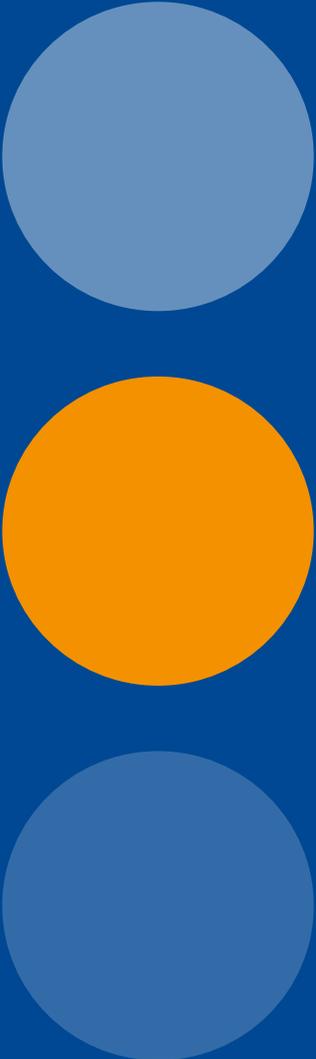


213-003

DGUV Information 213-003



**Sicherheitstechnische Hinweise
über das Verwenden von
Aluminiumpulver, -pellets und
-pasten bei der Herstellung
von Porenbeton**

Berufsgenossenschaftliche Information
für Sicherheit und Gesundheit
bei der Arbeit

BGI 626

BG-Information

Sicherheitstechnische Hinweise über das Verwenden von Aluminiumpulver, -pellets und -pasten bei der Herstellung von Porenbeton

Stand: Juni 2006

Fachausschuss
„Glas und Keramik“
der BGZ



Berufsgenossenschaft
der keramischen und Glas-Industrie

Berufsgenossenschaftliche Informationen (BG-Informationen) enthalten Hinweise und Empfehlungen, die die praktische Anwendung von Regelungen zu einem bestimmten Sachgebiet oder Sachverhalt erleichtern sollen.

BG-Informationen richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfeleistung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder Unfallverhütungsvorschriften geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

Der Unternehmer kann bei Beachtung der in den BG-Informationen enthaltenen Empfehlungen, insbesondere den beispielhaften Lösungsmöglichkeiten, davon ausgehen, dass er damit geeignete Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren getroffen hat. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.

Werden verbindliche Inhalte aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder aus Unfallverhütungsvorschriften wiedergegeben, sind sie durch Fettdruck kenntlich gemacht oder im Anhang zusammengestellt. Erläuterungen, insbesondere beispielhafte Lösungsmöglichkeiten, sind durch entsprechende Hinweise in Kursivschrift gegeben.

Diese BG-Information wurde in das Sammelwerk des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften aufgenommen und kann sowohl bei der

Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie
Riemenschneiderstraße 2
97072 Würzburg
Internet: www.bgglaskeramik.de

als auch beim
Carl Heymanns Verlag
Luxemburger Straße 449
50939 Köln

unter der Bestellnummer **BGI 626** bezogen werden.

Diese BG-Information wurde unter Mitwirkung:

- der Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie,
- der Berufsgenossenschaft Metall Süd,
- des Fachausschusses Chemie, Sachgebiet Explosionsschutz

und der Unternehmen:

- Xella Baustoffe GmbH,
- Xella Deutschland GmbH,
- Schlenk Metallpulver GmbH & Co. KG und
- Eckart GmbH & Co. KG

erarbeitet.

Vorbemerkung

Diese BG-Information stellt für den Unternehmer und die Versicherten eine umfassende Handlungsanleitung für Fragen der Sicherheit, insbesondere des Explosionsschutzes, dar. Sie umfasst den betrieblichen Umgang mit Aluminium in Form von Pulver, Pellets oder Pasten bei der Herstellung von Porenbeton. Wesentlicher Bestandteil sind Maßnahmen zum Explosionsschutz. Es werden Beispiele

aufgezeigt, wie das Explosionsrisiko vermieden werden kann, aber auch Beispiele für die Festlegung von Zonen und Schutzmaßnahmen. Die beim Umgang mit Aluminium entstehenden Gefährdungen werden aufgezeigt. Den relevanten Gefährdungen werden geeignete Schutzmaßnahmen sowie Angaben zu Rechtsgrundlagen zugeordnet.

Einführung

1	Gefahrenhinweise	5	7	Organisatorische Maßnahmen	20
2	Anwendungsbereich	5	8	Betrieb	21
3	Begriffsbestimmungen	5	9	Beseitigung von Aluminiumabfällen	23
4	Festlegung von Zonen und Schutzmaßnahmen	7	10	Löschmaßnahmen bei Bränden ...	23
5	Anforderungen an Räume	16		Anhang 1	
5.1	Allgemeine Anforderungen	16	–	Vorschriften und Regeln	25
5.2	Zusätzliche Anforderungen an Lager- und Bereitstellungsräume	16		Anhang 2	
5.3	Zusätzliche Anforderungen an Verarbeitungsräume	17	–	Schutzmaßnahmen nach BGR 104 ..	26
6	Auswahl geeigneter Anlagen, Geräte und Werkzeuge	17		Anhang 3	
6.1	Allgemeine Anforderungen	17	–	Merkblatt über sicherheitstechnische Anforderungen beim Einsatz von Industriestaubsaugern in Bereichen mit Aluminiumpulver	
6.2	Zusätzliche Anforderungen an maschinelle Einrichtungen zur Verarbeitung von Aluminiumpulver ...	19			

Einführung

Beim Umgang mit Aluminium, insbesondere mit Aluminiumpulver, als Treibmittel bei der Herstellung von Porenbeton haben sich in der Vergangenheit einige folgenschwere Unfälle ereignet. Aus diesem Grunde wurden in Zusammenarbeit mit Sachverständigen aus der Forschung, Experten des Explosionsschutzes und Praktikern aus der Industrie sicherheitstechnische Hinweise erarbeitet.

Zur Vermeidung von Personenschäden sind generell Verfahren anzustreben, bei denen sich Personen im Gefahrenbereich nicht aufhalten müssen.

1 Gefahrenhinweise

Aluminium ist entzündlich. Bei unsachgemäßem Umgang besteht Brand- und Explosionsgefahr. Die Entzündung kann hierbei, z.B. durch Funken, offenes Feuer oder heiße Flächen im Zusammenwirken mit Rost, erfolgen. Es kann auch zu einer beschleunigten Oxidation in Gegenwart von Wasser unter Bildung eines Wärmestaus mit nachfolgender Entzündung kommen.

Aluminiumpulver/Luftgemische sind in weiten Mischungsbereichen zündfähig und können zu Staubexplosionen führen.

Durch den Einsatz von Aluminiumpasten lassen sich die Gefahren der Staubexplosion gegenüber dem Einsatz von Aluminiumpulver bei sachgemäßem Umgang und bestimmungsgemäßer Verwendung wesentlich verringern bzw. vollständig vermeiden. Aluminiumpellets sind in der Porenbetonindustrie zurzeit nicht im Einsatz.

Eine weitere Gefahr geht vom Wasserstoff aus, der bei der Reaktion zwischen Aluminium und Wasser entsteht und ebenfalls mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bildet. Die Reaktion läuft beschleunigt ab, wenn Kalk- bzw. Zementstaub oder andere alkalisch wirkende Stoffe in die Suspension gelangen. Die Explosionsgrenzen in der Luft liegen zwischen 4 Vol.-% und 75 Vol.-%.

Bei gleichzeitigem Auftreten von Aluminiumpulver/Luftgemischen und Wasserstoff erhöht sich die Explosionsgefahr erheblich (hybride Gemische).

Wesentliche Gefährdungen sind:

- Aluminiumpulver: Staubexplosionen, in geringerem Umfang Wasserstoffexplosionen.
- Aluminiumpellets: Staubexplosionen, in geringerem Umfang Wasserstoffexplosionen.
- Aluminiumpaste: Wasserstoffexplosionen (bei Pasten werden in der Regel wesentlich größere Mengen (Tagesansatz im Gegensatz zu Chargenansatz beim Pulver) angesetzt), in geringerem Umfang Staubexplosionen.

Wasserpaste ist sehr schwer; glycolhaltige Paste ist leicht zu zünden.

2 Anwendungsbereich

Diese BG-Information findet hinsichtlich ihrer sicherheitstechnischen Hinweise Anwendung auf die Herstellung von Porenbeton, insbesondere für

- Räume zur Lagerung und Verarbeitung von Aluminium in Form von Pulver, Pellets oder Pasten,
- Auswahl, Betrieb und Ausrüstung von maschinellen Transport-, Entleerungs-, Verwiege- und Dispergier- oder Zuteilungsanlagen einschließlich ihrer Nebeneinrichtungen.

Anmerkung:

Zusätzlich zu diesen sicherheitstechnischen Hinweisen sind die Anforderungen der zuständigen örtlichen Behörden zu beachten.

Abweichungen von diesen sicherheitstechnischen Hinweisen sind möglich, wenn die gleiche Sicherheit auf andere Art und Weise gewährleistet ist. Dies kann z.B. in der Gefährdungsbeurteilung und/oder im Explosionsschutzdokument festgelegt sein. Eine Absprache mit den zuständigen Stellen wird empfohlen.

Informationen können auch den Sicherheitsdatenblättern der Hersteller entnommen werden.

3 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser BG-Information werden folgende Begriffe bestimmt:

1. **Aluminiumpasten** sind Aluminiumpulverhandelsformen, die mit Wasser und/oder organischen Lösemitteln angeteigt sind.

