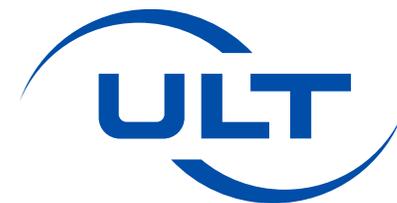


Der sichere Umgang mit brennbaren Stäuben / Ex- Atmosphären bei Laserprozessen

Benjamin Wirth, ULT AG, 17.09.24



air quality

Motivation

Laserrauchabsaugung

Dreifacher Schutz

Gesundheit der Mitarbeiter



Fertigungsprozess



Produktqualität

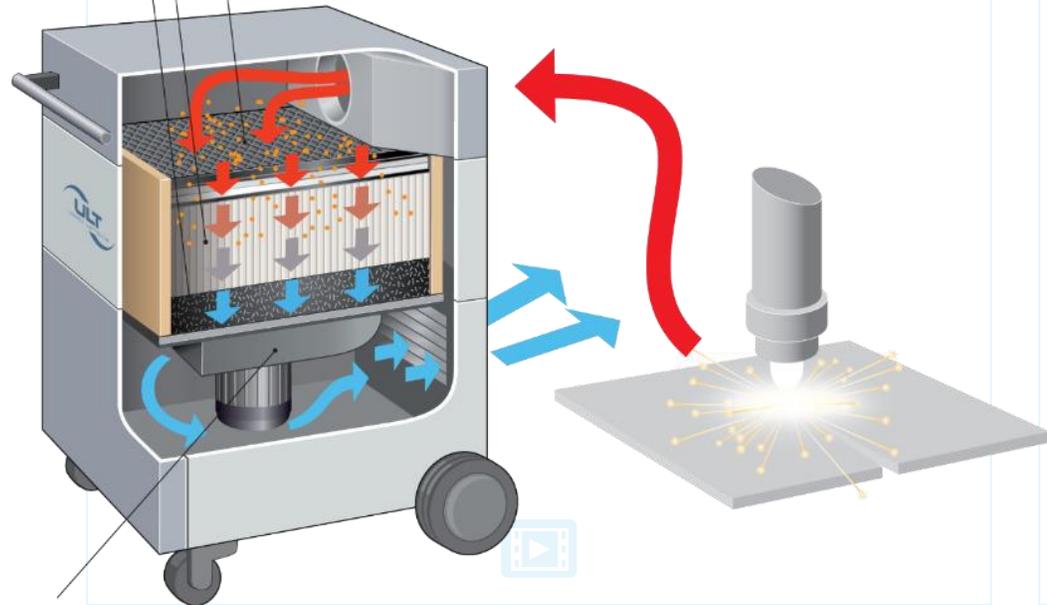


ULT AG – air quality

Filterprinzipien

Speicherfiltersystem

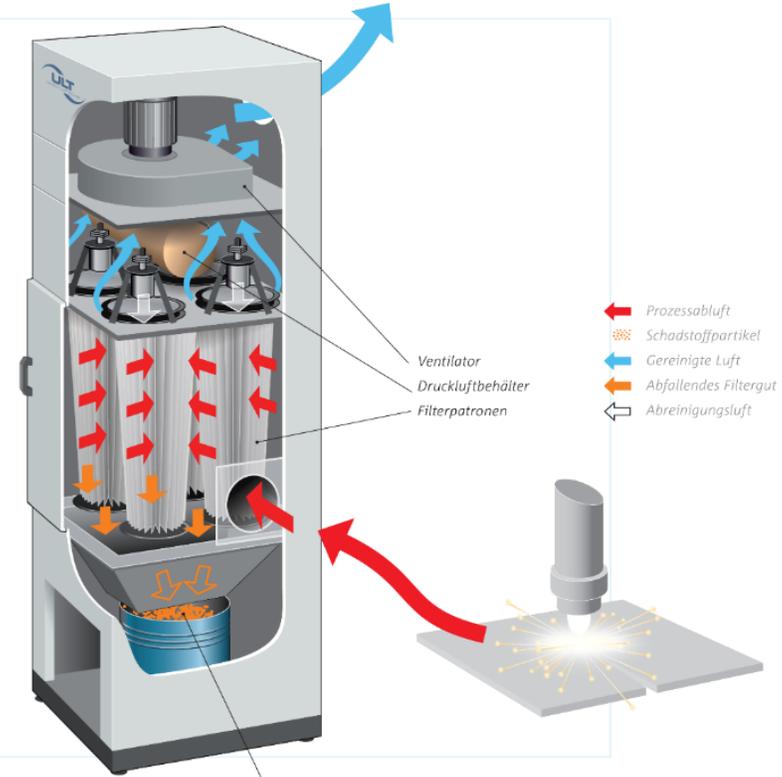
Resublimationsfilter / Funkenschutz
Schwebstofffilter
Aktivkohlefilter



- ← Prozessluft
- ← Vorgereinigte Luft
- ← Gereinigte Luft
- Schadstoffpartikel

Ventilator

Patronenfiltersystem



- ← Prozessluft
- Schadstoffpartikel
- ← Gereinigte Luft
- ← Abfallendes Filtergut
- ← Abreinigungsluft

Staubsaammelbehälter

Brand- und Explosionsgefahr

- <https://www.tvb.de/neustadt-bei-coburg-staubabzugsanlage-verursacht-brand-auf-dachboden-648247/>

Di, 06.06.2023 , 11:29 Uhr

Landkreis Coburg

Neustadt bei Coburg: Staubabzugsanlage verursacht Brand auf Dachboden

Brandschaden in Höhe von 10.000 Euro

Arbeiten mit einer Laserschneidmaschine lösten am Montagnachmittag (05. Juni) einen Großeinsatz der örtlichen Feuerwehren in Neustadt bei Coburg aus. Eine Person wurde beim Löschen der Flammen leicht verletzt.

Feuer vermutlich durch Funkenflug ausgelöst

Ein 69-jähriger fertigte laut dem Bericht der Polizei am Montag Modellbahnzubehör mittels einer Laserschneidmaschine zu, als er kurz nach 16:00 Uhr das Feuer auf dem Dachboden seines Anwesens bemerkte. Eine Staubabzugsanlage, die mit der Laserschneidmaschine verbunden ist, geriet in Brand. Ausgelöst wurde das Feuer vermutlich durch einen Funken, der den Staub in der Anlage entzündete.

