verstärken diesen Effekt.

Die Folgen einer elektrostatischen Aufladung sind:

- **Funkenschlag:** Wenn sich genug Spannung aufgebaut hat, kann sie sich plötzlich entladen – was in explosionsgefährdeten Bereichen unbedingt vermieden werden muss.
- **Messfehler:** In sensiblen Umgebungen können elektrostatische Felder auch zu Störungen elektronischer Messgeräte führen.
- **Staubanziehung:** Aufgeladene Schläuche ziehen Staub oder Partikel an, was z. B. in Reinräumen problematisch ist.

Maßnahmen, die gegen eine elektrostatische Aufladung helfen, sind:

- Zur Verwendung sollten nur antistatische oder leitfähige Schläuche kommen, die die elektrische Ladung ableiten können.
- Zur Verwendung sollten Schläuche mit leitfähiger Innenschicht (z. B. mit Kohlenstoffzusätzen).
- Der Schlauch muss geerdet oder in den Potentialausgleich eingebunden sein.
- Die Luftfeuchtigkeit sollte leicht erhöht werden, da trockene Luft die Reibung erhöht.

Ein ableitfähiger (antistatischer oder leitfähiger) Schlauch hat spezielle Eigenschaften:

- Oberflächen- oder Volumenleitfähigkeit (z. B. durch eingebettete Kupferlitzen oder leitfähige Kunststoffe),
- einen niedrigen elektrischen Widerstand (z. B. $<10^6 \Omega$),
- oft einen geerdeten Leiter (Kupferdraht, Edelstahlspirale), der die Ladung zur Erde ableitet.

Wichtig:

Der Schlauch muss geerdet werden, sonst kann er sich trotz Leitfähigkeit aufladen, weil die Ladung keinen Abflussweg hat.

Ein ableitfähiger Schlauch kann sich nur dann elektrostatisch aufladen, wenn:

1. er nicht korrekt geerdet ist, oder
2. die leitfähigen Elemente beschädigt oder unterbrochen sind,
3. oder die Luft extrem trocken ist und der Ableitwiderstand zu hoch wird.

Wenn ein zertifizierter antistatischer Schlauch verwendet wird und ordnungsgemäß an Erde angeschlossen ist, ist die Gefahr einer elektrostatischen Aufladung praktisch ausgeschlossen.

Schlauchtyp	Elektrostatische Aufladung möglich?	Gefahr bei Verwendung mit feinem Puder
Normaler Kunststoffschlauch	Ja, sehr hoch	Hoch (→ Staubexplosion möglich)
Antistatischer Schlauch	Verhindert das Aufladen Nur bei fehlender Erdung	Mittel (kann sicher sein bei Erdung)
Leitfähiger/geerdeter Schlauch	Praktisch keine Aufladung	Sehr gering (ideale Lösung)

Beispiel-Sicherheitskonzept

Sicherheitskonzept für eine Staubbeförderung mit Explosionsgefahr

1. Gefahrenanalyse

- **Staubart:** Feinstaub, explosionsfähig, Zündtemperatur < 500 °C
- **Zündquellen:** Glimmester, Reibung, elektrostatische Entladung
- **Rohrleitung:** pneumatisch, ca. 20 m Länge, Ø100 mm, 5 bar Druckluft



2. Explosionsschutzmaßnahmen nach ATEX

A) Vermeidung von Zündquellen

Maßnahme	Beschreibung
Ableitfähige Rohrleitungen	Verwendung von antistatischen/leitfähigen Materialien, korrekt geerdet
Zündquellenüberwachung	Einsatz von Funken- oder Glimmest-Detektoren im Zuleitungsbereich
Vermeidung heißer Oberflächen	Keine Heizelemente oder Reibflächen im Rohrsystem
Potenzialausgleich	Alle Anlagenteile elektrisch leitend miteinander verbunden und geerdet

B) Vermeidung zündfähiger Staub-Luft-Gemische

Maßnahme	Beschreibung
Saug- und Fördergeschwindigkeit	> 20 m/s, damit keine Staubablagerungen entstehen
Rohrdesign	Glatte Innenflächen, keine Toträume oder scharfe Winkel
Regelmäßige Reinigung	Zyklisch mit Trockenluft, CIP, oder Absaugung
Inertisierung (optional)	Einsatz von Stickstoff zur Verdrängung von Sauerstoff bei kritischen Prozessen