2. **Aluminiumpellets** sind mit Bindemittel agglomeriertes Aluminiumpulver.
3. **Aluminiumpulver** sind alle handelsüblichen Formen von trockenem, plättchenförmigem und fein zerkleinertem Aluminium.
4. **Bereitstellungsräume** sind Räume, in denen Aluminium in Liefer- oder anderen Gebinden in Tagesmengen für die Weiterverarbeitung bereitgestellt wird.
5. **Dispergiergefäße** sind Einrichtungen, in denen Aluminium mit Wasser dispergiert wird.
6. **Dosieranlagen** sind Anlagen, in denen Aluminiumpulver für die weitere Verarbeitung mengenmäßig zugeteilt wird.
7. **Explosionsdruckentlastungsflächen** sind Gebäudeteile, die bei einer Explosion leicht nachgeben und die Auswirkung einer Explosion in eine ungefährliche Richtung lenken.
8. **G.e.A.** ist eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre.
9. **Lagerräume** sind Räume, in denen volle und leere Liefergebinde gelagert werden.
10. **Liefergebinde** sind Transportbehälter zur Anlieferung von Aluminiumpulver, -pellets oder -pasten.
11. **Verarbeitungsräume** sind Räume, in denen mit Aluminiumpulver, -pellets oder -pasten umgegangen wird, z.B. in denen Tagesvorratsbehälter, Dosieranlagen oder Suspensionsbehälter betrieben werden.
12. **Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche**
Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt.

– Zone 0

ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

– Zone 1

ist ein Bereich, bei dem sich im Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

– Zone 2

ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

– Zone 20

ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

– Zone 21

ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.

– Zone 22

ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Bemerkung 1: Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden.

Bemerkung 2: Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden.

Bemerkung 3: Schichten, Ablagerungen und Anhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen.

4 Festlegung von Zonen und Schutzmaßnahmen beim Verwenden von Aluminiumpulver, -pellets und -pasten bei der Herstellung von Porenbeton

Die Zoneinteilung gilt nur für die genannten Bedingungen. Bei abweichenden Bedingungen muss die Zoneinteilung neu festgelegt werden.

Definition:

- Pulver: fein zerkleinertes Material; feinstaubhaltig
- Pellets: mit Bindemitteln agglomeriertes Pulver; feinstaubarm
- Pasten: angeteigtes Pulver, Anteilsmittel: Wasser, Diethylenglycol; feinstaubfrei

Nr.	Beispiel	Merkmale/Bemerkungen/ Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach E 1	Festlegung der Zonen (Zündquellenvermeidung nach E 2)	Schutzmaßnahmen nach E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
1	Räume, in denen geschlossene Liefergebände gelagert werden	Kein Umfüllen oder Entnehmen aus den Gebinden. Tageslager, in denen Gebinde geöffnet werden, siehe Nr. 2.	E 1.3.4.1 *)	keine	keine
2	Beschicken der Anlage im Raum				
2.1	Pasten	Manuelles Entleeren von Fässern und Säcken. Bildung von Staubablagerungen aus getrockneter Paste durch regelmäßige Reinigung vermieden.	E 1.5	keine	keine
2.2	Pellets	Manuelles und mechanisches Entleeren von Fässern und Säcken. Kurzzeitiges Bilden von g.e.A. im Nahbereich trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.	E 1.3.2.3 E 1.5	Zone 22: Im Umkreis von 3 m	keine
2.3	Pulver	Mechanisches Entleeren von Fässern mit Kippvorrichtung. Gelegentliches Bilden von g.e.A. trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.	E 1.3.2.3 E 1.5	Zone 21: Gesamter Raum, da nur kleine Räume	keine
3	Bereitstellen zum Dosieren (z.B. Silos)	Nur für den Tagesbedarf zulässig.			
3.1	Pasten				

*) nach BGR 104 (siehe Anhang 2)

3.1.1	Innerhalb	Geringe Wasserstoffentwicklung bei Pasten auf Wasserbasis möglich. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam entlüftet.	E 1.3.4.1	keine	keine
3.1.2	Außerhalb	Pastenaustritt nur in geringem Umfang möglich. Bildung von Staubablagerungen durch regelmäßige Reinigung vermieden.	E 1.3.2 E 1.5	keine	keine
3.2	Pellets				
3.2.1	Innerhalb	Keine mechanische Beanspruchung durch Rührwerke. Kurzzeitiges Bilden von g.e.A. trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.	keine	Zone 22	keine
3.2.2	Außerhalb	Staubaustritt nur in geringem Umfang möglich. Bildung von Staubablagerungen durch regelmäßige Reinigung vermieden.	E 1.5	keine	keine
3.3	Pulver				
3.3.1	Innerhalb	a) G.e.A. wird durch Inertisierung sicher verhindert (redundante Überwachung der Sauerstoffkonzentration). b) Geschlossene Apparatur. G.e.A. tritt nur gelegentlich bei der Befüllung auf. Vermeiden wirksamer Zündquellen durch funkenarme Werkstoffpaarung. Umfangsgeschwindigkeit der Rührwerke $v \leq 1$ m/s und Antriebsleistung < 1 kW oder kein Rührwerk. c) Bildung von g.e.A. betriebsmäßig häufig zu erwarten. Wirksame Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden.	E 1.2.2	keine	keine
			keine	Zone 21	keine
			keine	Zone 20	E 3.1 für p_{\max} und E 3.4 oder E 3.1 für p_{req} mit E 3.2 und E 3.4

3.3.2	Außerhalb	<p>a) Durch tägliche Reinigung in Verbindung mit zusätzlicher Reinigung nach Bedarf (verschüttetes Material) werden Staubablagerungen vermieden.</p> <p>b) Kurzzeitiges Bilden von g.e.A. trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.</p> <p>c) Gelegentliches Bilden von g.e.A. durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.</p>	E 1.5	keine	keine
			E 1.5	Zone 22: Gesamter Raum, da nur kleine Räume	keine
			E 1.5	Zone 21: Gesamter Raum, da nur kleine Räume	keine
4	Anlagen zum Fördern				
4.1	Pneumatisch	Pneumatische Förderung nur mit Inertisierung zulässig.			
4.1.1	Innerhalb	G.e.A. wird durch Inertisierung sicher verhindert (redundante Überwachung der Sauerstoffkonzentration).	E 1.2.2	keine	keine
4.1.2	Außerhalb	a) Bei betriebsüblichen Störungen g.e.A. durch Staubaustritt normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig möglich. b) Gelegentliches Bilden von g.e.A. trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.	E 1.3.2 E 1.5	Zone 22: Gesamter Raum	keine
4.2	Mechanisch	z.B. Schneckenförderer	E 1.3.2 E 1.5	Zone 21: Gesamter Raum	keine
4.2.1	Pasten				

4.2.1.1	Innerhalb	G.e.A. betriebsmäßig nicht zu erwarten. Vermeiden wirksamer Zündquellen durch funkenarme Werkstoffpaarung. Überwachung der Dosierdauer und Temperatur. Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke $v \leq 1$ m/s und Antriebsleistung < 1 kW.	keine	keine	keine
4.2.1.2	Außerhalb	a) Bildung von Staubablagerungen aus getrockneter Paste durch regelmäßige Reinigung vermieden. b) Bildung von Staubablagerungen durch Austrocknung ausgetretener Paste. Kurzzeitiges Bilden von g.e.A. trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.	E 1.3.2 E 1.5	keine	keine
4.2.2	Pellets				
4.2.2.1	Innerhalb	Staubbildung durch Abrieb der Pellets. G.e.A. normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig zu erwarten. Überwachung der Dosierdauer, um unnötige Staubbildung auszuschließen. Vermeiden von wirksamen Zündquellen durch funkenarme Werkstoffpaarung und Überwachung der Temperatur. Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke $v \leq 1$ m/s und Antriebsleistung < 1 kW. Keine innen liegenden Lager.	keine	Zone 22	keine
4.2.2.2	Außerhalb	a) Bildung von Staubablagerungen durch regelmäßige Reinigung vermieden. b) Kurzzeitiges Bilden von g.e.A. durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.	E 1.3.2 E 1.5	keine	keine
4.2.3	Pulver				
4.2.3.1	Innerhalb	a) G.e.A. wird durch Inertisierung sicher verhin-	E 1.2.2	keine	keine

		dert (redundante Überwachung der Sauerstoffkonzentration).				
		b) G.e.A. tritt nur gelegentlich beim An- und Abfahren auf, z.B. Stopfschnecke. Vermeiden wirksamer Zündquellen durch funkenarme Werkstoffpaarung, Überwachung der Dosierdauer und Temperatur. Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke $v \leq 1$ m/s und Antriebsleistung < 1 kW. Keine innen liegenden Lager.	keine	Zone 21	keine	
		c) Bildung von g.e.A. betriebsmäßig häufig zu erwarten. Zündquellen können nicht vollständig vermieden werden.	keine	Zone 20	E 3.1 für p_{max} und E 3.4 oder E 3.1 für p_{red} mit E 3.2 und E 3.4	
4.2.3.2	Außerhalb	Kurzzeitiges Bilden von g.e.A. trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.	E 1.5	Zone 22: Gesamter Raum, da nur kleine Räume	keine	
5	Filternde Abscheider in Verbindung mit 4.1					
5.1	Innerhalb	G.e.A. wird durch Inertisierung sicher verhindert (redundante Überwachung der Sauerstoffkonzentration).	E 1.2.2	keine	keine	
5.2	Außerhalb	a) Bei betriebsüblichen Störungen Staubaustritt möglich. Gelegentliches Bilden von g.e.A. trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.	E 1.3.2 E 1.5	Zone 22: Gesamter Raum	keine	
		b) Gelegentliches Bilden von g.e.A. trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich.	E 1.3.2 E 1.5	Zone 21: Gesamter	keine	

		geraten Staubes möglich.		Raum	
6	Dispergieren in Wasser	Aluminium reagiert mit Wasser unter Bildung von Wasserstoff.			
6.1	Pasten				
6.1.1	Innerhalb	Es kommt nur zu einer sehr geringen Freisetzung von Wasserstoff. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam entlüftet.	E 1.3.4.1	keine	keine
6.1.2	Außerhalb	Bildung von Staubablagerungen aus verschütteter Dispersion durch regelmäßige Reinigung vermieden. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam entlüftet.	E 1.3.4.1 E 1.5	keine	keine
6.2	Pellets				
6.2.1	Innerhalb	Geringe Staubentwicklung durch Abrieb. G.e.A. durch Staub tritt beim Befüllen nur kurzzeitig auf. Es kommt nur zu einer geringen Freisetzung von Wasserstoff. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam entlüftet.	E 1.3.4.1	Zone 22	keine
6.2.2	Außerhalb	a) Mit Ausnahme der Abströmöffnung für Wasserstoff technisch dichte Apparatur. Es kommt nur zu einer geringen Freisetzung von Wasserstoff. Bildung von Staubablagerungen durch regelmäßige Reinigung vermieden. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam entlüftet. b) Kurzzeitiges Bilden von g.e.A. im Nahbereich durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam entlüftet.	E 1.3.2.2 E 1.3.4.1 E 1.5 E 1.3.2 E 1.3.4.1 E 1.5	keine	keine
			E 1.3.2 E 1.3.4.1 E 1.5	Zone 22: Im Nahbereich der Einfüllstelle	keine