69-jähriger erleidet Rauchgasvergiftung

Der Senior löschte die Flammen mit einem Handlöcher und erlitt dabei eine leichte Rauchgasvergiftung. Bei Eintreffen der Feuerwehren Neustadt bei Coburg, Wildenheid und der Werksfeuerwehr Prysmian war nur noch Rauch feststellbar. Den Schaden an der Anlage taxierte die Polizei auf mindestens 10.000 Euro. Am Gebäude selbst entstand kein Schaden.



- Laserprozessabsaugung gehört zwingend auch eine Analyse des Gefahrenpotenzials des abgesaugten Staubs

Sicherer Umgang mit brennbaren Laserstäuben

Betreiber- und Herstellerverantwortung

Betreiber

- Gefährdungsbeurteilung für Entstaubungsanlage und Aufstellbereich gemäß GefStoffV hinsichtlich Brand- und Explosionsgefahr
 - Explosionsschutzdokument Gefahrstoffverordnung § 6 Absatz 9
 - DGUV Information 213-106
 - TRGS 720

Hersteller

- Sicherheitskonzept der Entstaubungsanlage 2006/42/EG – Maschinenrichtlinie 2014/34/EU – ATEX-Richtlinie
- Pflicht, den Betreiber hinzuweisen auf (Betriebsanleitung):
 - ★ Bestimmungsgemäße Verwendung
 - ★ Restrisiken
 - ★ Ergriffene Schutzmaßnahmen

Explosionsschutzdokument

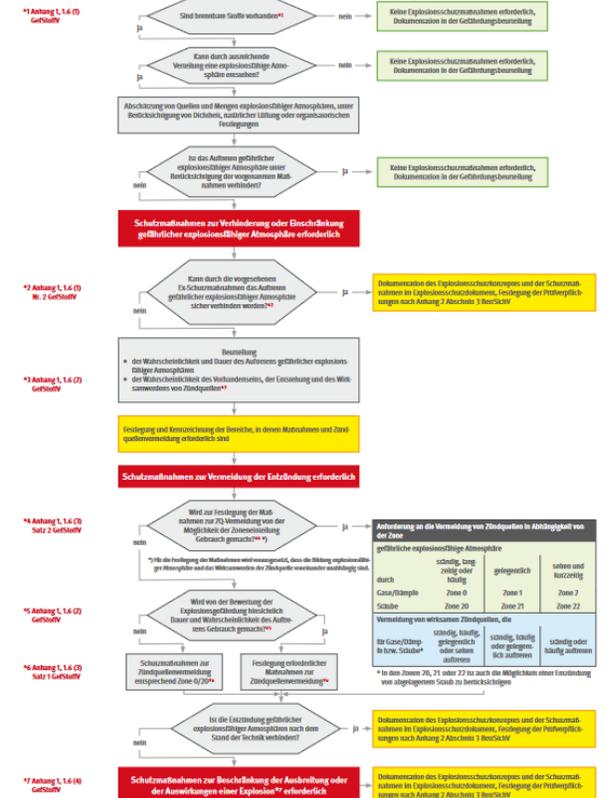
<https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/3360/explosionsschutzdokument>



213-106

DGUV Information 213-106

Explosionsschutzdokument



Ablauf der Prüfung

Betreiber des Fertigungsprozesses

Gefährdungsanalyse nach Gefahrstoffverordnung

1. Arbeitsbereiche/Tätigkeiten festlegen
2. Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln
3. Gefährdungen beurteilen
4. Schutzmaßnahmen festlegen
5. Schutzmaßnahmen umsetzen
6. Wirksamkeit prüfen
7. Gefährdungsbeurteilung fortschreiben



Wie ist zu tun?

Betreiber des Fertigungsprozesses

Gefährdungsanalyse nach Gefahrstoffverordnung

1. **Arbeitsbereiche/Tätigkeiten festlegen**
2. Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln
3. Gefährdungen beurteilen
4. Schutzmaßnahmen festlegen
5. Schutzmaßnahmen umsetzen
6. Wirksamkeit prüfen
7. Gefährdungsbeurteilung fortschreiben



Arbeitsbereiche/Tätigkeiten festlegen

Laserprozesse

- Wo setze ich Lasermaschinen ein?
- Welche Lasermaschinen setze ich ein?
- Wozu und wie setze ich diese Maschinen ein?



Gefährdungsanalyse

Betreiber des Fertigungsprozesses

Gefährdungsanalyse nach Gefahrstoffverordnung

1. Arbeitsbereiche/Tätigkeiten festlegen
2. **Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln**
3. Gefährdungen beurteilen
4. Schutzmaßnahmen festlegen
5. Schutzmaßnahmen umsetzen
6. Wirksamkeit prüfen
7. Gefährdungsbeurteilung fortschreiben

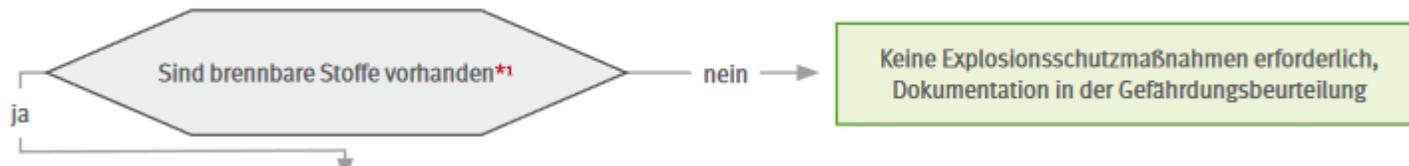


Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln

Betreiberinformationen

Welche Gefahrstoffe generiert mein Laserprozess?

- Materialien
- Prozessbedingungen
- Absaugprozess



Brenn- und Explosionskenngrößen

Sind brennbare Stoffe vorhanden?

