2012
ISBN 978-92-843-7182-2
ISSN 1015-8022

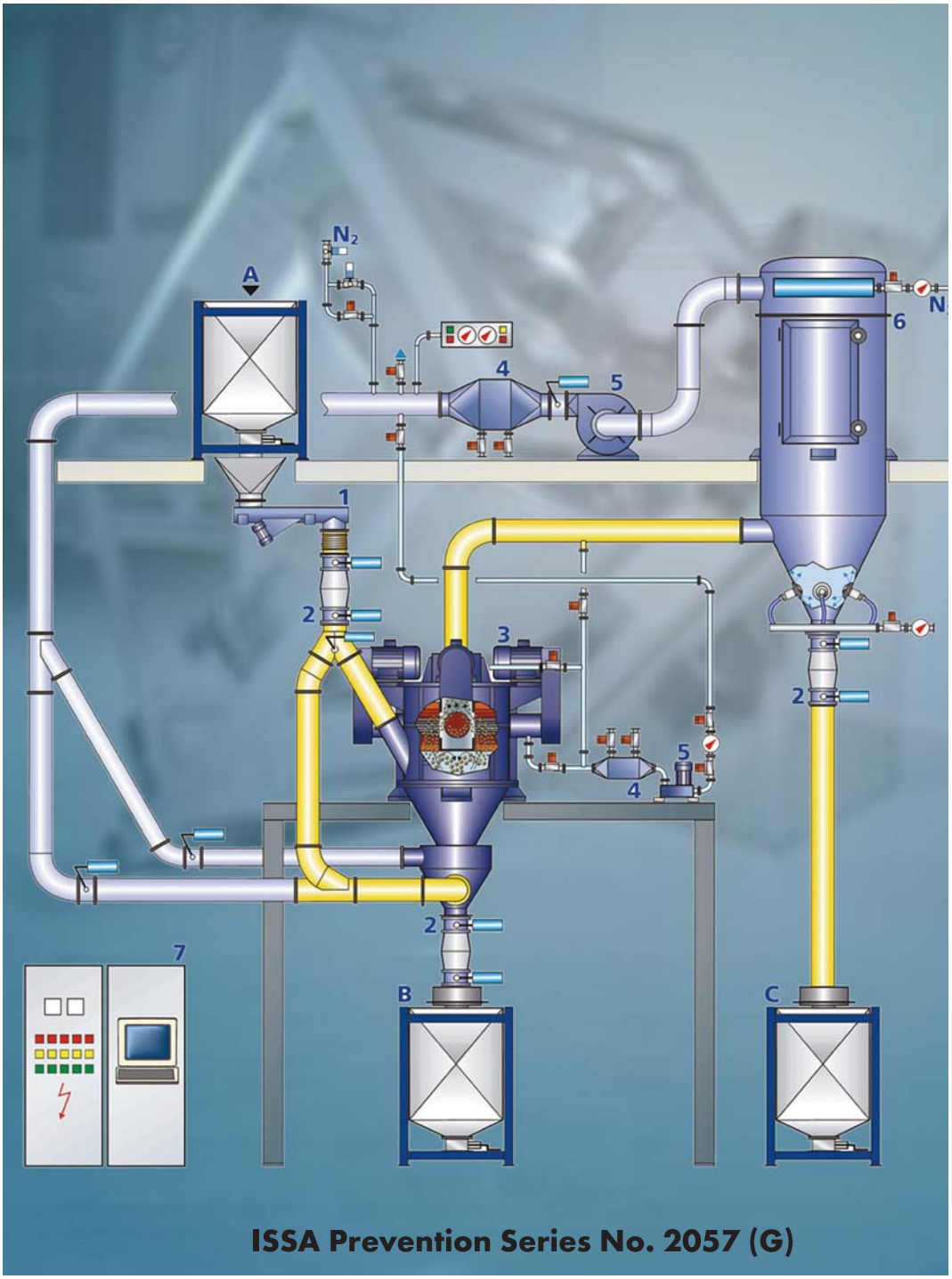
Beispielsammlung

„Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten"

Teil 1: Mühlen, Brecher, Mischer, Abscheider, Siebmaschinen

Internationale Sektion der IVSS für Maschinen- und Systemsicherheit
Dynamostraße 7-11
68165 Mannheim
Deutschland