6.3	Pulver	Dosierung automatisch über geschlossenes System.				
6.3.1	Innerhalb	<p>a) G.e.A. wird durch Inertisierung sicher verhindert (redundante Überwachung der Sauerstoffkonzentration).</p> <p>b) G.e.A. durch Staub tritt nur gelegentlich wegen geringer Fallhöhen, geringer Mengen und chargenweiser Aluminiumzugabe in Wasseranlage auf. Vermeiden von wirksamen Zündquellen durch funkenarme Werkstoffpaarung, Überwachung der Dosierdauer und Temperatur. Umfangsgeschwindigkeit der Rührwerke $v \leq 1$ m/s und Antriebsleistung < 1 kW oder kein Rührwerk. G.e.A. durch Wasserstoff tritt wegen wirksamer Lüftung normalerweise nicht oder nur kurzzeitig auf.</p>	E 1.2.2	keine	keine	keine
			E 1.3.4.1	Zone 2/ Zone 21		
		<p>c) Bildung von g.e.A. durch Staub betriebsmäßig häufig zu erwarten. G.e.A. durch Wasserstoff tritt gelegentlich auf. Zündquellenvermeidung kann nicht vollständig erfolgen.</p>	keine	Zone 1 / Zone 20	E 3.1 für P_{max} und E 3.4 oder E 3.1 für P_{red} mit E 3.2 und E 3.4	
6.3.2	Außerhalb	<p>a) Mit Ausnahme der Abströmöffnung für Wasserstoff technisch dichte Apparatur. Durch tägliche Reinigung in Verbindung mit zusätzlicher Reinigung nach Bedarf (verschüttetes Material) werden Staubablagerungen vermieden. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam entlüftet.</p> <p>b) Kurzzeitiges Bilden von g.e.A. durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam ent-</p>	E 1.3.2.2 E 1.3.4.1 E 1.5	keine	keine	
			E 1.3.2 E 1.3.4.1 E 1.5	Zone 22: Gesamter Raum, da nur kleine	keine	

			lüftet.			Räume	
6.4	Pulver		Dosierung über offenes System.				
6.4.1	Innerhalb		Bildung von g.e.A. durch Staub betriebsmäßig häufig zu erwarten. Zündquellenvermeidung kann nicht vollständig erfolgen. G.e.A. durch Wasserstoff tritt gelegentlich auf.	keine	Zone 1 / Zone 20	keine	
6.4.2	Außerhalb		Gelegentliches Bilden von g.e.A. im Nahbereich wegen betriebsbedingter Öffnungen trotz regelmäßiger Reinigung durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes möglich. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam entlüftet.	E 1.3.2.3 E 1.3.4.1 E 1.5	Zone 21: Im Nahbereich Zone 22: Gesamter Raum	keine	
7	Fördern der Aluminium-Wasser-Suspension		Aluminium reagiert mit Wasser unter Bildung von Wasserstoff.				
7.1	Innerhalb		a) Leitung ist ständig und vollständig mit Suspension gefüllt. Bildung von g.e.A. nicht zu erwarten. Sämtliche Anlagenteile sind am höchsten Punkt wirksam entlüftet.	E 1.3.4.1	keine	keine	
			b) Nicht ständige Füllung der Leitung. Bildung von g.e.A. normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig zu erwarten.	E 1.3.4.1	Zone 2	keine	
7.2	Außerhalb		Staubaustritt nur in geringem Umfang möglich. Bildung von Staubablagerungen durch regelmäßige Reinigung vermieden.	E 1.3.4.1 E 1.5	keine	keine	
8	Entstaubungstechnik mit Nassabscheider (Objektabsaugung)		Staubablagerungen in Rohrleitungen werden durch einwandfreie Leitungsführungen und ausreichende Strömungsgeschwindigkeiten (im Allgemeinen > 25 m/s) vermieden. Ventilatoren auf der Reinluftseite. Der Nassabscheider muss für Alu-				

		minium geeignet sein. Aufstellungsort im Freien. Siehe auch BGR 109.			
8.1	Innerhalb	G.e.A. betriebsmäßig nicht zu erwarten.		keine	keine
8.2	Außerhalb	Staubaustritt nur in geringem Umfang möglich. Bildung von Staubablagerungen durch regelmäßige Reinigung vermieden.	E 1.5	keine	keine
9	Ergänzende Bemerkung: Zum Einsatz von Staubsaugern siehe Anhang 3				

5 Anforderungen an Räume

5.1 Allgemeine Anforderungen

5.1.1 Die Räume müssen natürlich oder technisch belüftet sein. Es muss sichergestellt sein, dass eventuell auftretender Wasserstoff möglichst schnell ins Freie geführt wird. Wasserstoff ist leichter als Luft. Die Entlüftung sollte möglichst an der höchsten Stelle des Raumes installiert sein. Gleichzeitig sollen damit die Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse in den Räumen reguliert werden.

Siehe Abschnitt E 1.3.4 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).

5.1.2 Fußböden und Wände der Räume sollten glatt erstellt werden, Fugen sind zu vermeiden. Ablagerungsflächen für Staub, z.B. durch Balken oder Fensterbänke, sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Abschrägungen von 60 Grad zur Waagerechten sowie eine Hohlkehle im Übergang von Wänden zum Fußboden haben sich bewährt.

Siehe Abschnitte D 2.2, D 2.3 Buchstabe b) und E 1.5 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).

Anmerkung:

Abschnitt D 2.3 Buchstabe b) (dritter Aufzählungspunkt) der BGR 104 lautet: „Bei den meisten brennbaren Stäuben reicht bereits eine gleichmäßig über die gesamte Bodenfläche verteilte Staubablagerung von weniger als 1 mm Schichtdicke aus, um beim Aufwirbeln einen Raum normaler Höhe mit explosionsfähigem Staub/Luft-Gemisch vollständig auszufüllen.“

5.1.3 Die Räume sollten abschließbar sein. Es soll damit verhindert werden, dass unbefugte Personen in diese Räume gelangen können.

Siehe Abschnitt 2.4 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung.

5.1.4 Der innere und äußere Blitzschutz ist zu beachten. Zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen sind alle metallischen Bauteile untereinander leitend zu verbinden und zu erden.

Siehe Abschnitt 3.5 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung, Abschnitt E

2.3.6 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104) und DIN EN 60079-14 (VDE 0165 Teil 1) „Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche; Teil 14: Elektrische Anlagen für gefährdete Bereiche (ausgenommen Grubenbaue)“.

5.1.5 Die Räume sind grundsätzlich als feuergefährliche und gegebenenfalls als explosionsgefährdete Räume zu kennzeichnen (siehe auch Zoneneinteilung in Abschnitt 4).

Siehe Abschnitt 2.3 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung und Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ (BGR A8), Warnzeichen W 01 „Warnung vor feuergefährlichen Stoffen“ und W 21 „Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre“.

5.1.6 In den Räumen sollten keine Abflüsse in die Kanalisation vorhanden sein. Mit dieser Maßnahme soll sichergestellt werden, dass kein Aluminiumpulver in die Kanalisation gelangen kann und somit dort keine unkontrollierten Wasserstoffmengen entstehen können.

5.1.7 Staubablagerungen und -aufwirbelungen sind zu vermeiden.

5.1.8 In den Räumen sollten keine Lüfterhitzer eingesetzt werden. Heizkörper müssen leicht zu reinigen sein.

Siehe Abschnitt E 1.1 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).

5.1.9 Von Räumen, in denen Aluminium gelagert oder verarbeitet wird, sollte Nässe ferngehalten werden. Beim Kontakt von Aluminium mit Wasser entsteht Wasserstoff.

5.2 Zusätzliche Anforderungen an Lager- und Bereitstellungsräume

5.2.1 Räume, in denen Aluminium in Form von Pulver, Pellets oder Pasten gelagert oder bereitgestellt wird, sollten von den übrigen Betriebsräumen in mindestens feuerbeständiger Bauweise (F 90) nach DIN 4102-4 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile

und Sonderbauteile“ abgetrennt sein. Die Räume sind außerdem so anzuordnen, dass Brände oder Explosionen die Umgebung nicht gefährden. Die feuerbeständige Bauweise und Abtrennung der Räume ist notwendig, damit im Falle eines Brandes dieser nicht auf die Nachbarräume übergreifen kann.

Siehe Abschnitt 3.3 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung und Abschnitt E 1.3.1 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).

- 5.2.2 Auch wenn keine EX-Schutz-Zone vorliegt wird empfohlen, die elektrische Ausrüstung, z.B. auch die Beleuchtung und Belüftung, so auszuführen, dass sie den Anforderungen nach Zonen 2 und 22 entspricht.

5.3 Zusätzliche Anforderungen an Verarbeitungsräume

- 5.3.1 Verarbeitungsräume für Aluminium sollten eine in ungefährliche Richtung weisende Explosionsdruckentlastungsfläche haben. Bei der Dimensionierung der Explosionsdruckentlastungsfläche ist nach Abschnitt 7.2 der VDI-Richtlinie 3673 zu verfahren. Als ausreichend wird eine Explosionsdruckentlastungsfläche dann angesehen, wenn ihre Größe mindestens 1/6 der gesamten Wandfläche beträgt. Die Druckentlastungsfläche sollte möglichst bei geringen Drücken ansprechen; sie muss bei höchstens 10 kN/m² angesprochen haben. Die restlichen Raumbegrenzungsflächen müssen einem Überdruck von mindestens 20 kN/m² standhalten.