Vom Betreiber nach §6 GefStoffV zu ermitteln

- **Art des Staubes**

mineralisch	->	keine Brand- und Explosionsgefahr
organisch	->	Brand- und Explosionsgefahr
metallisch	->	Brand- und Explosionsgefahr

- **Kenngößen Brennbarkeit**

Brennzahl, Glimmtemperatur, Selbstentzündungstemperatur

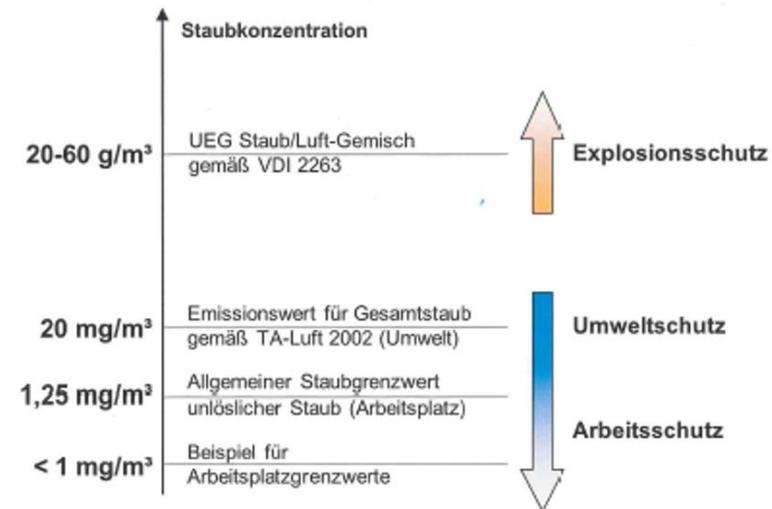
- **Wichtige Kenngößen explosionsfähiger Stäube**

untere Explosionsgrenze (UEG)
Mindestzündenergie (MZE)
Staubklasse (Ex-Fähigkeit)
Staubgruppe (Staubeigenschaften, bspw. Leitfähigkeit)
Mindestzündtemperatur
maximaler Explosionsdruck (p_{max})
maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit (K_{St})

- **Weitere Kenngößen, explosionsfähige Gase/Dämpfe**

Flammpunkt
Zündpunkt

Zusammenhang UEG und Grenzwerte



Bei Laserprozessen sind typischerweise nur geringe Konzentrationen unterhalb der UEG zu erwarten.

Brennzahlen

Definition

BZ	Beschreibung	Beispiel
1	Kein Anbrennen	Kochsalz
2	Kurzes Anbrennen und rasches Erlöschen	Weinsäure
3	Örtliches Brennen oder Glimmen mit höchstens geringer Ausbreitung	Laktose
4	Durchglühen ohne Funkenwurf (Glimmbrand) oder langsame, flammlose Zersetzung	Tabak
5	Ausbreitung eines offenen Brandes oder Abbrennen unter Funkensprühen	Schwefel
6	Verpuffungsartiges Abbrennen oder rasche, flammlose Zersetzung	Schwarzpulver

Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln

Hilfsmittel GESTIS-Datenbank

- Stoffdatenbank
 - <https://gestis.dguv.de/>
- Staub-Ex Datenbank
 - <https://staubex.ifa.dguv.de/>



Kenngrößen

GESTIS-Staubdatenbank

Staub 1, hochexplosionsgefährlich

Stahl, Laserschweißen Helium, aus Staubsammelbehälter

Kriterium	Originalsubstanz
→ Korngröße <63 µm [Gew.-%]	100
→ Korngröße <32 µm [Gew.-%]	96
→ Korngröße <20 µm [Gew.-%]	88
→ Median-Wert [µm]	8,8
→ Feuchte [Gew.-%]	1,2
→ Ex-Fähigkeit	(St 2)
→ Mindestzündenergie [mJ]	<1
→ Brennbarkeit BZ	4
→ spezifischer Widerstand [Ωm]	10 ⁹

Staub 2, brennbar, aber nicht explosionsgefährlich

Stahl, Laserschweißen, aus Absaugung (+ 10200)

Kriterium	Originalsubstanz
→ Korngröße <500 µm [Gew.-%]	98
→ Korngröße <250 µm [Gew.-%]	98
→ Korngröße <125 µm [Gew.-%]	98
→ Korngröße <63 µm [Gew.-%]	98
→ Korngröße <32 µm [Gew.-%]	97
→ Korngröße <20 µm [Gew.-%]	94
→ Median-Wert [µm]	6,2
→ Feuchte [Gew.-%]	0,4
→ max.Ex-Überdruck [bar]	k.E.
→ Ex-Fähigkeit	nein
→ Zündtemperatur BAM [°C]	510
→ Brennbarkeit BZ	4

Staub 3 nicht explosionsfähig

Stahl, Laserschneiden, aus Abscheider (+ 10500)

Kriterium	Originalsubstanz
→ Korngröße <500 µm [Gew.-%]	100
→ Korngröße <250 µm [Gew.-%]	99
→ Korngröße <125 µm [Gew.-%]	98
→ Korngröße <63 µm [Gew.-%]	94
→ Korngröße <32 µm [Gew.-%]	84
→ Korngröße <20 µm [Gew.-%]	78
→ Median-Wert [µm]	7,2
→ Feuchte [Gew.-%]	1,1
→ max.Ex-Überdruck [bar]	k.E.
→ K _{St} -Wert [bar m/s]	0
→ Ex-Fähigkeit	nein
→ Zündtemperatur BAM [°C]	k.E. b 600
→ Glimmtemperatur [°C]	k.G.b. 400
→ Brennbarkeit BZ	1