Internationale Sektion der IVSS für Prävention in der chemischen Industie
Kurfürsten Anlage 62
69115 Heidelberg
Deutschland



ISSA Prevention Series No. 2057 (G)

issa | INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SOZIALE SICHERHEIT | IVSS
Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit

issa | INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SOZIALE SICHERHEIT | IVSS
Sektion für Prävention in der chemischen Industrie

issa | INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SOZIALE SICHERHEIT | IVSS

hat 333 Mitglieder (Regierungsbehörden und Anstalten) in 153 Staaten. Rund die Hälfte der Mitglieder befasst sich mit der Arbeitssicherheit. Der Sitz der IVSS befindet sich in Genf, beim Internationalen Arbeitsamt. Ihr Hauptziel ist die Förderung und der Ausbau der SOZIALEN SICHERHEIT in allen Teilen der Welt.

Zur weiteren Verbesserung der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes in den Betrieben wurde 1975 die

INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS FÜR MASCHINEN- UND SYSTEMSICHERHEIT

gegründet. Sie behandelt Fragen zur Sicherheit von Maschinen, Anlagen und Systemen. Vorsitz und Sekretariat:

Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN), 68165 Mannheim, Deutschland.

Zur Intensivierung der Arbeitssicherheit in den Betrieben ist seit 1970 für den Bereich der chemischen Industrie einschließlich der Kunststoff-, Sprengstoff-, Mineralöl- und Gummiindustrie die

INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS FÜR PRÄVENTION IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE

gebildet worden. Vorsitz und Sekretariat:

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI), 69115 Heidelberg, Deutschland.

Beispielsammlung zur Broschüre „Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten”

Teil 1
Mühlen, Brecher, Mischer,
Abscheider, Siebmaschinen

Kompendium für die Praxis

Herausgeber

Internationale Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit
der Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS)
Dynamostraße 7-11
68165 Mannheim
Deutschland

Internationale Sektion für Prävention in der chemischen Industrie
der Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS)
Kurfürsten-Anlage 62
69115 Heidelberg
Deutschland

Vorwort

Die Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) hat sich zum Ziel gesetzt, durch ihren Besonderen Ausschuss für Prävention mit seinen fachlich orientierten Sektionen arbeitsbedingte Risiken zu analysieren, diese durch Informationsaustausch Veröffentlichungen und Kolloquien aufzuzeigen und Vorschläge zur Risikominimierung zu machen.

Die Sektion Chemie und die Sektion Maschinen- und Systemsicherheit der IVSS haben eine gemeinsame „Arbeitsgruppe Explosionsschutz“ eingesetzt, um den internationalen Erfahrungsaustausch unter Fachleuten zu fördern und für bestimmte Probleme gemeinsame Lösungen zu erarbeiten. Wir wollen auf diesem Weg einen Beitrag zu einem hohen und unter Industrieländern vergleichbaren Stand der Technik auf diesem Gebiet leisten. Wir sind gewillt, unser Wissen an industriell noch weniger entwickelte Länder weiterzugeben.

Dieses Kompendium soll projektierenden Ingenieuren, Betriebsleitern, Sicherheitsfachkräften und anderen Beteiligten die Möglichkeit geben, ohne spezielle Kenntnisse auf dem Gebiet des Explosionsschutzes im eigenen Betrieb oder beim Bau, bei der Ausrüstung und Aufstellung von Anlagen zu beurteilen, ob Explosionsrisiken vorhanden sind. Zur Lösung der Frage, ob Schutzmassnahmen erforderlich und möglich sind, ist das Kompendium nicht gedacht, da aufgrund unterschiedlicher nationaler Vorschriften häufig keine verbindlichen Aussagen gemacht werden können. Es werden vielmehr die Probleme aufgezeigt und Lösungen zur Erfüllung der Schutzziele formuliert.

.....

Vorsitzender des Vorstands
der Sektion
Maschinen- und Systemsicherheit
(Ass. N. Weis)

.....