Siehe Abschnitt 3.3 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung und Abschnitt 3.2 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).

- 5.3.2 Die Forderung nach Abschnitt 5.3.1 gilt nicht für Räume, in denen Aluminiumpaste verarbeitet wird (Verarbeitungsräume, in denen z.B. Paste dosiert oder dispergiert wird), wenn die Anforderungen nach Abschnitt 4, insbesondere die Nummern 3.1, 4.2.1 und 6.1, eingehalten werden.

- 5.3.3 Falls sich im Raum inertisierte Anlagen befinden, sollte sichergestellt sein, dass eine ausreichende Lüftung gewährleistet ist. Dies gilt auch für den Fall eines Stromausfalls. Eine natürliche Lüftung ist daher zu bevorzugen. Durch diese Maßnahme soll der Erstickungsgefahr vorgebeugt werden.

- 5.3.4 Die Zugangstüren zu Verarbeitungsräumen müssen den Anforderungen entsprechen, die an die Wand, in der sie sich befinden, zu stellen sind. Türen sollten nicht in andere Betriebsräume aufschlagen. Bei Türen, die ins Freie führen, ist mindestens eine als Fluchttür auszubilden.

Siehe Abschnitt 3.6 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung.

6 Auswahl geeigneter Anlagen, Geräte und Werkzeuge

6.1 Allgemeine Anforderungen

- 6.1.1 Im Inneren und außerhalb von Anlagen für die Verwendung von Aluminium gelten die Zoneneinteilungen (nach der Betriebssicherheitsverordnung für explosionsgefährdete Bereiche), die in Abschnitt 4 aufgeführt sind. **Die Zoneneinteilung gilt nur für die im Abschnitt 4 genannten Bedingungen. Bei abweichenden Bedingungen muss die Zoneneinteilung neu festgelegt werden.**

- 6.1.2 Maschinelle Einrichtungen, Geräte und Werkzeuge sind so auszuwählen, dass Zündgefahr vermieden wird. Hierzu ist es erforderlich, dass Werkstoffpaarungen für Mischpropeller, Mischflügel, Förderschnecken und ähnliche Einrichtungen sowie Werkzeuge aus funkenarmen Material erstellt werden. Übliche Werkstoffpaarungen sind Messing – Edelstahl oder Edelstahl – Edelstahl.

- 6.1.3 Bei Schnecken, Zellradschleusen und ähnlichem sind schnell rotierende Teile

- zu vermeiden. Es sollte eingehalten werden:
 Umfangsgeschwindigkeit ≤ 1 m/s
 Antriebsleistung < 1 kW
Siehe Abschnitte E 1.3.1, E 1.3.2, E 2.3.3 und Abschnitt 3.3.3.2 der Beispielsammlung der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).
- 6.1.4 Maschinelle Einrichtungen müssen innerhalb und außerhalb der Verarbeitungs- und Bereitstellungsräume mit mindestens einer Notbefehlseinrichtung (Not-Aus-Schalter) versehen sein, mit der gefahrbringende Bewegungen oder Prozesse möglichst schnell stillgesetzt werden, ohne zusätzliche Gefährdungen zu erzeugen.
Siehe Abschnitt 2.4 des Anhanges 1 der Betriebssicherheitsverordnung.
- 6.1.5 Staubfilteranlagen sollten nur unter Inertisierung betrieben werden. Erfahrungsgemäß sind Filteranlagen immer wieder der Ausgangspunkt von Bränden und Explosionen gewesen. Es sind deshalb Anlagen anzustreben, bei denen Staubfilter überflüssig sind. Atemöffnungen mit Tuchmembranen und einfache Staubsäcke zählen nicht zu den Staubfilteranlagen. Der direkte Rückfall des abgeschiedenen Staubes in die Anlage muss dabei gewährleistet sein.
- 6.1.6 Bei inertisierten Anlagen muss die Schutzgasabdeckung kontinuierlich überwacht werden. Die hierzu installierten Einrichtungen müssen mit redundanter Überwachung der Sauerstoffkonzentration ausgeführt sein.
- 6.1.7 Es ist zu beachten, dass alle leitfähigen Teile von maschinellen Einrichtungen untereinander und mit den metallischen Bauwerkteilen leitend verbunden und geerdet sind. Die Liefergebände sind in diese Maßnahmen mit einzubeziehen.
Siehe Abschnitt 3.3 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung und Abschnitt 3.1.1 der BG-Regel „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“ (BGR 132).
- 6.1.8 Dispergieranlagen müssen so gebaut werden, dass Anbackungen vermieden werden. Sie müssen sich leicht reinigen lassen. Die Wasserzugabe sollte so erfolgen, dass die Bildung von Aluminiumpulver- oder Aluminiumhydroxid-Schichten an den Wandungen verhindert wird. Dies kann erreicht werden, wenn die Wasserzugabe durch eine Ringleitung mit gegen die Wandung gerichteten Düsen erfolgt.
- 6.1.9 Dispergieranlagen müssen mit Einrichtungen versehen sein, mit denen eine Anreicherung von Wasserstoff in der Apparatur sicher verhindert oder beseitigt werden kann. Entgasungsöffnungen müssen an allen Stellen sein, an denen sich sonst Anreicherungen von Wasserstoff (Gasdome) bilden können. Abgasstutzen müssen stetig nach oben ins Freie führen. Sie müssen ausreichend groß bemessen sein.
Siehe Abschnitt E 1.3.4 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).
- 6.1.10 Bei Dispergierbehältern, die eine Dispersion für jede Charge erstellen, ist bei Nichtabforderung der Dispersion sicherzustellen, dass zeitnah eine Zwangsentleerung erfolgt. Dies ist auch bei einem Stromausfall zu gewährleisten. Damit wird vermieden, dass das Aluminium nicht unter Wasserstoffbildung und hoher Wärmeentwicklung abreagiert.
Siehe Abschnitt 3.3 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung.
- 6.1.11 Für Dispergierbehälter, die nicht sofort vollständig entleert werden, z.B. für Tagesansätze, gilt:
- 6.1.11.1 Die Dispersion ist ständig in Bewegung zu halten. Dies kann z.B. durch ein Rührwerk erfolgen.
- 6.1.11.2 Die Temperatur im Dispergierbehälter ist kontinuierlich zu messen. Bei einem deutlichen Temperaturanstieg innerhalb kürzester Zeit ist ein Alarm auszulösen.

- 6.1.11.3 Der Dispergierbehälter sollte mit einer Einrichtung versehen sein, die es ermöglicht, bei Temperaturerhöhung durch Zugabe von kaltem Wasser die Reaktionsgeschwindigkeit deutlich zu vermindern oder sogar zu stoppen. Eine notwendige Schnellentleerung kann dann gefahrlos erfolgen.
- 6.1.11.4 Der Dispergierbehälter sollte mit einer wirksamen Kühleinrichtung ausgerüstet sein. Eine Temperatur der Dispersion von $< 15^{\circ}\text{C}$ ist anzustreben. Höhere Temperaturen können nach Rücksprache mit dem Lieferanten vertretbar sein. Die Kühlwirkung sollte auch bei Energieausfall weiterhin wirksam bleiben. Die Kühlwirkung kann z.B. durch Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung aufrecht erhalten werden.
- 6.1.11.5 Der Dispergierbehälter sollte so ausgerüstet sein, dass er bei einer unzulässigen Temperaturerhöhung schnell entleert werden kann. Die Entleerung muss ins Freie, z.B. in eine offene Grube, erfolgen. Die schnelle Entleerung sollte auch bei einem Stromausfall gewährleistet sein. Die Schnellentleerung muss im freien Auslauf erfolgen.
- 6.1.11.6 Bei der Entleerung von Dispergierbehältern, auch beim Ablassen ins Freie, und bei Schnellentleerung, muss sichergestellt sein, dass sich kein Wasserstoff ansammeln kann. Dies gilt auch für Bereiche, in die die Dispersion abgelassen wird.
- 6.1.11.7 Es ist sicherzustellen, dass in keinem Falle Kalk- bzw. Zementstaub oder andere pH-Wert verändernde Stoffe in die Dispergieranlagen gelangen können. Das Eindringen von Kalk bzw. Zement in die Dispergieranlagen beschleunigt die Entwicklung von Wasserstoff.
- 6.2 Zusätzliche Anforderungen an maschinelle Einrichtungen zur Verarbeitung von Aluminiumpulver**
- 6.2.1 Maschinelle Einrichtungen sind möglichst staubdicht auszuführen.
Siehe Abschnitt E 1.3 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).
- 6.2.2 Vorratsbehälter sollten nur in Verbindung mit automatischen Wiegeanlagen betrieben werden. Es soll damit verhindert werden, dass sich Personen während des Betriebes im gefährdeten Bereich aufhalten müssen, da zu diesem Zeitpunkt die Explosionsgefahr am größten ist.
Siehe Abschnitt 3.3 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung.
- 6.2.3 Das Fassungsvermögen der Vorratsbehälter darf einen Tagesbedarf nicht überschreiten.
Siehe § 3 der Arbeitsstättenverordnung.
- 6.2.4 Zum Beseitigen von Brückenbildungen des Materials in den Vorratsbehältern sind geeignete Einrichtungen zu installieren. Geeignete Einrichtungen sind mechanisch wirkende Geräte wie langsam laufende Rührwerke oder ähnliche Einrichtungen (Außenrüttler).
Siehe Abschnitt 3.3 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung.
- 6.2.5 Gebindeentleerungseinrichtungen müssen so gestaltet sein, dass die Gebindeentleerung möglichst staubfrei erfolgt.
Siehe Abschnitt E 1.3.2 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).
- 6.2.6 Eine stetige, vollständige Gebindeentleerung muss durch geeignete Einrichtungen gewährleistet sein.
- 6.2.7 Die Gebindeentleerungseinrichtungen sollten so gestaltet sein, dass sie nur durch Fernbetätigung von einem außerhalb des Verarbeitungsraumes gelegenen Ort gesteuert werden können.
Siehe Abschnitt 3.6 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung.