Gefährdungsanalyse

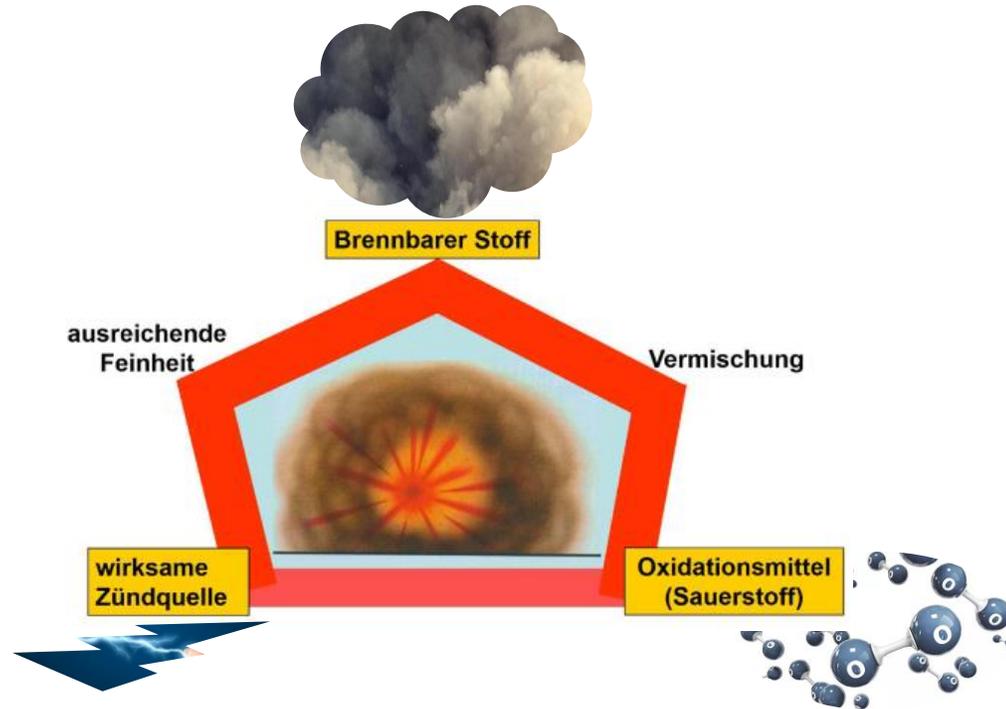
Betreiber des Fertigungsprozesses

- Gefährdungsanalyse nach Gefahrstoffverordnung
 1. Arbeitsbereiche/Tätigkeiten festlegen
 2. Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln
 - 3. Gefährdungen beurteilen**
 4. Schutzmaßnahmen festlegen
 5. Schutzmaßnahmen umsetzen
 6. Wirksamkeit prüfen
 7. Gefährdungsbeurteilung fortschreiben



Grundlagen des Explosionsschutzes

Voraussetzungen für Staubexplosionen



Explosionsfähige Atmosphäre
und
wirksame Zündquelle
müssen
zeitlich und örtlich
zusammentreffen!

https://www.bgrci.de/fileadmin/BGRCI/Downloads/DL_Praevention/Explosionsschutzportal/Wissen/Grundlagen/Grundlagen_zum_Explosionsschutz_Teil_2_V_2-1.pdf

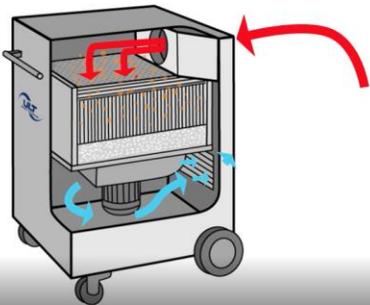
Gefährdungsbeurteilung

Kann durch ausreichende Verteilung eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen?

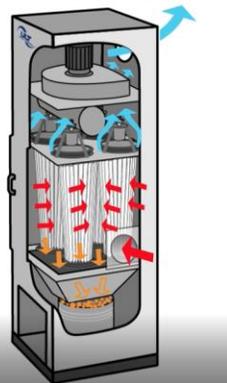
1. Während des Betriebes

(mit und ohne Abreinigung, An- und Abfahren)