C) Druckentlastung / Schutzsysteme

Maßnahme	Beschreibung
Explosionsdruckentlastung	Berstscheiben an strategisch gewählten Stellen (z. B. am Übergang zur Filteranlage)
Rückschlagsicherung	Schnellschließende Klappen (z. B. VENTEX-Ventile) zur Isolation betroffener Anlagenteile
Flammenabsorber	Optional bei Platzmangel statt Druckentlastung (z. B. Q-Box, Q-Rohr)

D) Funkenlöschanlage

Maßnahme	Beschreibung
Detektionseinheit	Infrarotsensor erkennt Funken oder Glimmnester in der Förderleitung
Löscheinheit	Wasser- oder CO ₂ -Injektion im Millisekundenbereich
Anbindung an Steuerung	Automatische Abschaltung des Prozesses bei Erkennung von Zündquellen

3. Betrieb und Wartung

- **Schulung des Personals** zu ATEX, Staubexplosionen und Schutzmaßnahmen
- **Regelmäßige Erdungsprüfung** aller ableitfähigen Komponenten
- **Dokumentation der Reinigungsintervalle und Detektionssysteme**
- **Wartung der Funkenlöschanlage** inkl. Funktionstests

4. Zusätzliche Hinweise

- Bewertung nach **EN 1127-1** (Explosionsfähige Atmosphären)
 - Schutzmaßnahmen nach **ATEX-Richtlinie 2014/34/EU** und **BetrSichV**
 - Optional: Durchführung einer **Zonenklassifizierung (Zone 20, 21, 22)** und Explosionsschutzdokument
-

Definition „antistatisch“:

Antistatisch ist eine Eigenschaft von Materialien, die die Bildung von statischer Elektrizität, also die Aufladung mit statischen Ladungen, verhindern oder stark reduzieren. Es wird oft für Stoffe, Kleidung, Bodenbeläge, Reinigungsmittel und Verpackungsmaterialien verwendet, um unerwünschte Effekte statischer Elektrizität zu vermeiden.

Erklärung:

- Antistatische Materialien haben einen hohen elektrischen Widerstand, wodurch die statische Aufladung reduziert wird.
- Antistatika sind Additive oder Behandlungen, die einem Material beigemischt werden, um seine antistatischen Eigenschaften zu verbessern.
- Antistatische Materialien oder Oberflächen können eingesetzt werden, um schädliche statische Entladungen (ESD) zu verhindern, besonders in Bereichen mit empfindlichen elektronischen Geräten oder explosionsgefährdeten Umgebungen.
- Die antistatischen Eigenschaften können auch dazu beitragen, dass Staub oder andere Partikel nicht so leicht an Materialien haften.

Beispiele für antistatische Anwendungen:**Stoffe und Textilien:**

Antistatische Stoffe werden in Bereichen eingesetzt, wo statische Aufladung unerwünscht ist, z.B. in der Elektronikindustrie, in Produktionsumgebungen oder in der Medizin.

Kleidung:

Antistatische Arbeitskleidung kann dabei helfen, statische Funken zu vermeiden und Explosionsrisiken zu reduzieren.

Bodenbeläge:

Antistatische Bodenbeläge können eingesetzt werden, um die Entstehung von statischen Ladungen zu reduzieren und so das Risiko von ESD zu minimieren.

Reinigungsmittel:

Antistatische Reinigungsmittel oder -methoden können in Umgebungen verwendet werden, in denen statische Aufladung unerwünscht ist, um Staub und Schmutz ohne die Bildung von statischer Elektrizität zu entfernen.

Verpackungsmaterialien:

Antistatische Verpackungsmaterialien können eingesetzt werden, um empfindliche elektronische Geräte vor ESD-Schäden zu schützen.