- 6.2.8 Bei Automatikbetrieb ist eine gefahrlose visuelle Beobachtung von außen zu ermöglichen. Dabei muss die Anlage so geschaltet sein, dass sie beim Öffnen der Tür zwangsläufig stillgesetzt wird.
Siehe Abschnitt E 3.2 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).
- 6.2.9 Es müssen Einrichtungen vorhanden sein, welche das zu entleerende Liefergebilde sicher erden.
Siehe Abschnitt E 2.3.6 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).
- 6.2.10 Geräte für den Transport, z.B. Flurförderzeuge, Hebezeuge, von Gebinden müssen Einrichtungen haben, die einen sicheren Transport gewährleisten. Zur Verringerung der Gefahr des Auslaufens von Aluminiumpulver und des Eindringens von Wasser, z.B. Regen, sollten die Gebinde stehend und abgedeckt transportiert werden können.
- 6.2.11 Beim Transport von Aluminiumpulver mit Stetigförderern muss eine unzulässige Erwärmung des Pulvers vermieden sein. Dies kann dadurch erreicht werden, dass Stetigförderer so eingerichtet sind, dass während des Transportes nur eine geringe Beanspruchung auftritt, durch die keine frischen Aluminiumpulveroberflächen geschaffen werden können.
Als Stetigförderer sollten möglichst nur horizontale Förderschnecken eingesetzt werden. Die Lager sollten gegen Staubeintritt gesichert sein, z.B. durch außenliegende Lager mit einem gewissen Abstand von der Schnecke. Die Temperatur und die Dosierdauer ist zu überwachen. Werkstoffpaarung, Umfangsgeschwindigkeit und Antriebsleistung siehe Abschnitte 6.1.2 und 6.1.3.
Becherwerke oder ähnliche Einrichtungen sind nicht geeignet.
Siehe Abschnitt 3.3.3.2 der Beispielsammlung der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).
- 6.2.12 Damit sich bei einer pneumatischen Förderung kein explosionsfähiges

Gemisch bilden kann, ist sie nur unter Inertisierung zulässig. Stickstoff hat sich bewährt; Kohlendioxid ist nicht geeignet.

Siehe Abschnitt E 1.2.2 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).

7 Organisatorische Maßnahmen

- 7.1 Der Arbeitgeber hat eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen.
Siehe § 5 Arbeitsschutzgesetz und § 3 der Betriebssicherheitsverordnung.
- 7.2 Der Arbeitgeber hat, wenn sich aus der Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorliegen kann, ein Explosionsschutzdokument zu erstellen.
Siehe § 6 der Betriebssicherheitsverordnung und Abschnitt 6 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).
- 7.3 Der Arbeitgeber hat besondere Betriebsanweisungen über den Umgang mit Aluminium in Form von Pulver, Pellets oder Pasten aufzustellen.
Siehe Abschnitt 2.2 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung.
- 7.4 Der Arbeitgeber hat die Beschäftigten über den sicheren Umgang mit Aluminiumpulver, -pellets und -pasten zu unterweisen. Die Unterweisung ist nach Bedarf, mindestens aber einmal jährlich, zu wiederholen. Dazu gehört auch eine Unterweisung über das Verhalten bei Alarm wegen unzulässiger Temperaturerhöhung, bei Bränden oder nach Explosionen. Die Unterweisung ist vom Beschäftigten schriftlich zu bestätigen.
Siehe Abschnitt 2.1 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung und § 4 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1).
- 7.5 Der Arbeitgeber darf für Arbeiten mit Aluminiumpulver, -pellets und -pasten nur zuverlässige, besonders unterwiesene Personen beauftragen.

7.6 Die Arbeitsverfahren sind so einzurichten, dass die Dauer des Aufenthalts des Bedienungspersonals in den Lager-, Bereitstellungs- und Verarbeitungsräumen so kurz wie möglich gehalten wird.

7.7 Beim Umgang mit offenen Gebinden mit Aluminiumpulver und für spezielle Tätigkeiten, z.B. Reparatur- und Reinigungsarbeiten, Entsorgung von Kehrichtabfall, Umgang mit unter Druck stehenden Fässern, sind geeignete persönliche Schutzausrüstungen, z.B. Atemschutz (Staubmaske P 2) und Schutzkleidung, zur Verfügung zu stellen und zu benutzen. Schutzkleidung aus schwer entflammaren Materialien nach DIN EN 531 „Schutzkleidung für hitzeexponierte Arbeiter“ und DIN EN 533 „Schutzkleidung; Schutz gegen Hitze und Flammen; Materialien und Materialkombinationen mit begrenzter Flammenausbreitung“ oder Baumwollkleidung aus Zwirnpiloz mit einem Mindestflächengewicht von 360 g/m² hat sich bewährt. Die Schutzkleidung ist regelmäßig zu reinigen, da sie im ungereinigten Zustand keinen hinreichenden Schutz vor Brandverletzungen durch die Entflammbarkeit des Stoffes bietet. Wird speziell behandelte Schutzkleidung zur Verfügung gestellt, ist diese entsprechend der Herstellerangaben zu behandeln.

8 Betrieb

8.1 Lagerung und Verarbeitung von Aluminiumpulver, -pellets und -pasten sollten nicht im gleichen Raum erfolgen. Die Forderung nach getrennten Räumen wird erhoben, damit in den Verarbeitungsräumen, in denen sich regelmäßig Personen aufhalten müssen, die vorhandene Aluminiummenge möglichst gering gehalten werden kann.

8.2 In Bereitstellungs- und Verarbeitungsräumen sollte nur so viel Aluminium in Form von Pulver, Pellets oder Paste

vorrätig gehalten werden, wie am gleichen Tag verbraucht wird. Es ist anzustreben, dass der Tagesbedarf nicht im Verarbeitungsraum, sondern in einem separaten Raum gelagert wird.

8.3 Leergebinde sollten in Arbeitsräumen nicht aufbewahrt werden. Sie sind in besonderen Lagerräumen oder auf überdachten Lagerplätzen trocken zu lagern. Die Leergebinde müssen geschlossen sein.

Siehe Abschnitt E 1.1 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).

8.4 Volle Gebinde sollten nur in maximal zwei Lagen übereinander gestapelt werden. Es ist anzustreben, dass sie höchstens in Doppelreihen abgestellt werden, zwischen denen eine Gangbreite von mindestens 1,5 Meter einzuhalten ist.

8.5 Zündquellen, wie das Rauchen, sowie die Verwendung von offenem Feuer oder offenem Licht sind in Bereitstellungs- und Verarbeitungsräumen nicht gestattet. In Verarbeitungsräumen ist zusätzlich das Mitführen von Handys, Telefonen, Funk- und ähnlichen Geräten nicht gestattet. Ausnahmen sind explosionsgeschützte Geräte.

Siehe Abschnitt 2.4 des Anhangs 4 der Betriebssicherheitsverordnung.

8.6 Arbeiten in Lager- Bereitstellungs- und Verarbeitungsräumen, z.B. Reparatur- und Wartungsarbeiten, insbesondere aber Schweißarbeiten, Brennarbeiten und Arbeiten mit offenen Flammen, dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Betriebsleiters oder seines Beauftragten durchgeführt werden. Absprachen zwischen Bedienungspersonal und Handwerkern sind notwendig. Vor Beginn der Arbeiten ist eine Arbeitsfreigabe durch die verantwortliche Person zu erteilen.

Bei der Genehmigung ist unter anderem zu berücksichtigen:

- Reinigung der Anlage,
- Bereitstellung von Löschmitteln,
- Bereitstellung von Abdeckungen,

- Verschließen von Öffnungen,
 - Stellung einer fachkundigen Aufsicht während der Arbeiten,
 - Nachkontrolle der Arbeiten.
- Diese Anordnungen sind durch Anschlag an den Zugangstüren bekannt zu geben.
- Siehe Abschnitt 2.2 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung.*
- 8.7 Unbefugten ist das Betreten der Lager- und Verarbeitungsräume zu verbieten. Das Verbot ist durch Anschlag an den Zugangstüren bekannt zu geben. Die Räume sind stets verschlossen zu halten.
- Siehe Abschnitt 2.2 des Anhanges 4 der Betriebssicherheitsverordnung.*
- 8.8 Es ist eine regelmäßige Reinigung der Räume und Betriebseinrichtungen vorzunehmen. Dazu ist ein Reinigungsplan zu erstellen (wer reinigt, was wird gereinigt, wo wird gereinigt, wie wird gereinigt und wann wird gereinigt). Verschüttetes Aluminiumpulver, -pellets oder -paste ist sofort zu entfernen. Zur Reinigung haben sich Besen und Kehrschaufel bewährt.
- Siehe Abschnitt E 1.1 der „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).*
- 8.9 Staubsauger dürfen grundsätzlich nicht eingesetzt werden. Von diesem Grundsatz kann abgewichen werden, wenn sie für die entsprechende Zone eine Zulassung besitzen und mit einem Nassabscheider betrieben werden. Es wird empfohlen, das „Merkblatt über sicherheitstechnische Anforderungen beim Einsatz von Industriestaubsaugern in Bereichen mit Aluminiumpulver“, herausgegeben von der Edel- und Unedelmetall-Berufsgenossenschaft, jetzt Berufsgenossenschaft Metall Süd (siehe Anhang 3), zu beachten.
- 8.10 Es muss sichergestellt sein, dass beim Dispergieren Aluminium in eine Waservorlage eingebracht wird.
- 8.11 Der Betrieb ist so einzurichten, dass bei Chargendispergierbehältern keine Aluminium-Wasser-Dispersion über längere Zeit aufbewahrt wird. Andernfalls kommt es zu einer unkontrollierten Bildung von Wasserstoff.
- 8.12 Vor Produktionsaufnahme und nach Produktionsende sowie vor und nach längeren Betriebspausen sollte der Chargendispergierbehälter mit Wasser gespült werden.
- 8.13 Das zum Spülen und Reinigen der Dispergier- und Dosieranlagen benutzte Wasser darf nicht über längere Zeit in den Dispergierbehältern verbleiben, wenn keine ausreichende Lüftung vorhanden ist.
(Beim Reagieren von 1 g Aluminium im Wasser entsteht ca. 1 l Wasserstoff. Somit ist es möglich, dass sich in längeren Betriebspausen Wasserstoff im Behälter ansammelt.)
- 8.14 Gebinde mit Aluminiumpulver dürfen nicht gewaltsam geöffnet werden. Es besteht die Gefahr des unkontrollierten Austritts von Aluminiumpulver mit Explosionsgefahr.
- 8.15 Gebinde, die erwärmt sind und/oder unter Druck stehen (gewölbte Deckel oder Böden), dürfen grundsätzlich nur von besonders qualifizierten und beauftragten Personen unter Benutzung der vorgeschriebenen persönlichen Schutzausrüstung gehandelt und geöffnet werden. Es besteht die Gefahr des unkontrollierten Austritts von Aluminiumpulver mit Explosionsgefahr.
- 8.16 Beim Umgang mit Aluminiumpulver ist darauf zu achten, dass Staubaufwirbelung vermieden wird.
- 8.17 Bei Arbeiten in Lager-, Bereitstellungs- und Verarbeitungsräumen ist nur das dafür bereitgestellte funkenarme Werkzeug zu benutzen. Das Werkzeug ist sauber zu halten. Beispiele für funkenarmes Werkzeug siehe auch Abschnitt 6.1.2.