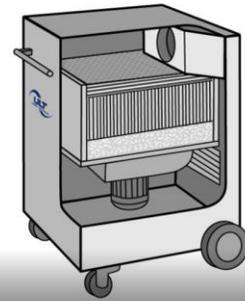
Speicherfiltersystem



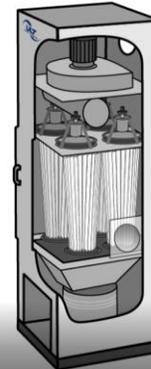
Patronenfiltersystem



Speicherfiltersystem



Patronenfiltersystem

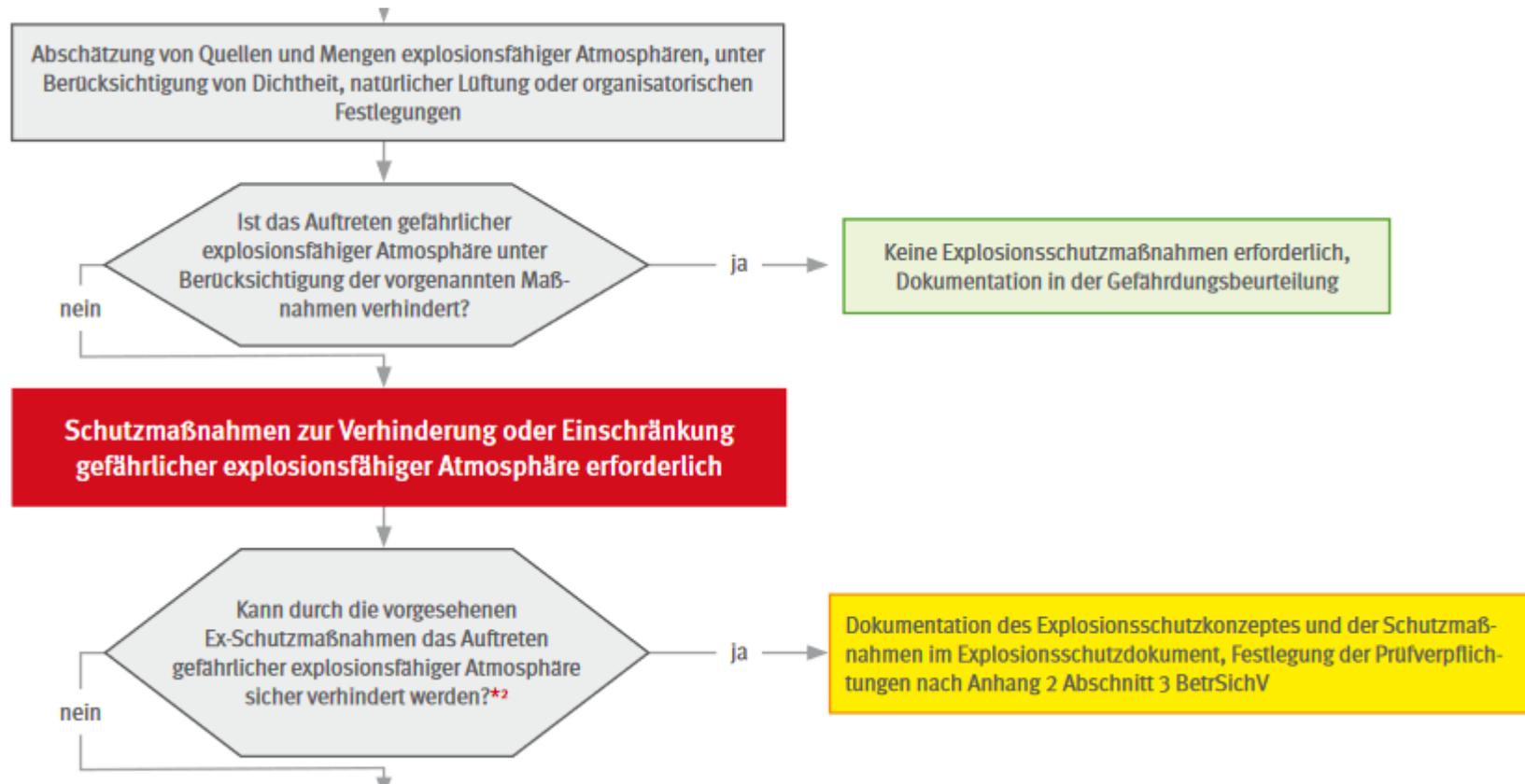


3. Bei Störungen / Wartung



Gefährdungsbeurteilung

Kann durch ausreichende Verteilung eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen?



Zonenkonzept

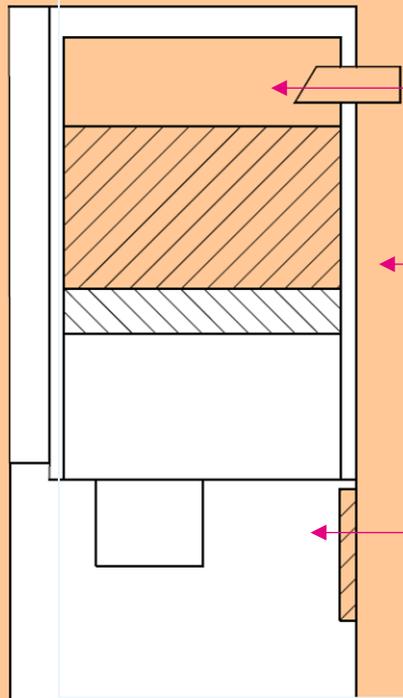
Einteilung von Bereichen Gefährlichkeit und verwendbarer Geräteklasse nach ATEX-Richtlinie

Häufigkeit des Auftretens explosionsgefährlicher Atmosphären (min 10 l) im Normalbetrieb	Brennbarer Staub	Brennbare Gase Dämpfe	Faustformel zur Dauer der explosionsfähigen Atmosphäre
Normalerweise nicht und aber nur kurzzeitig	Zone 22 -> Kategorie 3D	Zone 2 -> Kategorie 3G	Seltener als 1/Woche, maximal 30 min/Jahr
Gelegentlich	Zone 21 -> Kategorie 2D	Zone 1 -> Kategorie 2G	Weniger als 50% der Betriebszeit
Ständig, über lange Zeiträume oder häufig	Zone 20 -> Kategorie 1D	Zone 0 -> Kategorie 1G	Mehr als 50% der Betriebszeit

Einstufung explosionsgefährlicher Bereiche in Zonen

Gefährdete Bereiche

Betreiber muss Zonen festlegen; Hersteller kennt die Betriebsweise und kann Zonen vorschlagen.



Rohgasraum

(Konzentration im Ansaugbereich, Art der Abreinigung, Häufigkeit der Abreinigung)

Umgebung

(ggf. bereits als Zone definiert oder Zonenverschleppung aus Anlage)

Reingasraum und Rohrleitung

(Ausführung der Filterelemente sowie deren Überwachung)



Zone 20

Zone 21

Zone 22

Keine Zone

Gefährdungsbeurteilung

Sind Zündquellen vorhanden?

Beurteilung

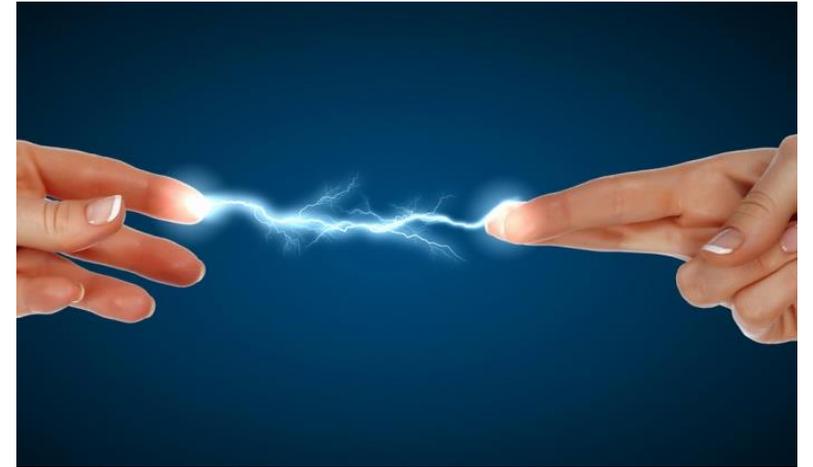
- der Wahrscheinlichkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären
- der Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Entstehung und des Wirksamwerdens von Zündquellen*»

Zündquellen

Relevante Zündquellen

nach Ex-RL (TRBS 2152, Teil 3), EN 1127-1

1. Heiße Oberflächen (*Ventilator, beheizte Sensoren*)
2. Flammen und heiße Gase (*einschließlich heißer Partikel - Laser*)
3. Mechanisch erzeugte Funken (*Ventilator, Rotationsdüse*)
4. Elektrische Anlagen (*Ventile, Schaltschrank*)
5. Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz
6. Statische Elektrizität (*Aufladung von Personen und Oberflächen*)
7. Blitzschlag
8. Elektromagnetische Felder: 104 Hz bis $3 \cdot 10^{11}$ Hz (Hochfrequenz)
9. Elektromagnetische Strahlung: $3 \cdot 10^{11}$ Hz bis $3 \cdot 10^{15}$ Hz
10. Ionisierende Strahlung
11. Ultraschall
12. Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase
13. Chemische Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben



Gefährdungsanalyse

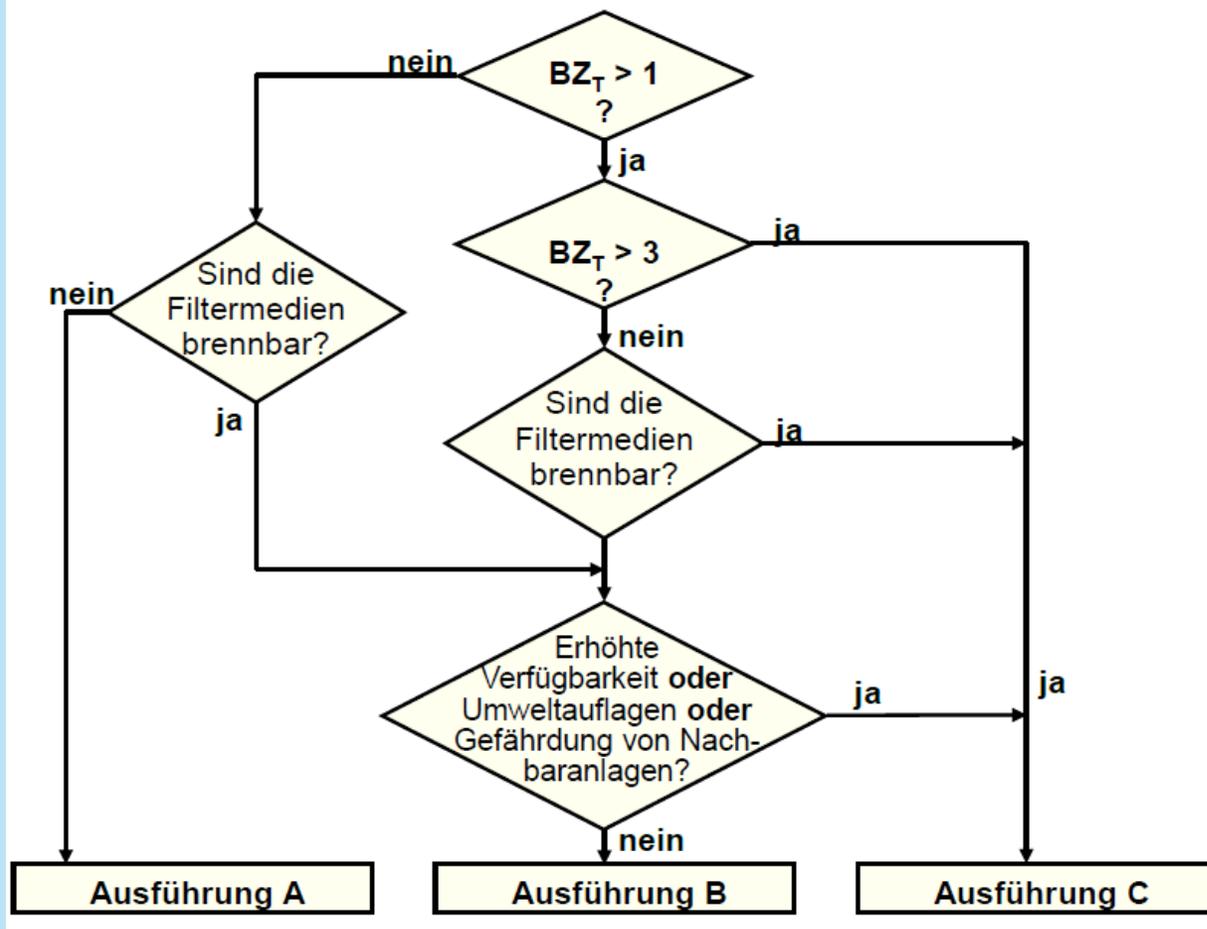
Betreiber des Fertigungsprozesses

- Gefährdungsanalyse nach Gefahrstoffverordnung
 1. Arbeitsbereiche/Tätigkeiten festlegen
 2. Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln
 3. Gefährdungen beurteilen
 4. **Schutzmaßnahmen festlegen**
 5. Schutzmaßnahmen umsetzen
 6. Wirksamkeit prüfen
 7. Gefährdungsbeurteilung fortschreiben



Brandschutz an Filteranlagen

VdS, Merkblatt zur Schadenverhütung, Brandschutz in Entstaubungsanlagen



Brandschutz an Filteranlagen

Ausführung der Entstaubungsanlage bei Brandgefährdung

Ausführung A

Entstaubungsanlage in Standardausführung

- ohne brandschutztechnische Maßnahmen
- für die bestimmungsgemäße Verwendung

Ausführung B

Entstaubungsanlage mit Schutzmaßnahmen zur „Verhütung von Bränden“

z.B. durch:

- Additivzugabe oder Inertisierung bei selbstentzündlichem Staub
- Funkenlöschanlage
- Funkenausscheidungsanlage
- schnellschließende Schieber
- Funkenvorabscheider
- Erdung/Potentialausgleich
- und/oder zusätzliche*
- organisatorische Maßnahmen