Definition „leitfähig“:

Als **Leitfähigkeit** wird die Fähigkeit eines leitfähigen chemischen Stoffes oder Stoffgemisches bezeichnet, Energie oder andere Stoffe oder Teilchen im Raum zu *leiten* oder zu übertragen. Die Fähigkeit von Stoffen, Energie (wie elektrischen Strom und Wärme) zu leiten, ist teilweise ähnlich ausgeprägt. So sind Metalle gute Leiter für elektrischen Strom und für Wärme. Andererseits sind Gase in beiden Fällen schlechte Leiter.

Definition „ableitfähig“:

Ableitfähigkeit beschreibt die Eigenschaft eines Materials, elektrische Ladungen schnell und sicher abzuleiten, anstatt sie zu speichern. Anders gesagt: Ein Material ist ableitfähig, wenn es eine Ladung "ableiten" kann, anstatt sie zu "speichern" und damit potenzielle Gefahren durch statische Aufladung zu vermeiden.

Zusätzliche Informationen:

Einsatzbereiche:

Ableitfähige Materialien werden häufig in Bereichen eingesetzt, wo statische Aufladung gefährlich sein kann, wie z. B. in der Elektronikindustrie, in medizinischen Einrichtungen oder bei der Lagerung und dem Transport von explosiven Materialien.

Grenzwerte:

Die Ableitfähigkeit wird durch den elektrischen Widerstand eines Materials bestimmt. Ein Material gilt als ableitfähig, wenn sein Durchgangswiderstand oder Oberflächenwiderstand unter einem bestimmten Grenzwert liegt, der in der Regel bei etwa $10^9 \Omega$ liegt.

Materialien:

Ableitfähige Materialien können aus verschiedenen Materialien hergestellt werden, z. B. aus leitfähigen Kunststoffen, textilen Bodenbelägen oder Beschichtungen.

Unterscheidung zu leitfähigen Materialien:

Leitfähige Materialien leiten Ladungen noch schneller als ableitfähige, sie haben einen geringeren Widerstand. Ableitfähige Materialien hingegen haben einen höheren Widerstand, wodurch die statische Aufladung langsamer stattfindet.

Unterscheidung zu isolierenden Materialien:

Isolierende Materialien weisen einen sehr hohen Widerstand auf und können Ladungen gut speichern, sie leiten also keine Ladung ab.

Die BG RCI sagt hierzu auf ihrer Seite:

<https://www.bgrci.de/exinfode/ex-schutz-wissen/antworten-auf-haeufig-gestellte-fragen/elektrostatik/14-was-ist-unter-den-begriffen-leitfaehig-ableitfaehig-und-isolierend-zu-verstehen>

1.4 Was ist unter den Begriffen „leitfähig“, „ableitfähig“ und „isolierend“ zu verstehen?

Es ist in der Elektrostatik zweckmäßig, Stoffe, Materialien und Gegenstände hinsichtlich ihres elektrischen Widerstandes in leitfähige, ableitfähige und isolierende zu unterteilen:

Leitfähige Medien, Materialien und Gegenstände besitzen einen so geringen elektrischen Widerstand, dass sie geerdet werden können und auch selbst als Erdungspunkt für andere Gegenstände in Frage kommen.

Ableitfähige Medien, Materialien und Gegenstände besitzen einen höheren elektrischen Widerstand als leitfähige, können aber dennoch nicht gefährlich aufgeladen werden, solange sie Kontakt zu Erde besitzen und keinen stark ladungserzeugenden Prozessen ausgesetzt sind.

Isolierende Medien, Materialien und Gegenstände sind weder leitfähig noch ableitfähig und können in der Regel nicht geerdet werden.

Anstelle von „leitfähig“, „ableitfähig“ und „isolierend“ benutzt man bei Schüttgütern die Begriffe „niedriger, mittlerer und hoher spezifischer Widerstand“.

Ferner benutzt man für Flüssigkeiten den Begriff Leitfähigkeit (Kehrwert des spezifischen Widerstandes) und unterscheidet Flüssigkeiten „hoher, mittlerer und niedriger Leitfähigkeit“.

Die zugehörigen Grenzwerte für Stoffe, Materialien, Gegenstände und Einrichtungen sowie für Schüttgüter und Flüssigkeiten sind in der TRGS 727, Anhang I anschaulich dargestellt.

Siehe auch TRGS 727, Nummer 2, Absätze 11 bis 14.