- 8.18 Beim Transport von Gebinden mit Aluminiumpulver und von Leergut ist darauf zu achten, dass die Verschlüsse der Fässer gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert sind.
- 8.19 Beim vertikalen Transport von Aluminiumpulvergebinden sind die dafür vorgesehenen Anschlagmittel zu benutzen. Die Öffnung des Gebindes muss dabei nach oben gerichtet sein.
- 8.20 Vor dem Entleeren von Aluminiumpulvergebinden sind diese mit den Erdungsklemmen zu verbinden.
- 8.21 Jede Störung ist sofort dem Vorgesetzten zu melden. Bei Gefahr ist sofort Alarm zu geben.
- 8.22 Gebinde mit nicht mehr benötigtem Aluminiumpulver, -pellets oder -pasten, z.B. aus Versuchen, sind bestimmungsgemäß zu entsorgen oder dem Lieferanten zurückzugeben.

9 Beseitigung von Aluminiumabfällen

- 9.1 Aluminiumkehricht ist ohne Fremdfall in geschlossenen, nicht brennbaren Gebinden trocken zu sammeln und spätestens am Schichtende aus den Produktions- und Lagerräumen zu entfernen.
- 9.2 Aluminiumabfälle, insbesondere Aluminiumkehrichtabfälle, sind trocken zu lagern und anschließend zu entsorgen.
- 9.3 Aluminiumkehrichtabfälle kann man z.B. im freien Gelände in einem oben offenen Fass (maximal 200 l) mit einem erheblichen Wasserüberschuss abreagieren lassen. Der Anteil des Aluminiumkehrichtabfalls darf 1/3 des Volumens des Wassers nicht überschreiten. Wenn nach ausreichender Wartezeit noch keine Reaktion sichtbar geworden ist, kann eine geringe Menge Kalk zugegeben werden, um die Reaktion zu beschleunigen. Die

Reaktion ist beendet, wenn dem Gemisch kein Wasserstoff mehr entweicht und das Gefäß erkaltet ist.

- 9.4 Bei den Tätigkeiten sind Rauchen, Feuer und offenes Licht verboten (Wasserstoffentwicklung).
- 9.5 Bei den Tätigkeiten sind persönliche Schutzausrüstungen (Brille, Handschuhe, Schutzkleidung, Fußschutz) zu benutzen.
- 9.6 Ausreagiertes Aluminium ist nach Absprache mit der zuständigen Behörde bestimmungsgemäß zu entsorgen, z.B. auf einer Baustoffdeponie.

10 Löschmaßnahmen bei Bränden

- 10.1 Das Löschen mit Wasser ist verboten. Beim Kontakt von heißem/brennendem Aluminium mit Wasser entsteht spontan Wasserstoff in sehr großen Mengen. Dieser verbrennt schlagartig mit einer großen Stichflamme.
- 10.2 Das Löschen von Bränden dürfen nur besonders geschulte und ausgebildete Personen durchführen. Diese Personen sind vom Unternehmer besonders zu benennen. Dabei hat er sich mit der örtlichen Feuerwehr abzustimmen. Den Anweisungen des Einsatzleiters ist Folge zu leisten.
- 10.3 Es sind zu Löschzwecken trockener Sand, langstielige Schaufeln und Fassringe in ausreichender Menge und an geeigneten Stellen bereit zu stellen. Als Feuerlöscher dürfen nur Metallbrandlöscher der Klasse D mit fest installiertem Brausekopf verwendet werden. Andere Löscher (Kohlendioxidlöscher, Schaumlöscher und ABC-Löscher) sind nicht geeignet.
- 10.4 Brennendes Aluminiumpulver ist nach Möglichkeit vorsichtig mit trockenem Sand abzudecken, ohne es aufzuwirbeln.

- 10.5 Bei geschlossenen Apparaturen ist es möglich, Brände mit Argon zu löschen. Stickstoff ist im Brandfall als Löschmittel nicht geeignet. Staubaufwirbelungen sind zu vermeiden (Explosionsgefahr).
- 10.6 Brennende Apparaturen oder Gefäße (Glimmbrand oder offener Brand) dürfen wegen Staubexplosionsgefahr nicht entleert werden.
- 10.7 Gefährdete Bereiche sind abzusperren.
- 10.8 Nicht mit den Löscharbeiten beauftragte Personen sind aus diesen Bereichen fernzuhalten.
- 10.9 Mit den örtlichen Feuerwehren sind die speziellen Brandbekämpfungsmaßnahmen vorsorglich festzulegen. Regelmäßige Übungen sind zu empfehlen.
- 10.10 Es sind geeignete Einrichtungen zum Löschen von Kleiderbränden gebrauchsbereit vorzuhalten, z.B. Feuerlöschdecken.

Anhang 1

Vorschriften und Regeln

- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV)
- Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung GefStoffV)
- Explosionsschutzverordnung (ExVO, 11.GPSGV)
- Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines – (TRBS 2152/TRGS 720)
- Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Beurteilung der Explosionsgefährdung – (TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721)
- Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (TRBS 2152 Teil 2/TRGS 722)
- Unfallverhütungsvorschrift „Herstellen und Bearbeiten von Aluminiumpulver“ (BGV D 13)
- Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ (BGV 8a)
- Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit – Explosionsschutz-Regeln mit Beispielsammlung (BGR 104)
- Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (BGR 132)
- Einsatz von Atemschutzgeräten (BGR 190)
- Benutzung von Fuß- und Beinschutz (BGR 191)
- Richtlinien zur Vermeidung der Gefahren von Staubexplosionen beim Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium und seinen Legierungen (BGR 109)
- Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen (VDI-Richtlinie 2263)
- Druckentlastung von Staubexplosionen (VDI-Richtlinie 3673)
- Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen (DIN 4102)
- Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (DIN VDE 0165)
- Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche (VDE 0170/71)
- Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche, Teil 14: Elektrische Anlagen für gefährdete Bereiche (ausgenommen Grubenbaue) (DIN EN 60079-14, VDE 0165 Teil 1)

Anhang 2

Schutzmaßnahmen nach BGR 104

E 1	Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre)	E 2	Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen)
E 1.1	Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen	E 2.1	Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche
E 1.2	Verhindern oder Einschränken der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre im Inneren von Apparaturen	E 2.2	Umfang der Schutzmaßnahmen
E 1.2.1	Konzentrationsbegrenzung	E 2.3	Zündquellenarten und Schutzmaßnahmen
E 1.2.2	Inertisieren	E 2.3.1	Heiße Oberflächen
E 1.2.2.1	Inertisieren explosionsfähiger Atmosphäre brennbarer Gase und Dämpfe	E 2.3.2	Flammen und heiße Gase
E 1.2.2.2	Inertisieren brennbarer Stäube	E 2.3.3	Mechanisch erzeugte Funken
E 1.2.2.3	Inertisieren hybrider Gemische	E 2.3.4	Elektrische Anlagen
E 1.2.3	Anwendung von Vakuum	E 2.3.5	Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz
E 1.3	Verhindern oder Einschränken der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen	E 2.3.6	Statische Elektrizität
E 1.3.1	Verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Betriebsanlagen	E 2.3.7	Blitzschlag
E 1.3.2	Dichtheit von Apparaturen	E 2.3.8	Elektromagnetische Felder im Bereich der Frequenzen von 9 kHz bis 300 GHz
E 1.3.2.1	Auf Dauer technisch dichte Apparaturen	E 2.3.9	Elektromagnetische Strahlung im Bereich der Frequenzen von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz bzw. Wellenlängen von 1000 μm bis 0,1 μm (optischer Spektralbereich)
E 1.3.2.2	Technisch dichte Apparaturen	E 2.3.10	Ionisierende Strahlung
E 1.3.2.3	Verringern betriebsbedingter Austritte brennbarer Stoffe	E 2.3.11	Ultraschall
E 1.3.3	Prüfen der Apparatur auf Dichtheit	E 2.3.12	Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase
E 1.3.4	Lüftungsmaßnahmen	E 2.3.13	Chemische Reaktionen
E 1.3.4.1	Natürliche Lüftung	E 3	Konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz)
E 1.3.4.2	Technische Lüftung (Raumlüftung)	E 3.1	Explosionsfeste Bauweise
E 1.3.4.3	Objektabsaugung	E 3.1.1	Explosionsdruckfeste Bauweise
E 1.4	Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Apparaturen	E 3.1.2	Explosionsdruckstoßfeste Bauweise
E 1.4.1	Gaswarnanlagen mit Alarmgabe	E 3.2	Explosionsdruckentlastung
E 1.4.2	Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Schaltungen	E 3.3	Explosionsunterdrückung
E 1.4.3	Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen	E 3.4	Verhindern der Explosionsübertragung (explosionstechnische Entkopplung)
E 1.5	Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Apparaturen und Behälter	E 3.4.1	Flammendurchschlagsichere Einrichtungen für Gase, Dämpfe und Nebel
		E 3.4.2	Entkopplungseinrichtungen für

- Stäube
- E 3.4.2.1 Löschmittelsperre
- E 3.4.2.2 Schnellschlusschieber, Schnell-
schlussklappe
- E 3.4.2.3 Schnellschlussventil (Explosions-
schutzventil)
- E 3.4.2.4 Zellenradschleuse
- E 3.4.2.5 Entlastungsschlot
- E 3.4.2.6 Produktvorlage
- E 3.4.2.7 Doppelschieber
- E 3.4.3 Explosionstechnische Entkoppelung
bei hybriden Gemischen

E 4 Anwendung von Prozessleittechnik im Rahmen von Explosionschutzmaßnahmen

E 5 Schutzmaßnahmen bei Instandsetzungsarbeiten

- E 5.1 Allgemeines
- E 5.2 Schutzmaßnahmen

E 6 Explosionsschutzdokument

E 7 Organisatorische Maßnahmen

Anhang 3

Merkblatt über sicherheitstechnische Anforderungen beim Einsatz von Industriestaubsaugern in Bereichen mit Aluminiumpulver

Anmerkung: Es gibt keine EU-Norm oder einen Normenentwurf, der die Anforderungen an Industriestaubsauger in Bereichen mit Aluminiumpulver regelt.