Ausführung C

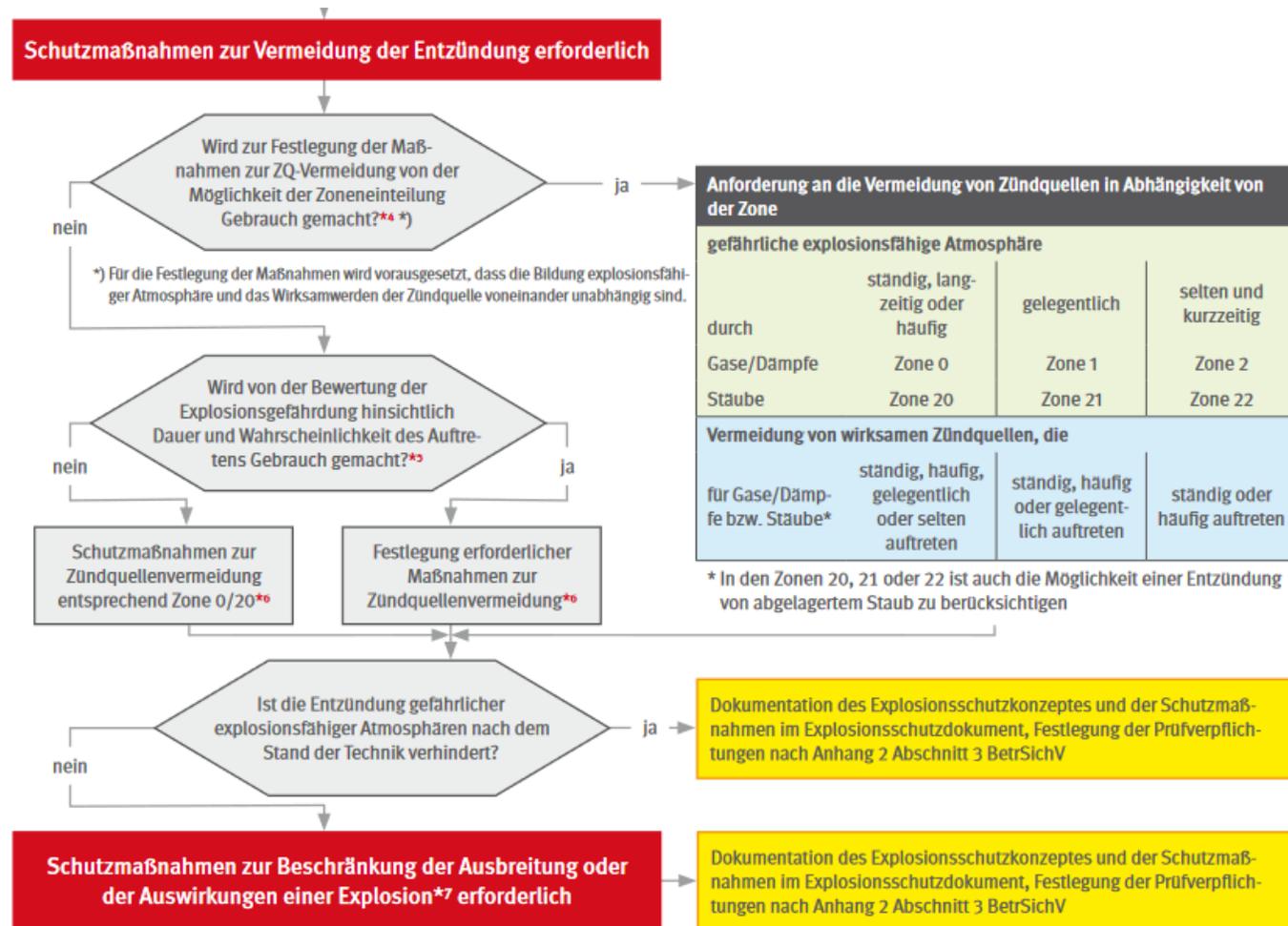
Entstaubungsanlage mit Schutzmaßnahmen zur „Verhütung von Bränden“ und zur „Schadenbegrenzung im Brandfall“

z.B. durch:

- Additivzugabe oder Inertisierung bei selbstentzündlichem Staub
- Funkenlöschanlage
- Funkenausscheidungsanlage
- schnellschließende Schieber
- Funkenvorabscheider
- Erdung/Potentialausgleich
- und*
- Automatische Branderkennung und -meldung
- Stationäre automatische oder halbautomatische Löschanlagen
- sowie zusätzliche*
- organisatorische Maßnahmen

Explosionsschutzmaßnahmen

Explosionsschutzdokument



Explosionsschutzmaßnahmen

Primär, sekundär, tertiär

Primärer Explosionsschutz:

Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre

Sekundärer Explosionsschutz:

Vermeiden wirksamer Zündquellen



Vorbeugender Explosionsschutz
-> Explosion wird ausgeschlossen

Tertiärer Explosionsschutz:

Begrenzung/Abschwächung von Explosionen auf ein unbedenkliches Maß



Sekundärer Explosionsschutz
-> Explosion wird nicht ausgeschlossen

Reihenfolge stellt auch Rangfolge dar

Praktische Schlussfolgerungen für Laserrauch

Experten heranziehen

Feststellung, dass
brennbarer/explosionsfähiger
Laserrauch in gefährlichen
Mengen entsteht

Heranziehen eines
geeigneten Experten

Auswahl und Auslegung des
Filtersystems

- Speicher- oder Patronenfiltersystem
- Absaugverrohrung
- Zusätzliche Schutzsysteme

Gefährdungsanalyse

Betreiber des Fertigungsprozesses

Gefährdungsanalyse nach Gefahrstoffverordnung

1. Arbeitsbereiche/Tätigkeiten festlegen
2. Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln
3. Gefährdungen beurteilen
4. Schutzmaßnahmen festlegen
5. **Schutzmaßnahmen umsetzen**
6. Wirksamkeit prüfen
7. Gefährdungsbeurteilung fortschreiben



Schutzmaßnahmen umsetzen

Speicherfiltergerät: LAS 260 H/Ex

- Filtergerät für brennbare und ggf. toxische Stäube aus Laserprozessen
 - Absaugleistung ca. 200 m³/h
 - Nicht-selbstentzündlicher Laserstaub mit einer Mindestzündenergie von >10 mJ
- Features:
 - Geeignet zur Aufstellung und Ansaugung aus Zone 22
 - Redundantes H-14-Filtersystem
 - Geprüft durch ILK-Dresden