BG

Edel- und Unedelmetall-
Berufsgenossenschaft
Gesetzliche Unfallversicherung

70563 Stuttgart – Vollmoellerstr. 11

Merkblatt über sicherheitstechnische Anforderungen beim Ein- satz von Industriestaub- saugern in Bereichen mit Aluminiumpulver

Ausgabe September 1998

Das Merkblatt wurde aktualisiert
Stand: Mai 2004

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	3
1. Einleitung	4
2. Begriffsbestimmungen	5
3. Sicherheitsmaßnahmen beim Einsatz von Industriestaubsaugern mit vorgeschalteten Nassabscheidern zum Aufsaugen von Aluminiumpulver	5
Anhang 1 Musterbetriebsanweisung	7
Anhang 2 Beispiel (Skizze)	11

Vorwort

Dieses Merkblatt wurde gemeinsam mit dem Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit (BIA), dem Gewerbeaufsichtsamt Nürnberg, der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft, der Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie, sowie Herstellerbetrieben und Verwendern von Aluminiumpulver erarbeitet.

Das Merkblatt beschreibt Maßnahmen für den sicheren Einsatz von Staubsaugern in Bereichen, in denen verschüttetes, ausgelaufenes oder abgelagertes Aluminiumpulver (siehe Begriffsbestimmungen auf Seite 6) vom Fußboden und von Bau- und Maschinenteilen aufgenommen wird.

Dieses Merkblatt stellt eine Grundlage dar, in der die bisherigen Erfahrungen zusammengefasst sind.

Die beschriebenen Maßnahmen müssen in der Praxis von den Betreibern der Staubsauger

weitergeprüft werden. Die dabei gewonnenen Erfahrungen sollten der

Edel- und Unedelmetall-Berufsgenossenschaft
-Technischer Aufsichtsdienst-
Vollmoellerstraße 11
70563 Stuttgart
Tel.: 0711/1334-405
Fax: 0711/13 34-520

mitgeteilt werden.

Die in diesem Merkblatt enthaltenen sicherheitstechnischen Maßnahmen schließen andere, mindestens ebenso sichere Maßnahmen nicht aus.

1. Einleitung

Vorrang beim Umgang mit Aluminiumpulver hat die Staubvermeidung durch Verwendung staubarmer Produktions- und Verarbeitungsverfahren.

Besonders große Gefahren für die Beschäftigten in Aluminiumpulver herstellenden und verarbeitenden Betrieben gehen von mit Aluminiumpulver verschmutzten Betriebsräumen aus. Beim Reinigen von Fußböden, Bau- und Maschinenteilen, z.B. mit Besen, wird Aluminiumstaub aufgewirbelt. Dies kann zu Explosions- und Gesundheitsgefahren führen.

Für das Erreichen des erforderlichen Sicherheitsniveaus sind Reinigungsmaßnahmen notwendig, bei denen unvermeidbare Staubablagerungen ohne Staubaufwirbelung beseitigt werden können. Dies kann durch den Einsatz von Staubsaugern geschehen.

Die Einsatzorte dieser Staubsauger sind explosionsgefährdete Bereiche der Zone 22. Die Geräte müssen daher Anforderungen erfüllen, die gewährleisten, dass sie nicht zur Zündquelle werden.

Die Staubsauger müssen mindestens den "Prüfanforderungen für den Staubexplosionsschutz bei Industriestaubsaugern (IS) und Entstaubern (EOB)** zum Einsatz in Zone 22 - Bauart 1 (zündquellenfreie Bauart)" entsprechen. Diese Prüfanforderungen liegen seit Anfang 1996 als EK-33-Beschluss vor.

Aluminiumpulver zählt zu den besonders sensiblen und reaktionsfreudigen Stäuben:

- Es ist häufig der Staubexplosionsklasse St 3 zuzuordnen (abhängig u. a. von Feinheit und Beschaffenheit der Oberfläche).
- Es hat häufig eine extrem niedrige Mindestzündenergie (siehe VDI 2263).
- Es reagiert mit Wasser (Wasserstoffbildung!).

* Durch die künftige europäische Regelung wird es eine 3-Zonen-Einteilung für Stäube geben. Der Einsatzbereich für Staubsauger im Sinne dieses Merkblattes wird dann der Zone 22 zuzuordnen sein.

** EOB = Entstauber für ortsveränderlichen Betrieb

Diese besonderen Stoffeigenschaften, insbesondere die extreme Zündempfindlichkeit von Aluminiumpulver, sind mit einem hohen Risiko verbunden und erfordern auch bei Einhaltung der o. g. Prüfanforderungen weitergehende Sicherheitsmaßnahmen bei Ausrüstung und Betrieb der Staubsauger (d. h. Staubsauger, die nach den Prüfanforderungen für Staubsauger der Bauart 1 im Allgemeinen für brennbare Stäube zugelassen sind, erfüllen die weitergehenden Anforderungen beim Aufsaugen von Aluminiumpulver nicht).

Dieses Merkblatt geht im Folgenden auf die weitergehenden Sicherheitsmaßnahmen ein.

Grundsätzlich ist das Aufsaugen von Aluminiumstäuben mit Staubsaugern mit Trockenabscheidern und mit Nassabscheidern denkbar.

Beim Einsatz von **Trockenabscheidern** sind besondere Maßnahmen zu beachten. Vor dem Einsatz von Trockenabscheidern bzw. anderer Abscheidemedien wie Öl und Wasser ist die schriftliche Zustimmung der zuständigen Berufsgenossenschaft und des zuständigen Gewerbeaufsichtsamtes erforderlich.

Besondere Maßnahmen können z.B. sein: Inertisierung mit unbrennbaren Feststoffen oder konstruktiver Explosionsschutz des Staubsaugers (an fahrbaren Geräten in der Praxis kaum durchführbar).

Im Einsatz von Staubsaugern mit **Nassabscheidern bzw. Nassvorabscheidern** wird eine gute Möglichkeit gesehen, Aluminiumstaub aufzusaugen.

Es gelingt hierbei, das Aluminiumpulver möglichst vollständig als Schlamm zu binden und somit das Auftreten von explosionsfähigen Staub-Luft-Gemischen zu vermeiden. Ebenfalls zu vermeiden ist, dass sich Staubkrusten bilden. Dies kann z.B. durch eine vorgeschaltete Reststaubfilterpatrone am Nassabscheider erfolgen. Bei der Auswahl der Abscheidemedien sind die Vorschriften des Arbeits- und Umweltschutzes zu berücksichtigen.

Als Abscheidemedien kommen grundsätzlich verschiedene Flüssigkeiten in Frage. Die bereits vorliegenden Erfahrungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Öl als Abscheidemedium:

- der Flammpunkt soll über 55 °C (bisher Gefahrklasse A III) liegen
- es soll weitgehend wasserfrei sein, um eine gefährliche Wasserstoffbildung zu verhindern
- es bindet sowohl wasserbenetzbares als auch nicht benetzbares Aluminiumpulver

Wasser als Abscheidemedium:

- benetzbares Aluminiumpulver scheidet sich vollkommen im Wasser ab, reagiert jedoch mit Wasser, wobei Wasserstoffgas und Wärme entsteht (Explosionsgefahr)
- unbenetzbares Aluminiumpulver scheidet sich im Wasser nicht ab
- das Wasser soll neutral sein (pH-Wert 7), um eine erhöhte Wasserstoffbildung zu vermeiden.

2. Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieses Merkblattes sind

Aluminiumpulver

Ein Pulver im Sinne der BGV D 13 "Herstellen und Bearbeiten von Aluminiumpulver", das für die weitere Verarbeitung in verschiedenen Branchen hergestellt wird. Es kann mit Luft ein explosives Gemisch bilden. Es kann mit Wasser reagieren und so ein Knallgasgemisch verursachen.

Bereich mit Aluminiumpulver

Bereiche eines Betriebes, in denen Aluminiumpulver hergestellt, bearbeitet, transportiert, gelagert oder verarbeitet wird.

Industriestaubsauger

Industriestaubsauger dienen ausschließlich zum Aufsaugen von abgelagertem Staub. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass die Ablagerungen mit Hilfe einer Saugereinrichtung über ein Sauggeschirr (i. d. R. bestehend aus Düse, Handrohr und flexiblem Schlauch) dem Abscheider zugeführt werden.

Entstauber

Entstauber dienen ausschließlich zum Absaugen von Schwebstaub, wie er z.B. bei der Materialbe- oder verarbeitung (z.B. an Maschinen und handgeführten Geräten) anfällt. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass sie über feste oder flexible Saugleitungen mit der meist ortsveränderlichen, nicht ständig betriebenen stauberzeugenden Einrichtung verbunden sind. Die staubhaltige Luft wird mit Hilfe einer Saugereinrichtung dem Abscheider zugeführt.

3. Sicherheitsmaßnahmen beim Einsatz von Industriestaubsaugern mit vorgeschalteten Nassabscheidern zum Aufsaugen von Aluminiumpulver

Die Industriestaubsauger müssen mindestens den "Prüfanforderungen für den Staubexplosionsschutz bei Industriestaubsaugern (IS) und Entstaubern (EOB) zum Einsatz in Zone 22 - Bauart 1 (zündquellenfreie Bauart)" entsprechen. Hinsichtlich des Vermeidens wirksamer Zündquellen gelten für den Nassabscheider sinngemäß die Anforderungen wie für die Industriestaubsauger.

Insbesondere sind folgende Schutzmaßnahmen zu beachten:

1. Das Sauggeschirr (Düsen, Rohre, Schläuche) muss aus elektrisch leitfähigem Material bestehen und zur Vermeidung von Gefahren durch elektrostatische Entladungen miteinander leitend verbunden und geerdet sein, so dass der Ableitwiderstand gegen Erde $< 10^6 \Omega$ ist.
2. Das unbeabsichtigte Vertauschen von Teilen der Saugereinrichtung mit nicht zur Anlage gehörenden Teilen darf nicht möglich sein.
3. Sauggeschirre, Ansaugrohre und -schläuche sind innen glatt auszuführen, dürfen keine sprunghaften Querschnittsänderungen und keine scharfen Richtungsänderungen haben und müssen aus rostfreiem, funkenarmem Material bestehen.

4. Die Luftgeschwindigkeit im Ansaugschlauch vor dem Abscheider muss mindestens 25 m/sec betragen, damit Staubablagerungen vermieden werden.
5. Industriestaubsauger einschließlich vorgeschaltetem Nassabscheider, Saugeinrichtung und Filter ist regelmäßig zu reinigen.
6. Zur Bedienung der Staubsauger sind speziell beauftragte, unterwiesene Personen einzusetzen.
7. Für den Umgang mit Staubsaugern sind schriftliche Betriebsanweisungen zu erstellen. Darin sind u. a. Maßnahmen zur Reinigung der Staubsauger sowie die jeweiligen verantwortlichen Personen festzulegen (Musterbetriebsanweisung, Anhang 1).
8. Es ist sicherzustellen, dass es im Nassabscheider beim Stillstand nicht zu einer Wasserstoffanreicherung kommt. Dies kann z.B. durch automatische Deckelöffnung erreicht werden.
9. Das Staubsaugergerät ist an einem gut durchlüfteten Ort abzustellen.
10. Zwischen vorgeschaltetem Nassabscheider und staubexplosionssgeschütztem Staubsauger ist am Ausgang des vorgeschalteten Nassabscheiders eine Reststaubfilterpatrone vorzusehen.

Bei Öl als Abscheidemedium:

1. Der Ölstand ist vor Inbetriebnahme des Staubsaugers zu kontrollieren und das Öl gegebenenfalls aufzufüllen.
2. Das Öl muss ausgewechselt werden, bevor das Aluminiumpulver nicht mehr vollständig aufgenommen wird.
3. Das Öl darf möglichst nicht mit Wasser vermischt sein. Es ist darauf zu achten, dass kein Wasser eingesaugt wird.

Bei Wasser als Abscheidemedium:

1. Der Wasserstand ist vor Inbetriebnahme des Staubsaugers zu kontrollieren und gegebenenfalls aufzufüllen.
2. Mit dem Sauger darf nur Aluminiumpulver aufgesaugt werden, das sich in Wasser binden lässt. Nicht mit Wasser benetzbares Aluminiumpulver darf nicht aufgesaugt werden, es sei denn, es wird vom Wasser durch geeignete Zusätze vollständig aufgenommen.
3. Der Nassabscheider ist regelmäßig, jedoch spätestens nach Schichtende zu entleeren und zu reinigen. Einzelheiten sind in der Betriebsanweisung zu regeln.

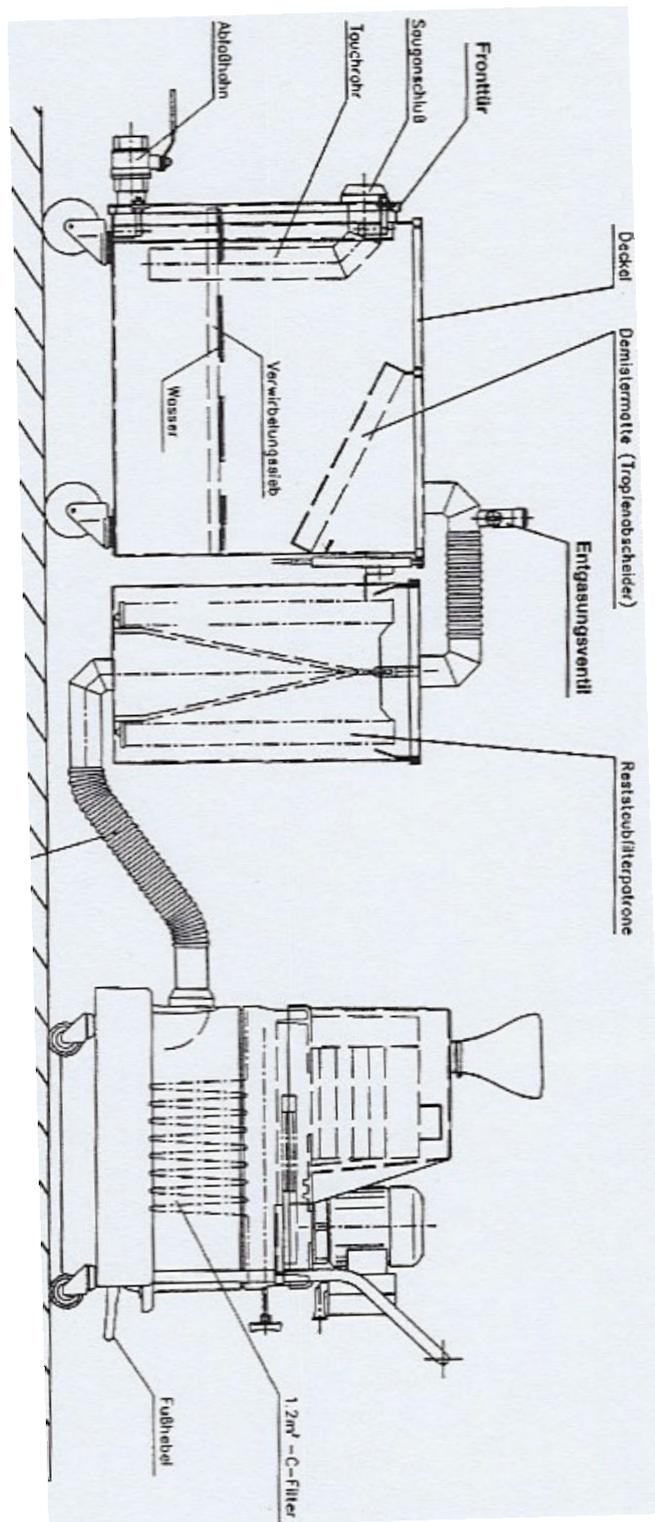
Anhang 1

Musterbetriebsanweisung

Es wird gezeigt, wie eine Betriebsanweisung für den Umgang mit Staubsaugern formuliert werden kann. Betriebsspezifische Angaben

sind noch zu ergänzen; Kennzeichnung der mindestens zu ergänzenden Angaben durch (...).

	Betriebsanweisung	Nr.
1. Anwendungsbereich	Einsatz des Staubsaugers (...bezeichnen...) in (...Einsatzbereich benennen...).	
2. Gefahren für Mensch und Umwelt	<ul style="list-style-type: none">- Explosionen - Stichflammen- Brände - Splitterbildung- Gesundheitsgefahren durch Stoffe	
3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensmaßregeln	<ul style="list-style-type: none">3.1 Der Staubsauger darf nur durch (... Person namentlich benennen. . .) bedient werden.3.2 Nur den besonders gekennzeichneten Staubsauger verwenden.3.3 Vor jedem Einsatz Staubsauger, Saugschlauch und Netzkabel oder Druckluftschlauch auf einwandfreien Zustand prüfen.3.4 Staubsauger erden.3.5 Vor dem Reinigen des Staubsaugers Netzstecker ziehen.3.6 Sauggut nach (...Betriebszustand, Zeitpunkt benennen...) aus dem Gerät entfernen. Dabei stoffspezifische Gesundheitsgefahren berücksichtigen; siehe Betriebsanweisung nach § 20 Gefahrstoffverordnung.3.7 Das Sauggut darf nur durch (...Person namentlich benennen...) entsorgt werden.3.8 Filter nach (...Betriebszustand, Zeitpunkt benennen...) überprüfen und bei Bedarf erneuern.3.9. Schwer entflammbare Schutzkleidung und elektrostatisch leitfähiges Schuhwerk benutzen.	
4. Verhalten bei Störungen	(...Personen namentlich benennen...) benachrichtigen	
5. Verhalten bei Unfällen, Erste Hilfe	<ul style="list-style-type: none">5.1 Netzstecker ziehen.5.2 Verletzten Erste Hilfe leisten.5.3 (... Personen namentlich benennen...) benachrichtigen	
6. Instandhaltung, Entsorgung	<ul style="list-style-type: none">6.1 Instandhaltung und Entsorgung nur außerhalb von staubexplosionsgefährdeten Bereichen (...vorgesehene Orte benennen...) durch (...Personen namentlich benennen) vornehmen.6.2 Vor Reparaturen Netzstecker ziehen.6.3 Krusten anfeuchten und entfernen.6.4 Prüfen, ob Aluminiumpulver bzw. Aluminiumschlamm an schwerzugängliche Stellen gelangt ist. Rückstände entfernen6.5 Sauggut ist wie folgt zu behandeln: (...)	
Datum:	Unterschrift:	



Vorgenommene Änderungen:

1. Seiten 4 und 7: Zone 11 in Zone 22
2. Seite 6: Gefahrklasse A III in bisher Gefahrklasse A III
3. Seite 6: VBG 56 in BGV D 13

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de