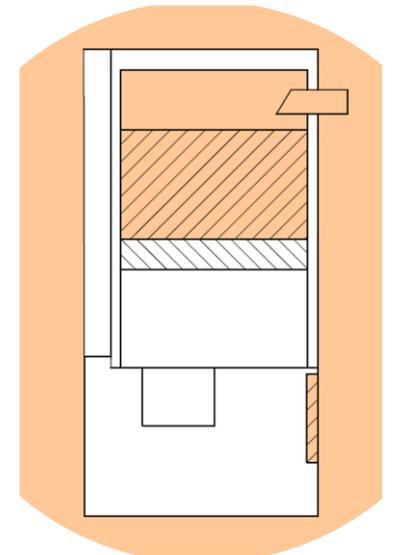
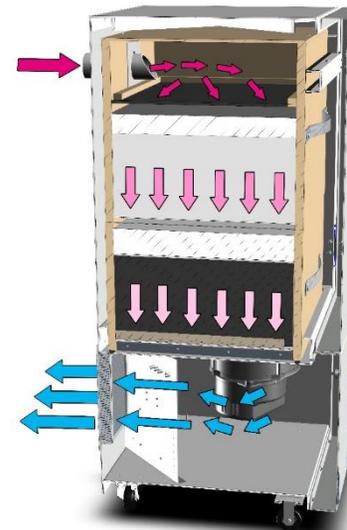


II3/3D tc IIIC T6 Dc

Primärer Explosionsschutz

Speicherfiltergerät: LAS 260 H/Ex

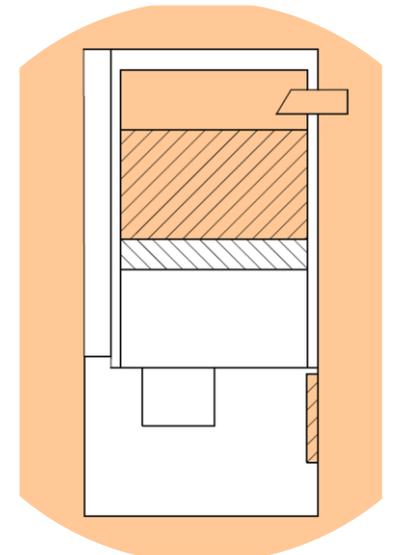
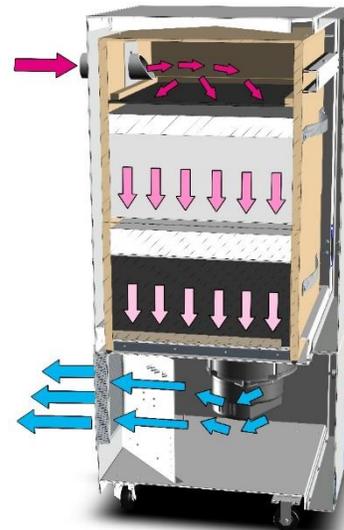
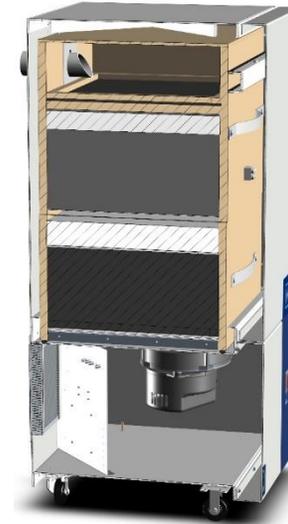
- Mindestvolumenstromüberwachung zur Vermeidung von Staubablagerung
- Einsatz von Sicherheitsfiltern
 - Im Normalbetrieb:
 - Sicherheitsfilter vor dem Gebläse
 - Im Stillstand
 - Sicherheitsfilter am Ausblas des Geräts



Sekundärer Explosionsschutz

Speicherfiltergerät: LAS 260 H/Ex

- Filterelemente und Gerätegehäuse ableitfähig



Schutzmaßnahmen umsetzen

Patronenfiltergerät LAS 800

- Filtergerät für brennbare Stäube aus Laserprozessen
 - Ca. 800 m³/h
 - Nicht selbstentzündlich
 - Mindestzündenergie >10 mJ
- Features:
 - Filterpatronen für hohe Staubmengen
 - Sicherheitsfilter H14
 - Geprüft durch Ibexu
 - Optionen:
 - Zudosierung
 - Funkendetektion
 - Funkenvorabscheider
 - Löschesystem



Primärer Explosionsschutz

Patronenfiltergerät LAS 800

- Patronenfilter
- Sicherheitsfilter H14
- Optionale Zudosieranlage für Filterhilfsmittel



Sekundärer Explosionsschutz

Patronenfiltergerät LAS 800

- Kupferprallplatte
- Durchgängig geerdet
- ATEX-konforme Komponenten, z.B. Ventile
- Optionaler Funkenvorabscheider und -detektion im Ansaugbereich



Gefährdungsanalyse

Betreiber des Fertigungsprozesses

Gefährdungsanalyse nach Gefahrstoffverordnung

1. Arbeitsbereiche/Tätigkeiten festlegen
2. Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln
3. Gefährdungen beurteilen
4. Schutzmaßnahmen festlegen
5. Schutzmaßnahmen umsetzen
6. **Wirksamkeit prüfen**
7. Gefährdungsbeurteilung fortschreiben



Wirksamkeit überprüfen

- Mitarbeiterschulung
 - Bspw. bzgl. des Ansaugens von Zündquellen
- Funktionsprüfung technischer Schutzmaßnahmen
 - Bspw. Ableitfähigkeit überprüfen
- Regelmäßige Wartung der Filtergeräte
- Dokumentation der Nutzung



Gefährdungsanalyse

Betreiber des Fertigungsprozesses

Gefährdungsanalyse nach Gefahrstoffverordnung

1. Arbeitsbereiche/Tätigkeiten festlegen
2. Gefahrstoffe und Arbeitsbedingungen ermitteln
3. Gefährdungen beurteilen
4. Schutzmaßnahmen festlegen
5. Schutzmaßnahmen umsetzen
6. Wirksamkeit prüfen
7. **Gefährdungsbeurteilung fortschreiben**



Gefährdungsbeurteilung fortschreiben

- Allg. Dokumentation der getroffenen Maßnahmen
 - Explosionsschutzdokument
- Alle Anpassungen des Prozesses bewerten
 - Wechselwirkungen von Materialwechseln
 - Angepasste Laserparameter
 - Schutzgaseinsatz



Zusammenfassung

- Viele Laserstäube sind brennbar
- Analyse der Gefährdung für einen sicheren Prozess unablässig
- Mit Hilfe einer guten Analyse kann zusammen mit Experten (z.B. von ULT) eine passende Lösung gefunden werden





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