Vorsitzender des Vorstands
der Sektion Prävention in der
chemischen Industrie
(Dr. E. Radek)

Arbeitsgruppe Explosionsschutz

Autoren dieser Broschüre

Vorsitz der Projektgruppe Beispielsammlung

Dr. Frank Hauert, Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe

Die Broschüre wurde unter der Leitung von Dr. Hauert erarbeitet. Er hat Struktur und Inhalt wesentlich geprägt. Er kam durch einen tragischen Unfall vor Fertigstellung der Broschüre ums Leben. Ihm gehört unser besonderer Dank. Die Mitarbeiter dieser Projektgruppe widmen ihm deshalb diese Publikation.

Autoren

Dr. A. Arnold, BGN, Mannheim ..... (D)
Dr. M. Glor, Swiss Process Safety Consulting GmbH, Allschwil ..... (CH)
A. Harmanny, ISMA, Kontich ..... (B)
Dr. Frank Hauert, BGN ..... (D)
N. Jaeger, Syngenta, Basel ..... (CH)
Dr. Z. Kramar, SIQ, Ljubljana ..... (SI)
G. van Laar, Inburex Consulting GmbH, Hamm-Breda ..... (D/NL)
G. Nied, AZO GmbH & CO KG, Osterburken ..... (D)
Dr. R. J. Ott, ESCIS, Meggen ..... (CH)
Prof. Dr. S. Radandt, FSA, Mannheim ..... (D)
R. Siwek, FireEx Consultant GmbH, Kaiseraugst ..... (CH)

Gestaltung und Grafik

Dr. Frank Hauert, Mannheim ..... (D)
Dr. Roland J. Ott, Meggen ..... (CH)
Dipl.-Designer Dieter Settele, Mannheim ..... (D)

Weitere Mitglieder der Arbeitsgruppe

M. Bloch, INRS, Paris ..... (F)
Ch. Bosshard, Suva, Luzern ..... (CH)
Dr. B. Dyrba, BG RCI,Heidelberg ..... (D)
Prof. Dr. A. Fiumara, Milano ..... (I)
Dr. M. Gschwind (Vorsitz), Suva, Luzern ..... (CH)
K. Kopia, AUVA, Wien ..... (A)
Dr. O. Losert, BG RCI, Heidelberg ..... (D)
Dr. G. Pellmont, Pellmont Explosionsschutz, Binningen/Basel ..... (CH)
F. Pera, ISPESL, Roma ..... (I)
B. Poga, BG RCI, Heidelberg ..... (D)
B. Sallé, INRS, Paris ..... (F)
Dr. M. Scheid, BAM, Berlin ..... (D)
Dr. K-W. Stahmer, IFA, Sankt Augustin ..... (D)
M. von Arx, Suva, Luzern ..... (CH)
W. Witvoet, SABIC EuroPetroChemicals, Geleen ..... (NL)

Inhalt

Vorwort 4

Vorbemerkungen 7

Einleitung 10

1 Mühlen 11

1.1 Schnelllaufende Mühlen 11

1.1.1 Anlagenbeispiele mit konstruktiven Schutzmaßnahmen 15

1.1.1.1 Explosionsfeste Bauweise 15

1.1.1.2 Explosionsdruckentlastung 17

1.1.1.3 Explosionsunterdrückung 19

1.1.2 Anlagenbeispiel mit der Schutzmaßnahme Inertisierung 21

1.2 Luftstrahlmühlen 22

1.3 Sturzmühlen 23

1.4 Walzenmühlen 24

2 Brecher 27

3 Mischer 27

3.1 Mischer ohne bewegte Teile im Inneren 27

3.2 Mischer mit bewegten Teilen im Inneren 29

4 Abscheider 33

4.1 Fliehkraftabscheider (Zyklone) 33

4.2 Schwerkraftabscheider 34

4.3 Windsichter 35

4.4 Filternde Abscheider 36

4.5 Elektroabscheider 37

4.6 Nassabscheider 37

5 Siebmaschinen 38

5.1 Siebmaschinen ohne bewegte Teile im Inneren 38

5.2 Siebmaschinen mit bewegten Teilen im Inneren 39

Schriftenreihe der IVSS (Explosionsschutz) 41

Vorbemerkungen

Das Thema „Explosionssicherheit" von Maschinen wird z. B. in der Europäischen Union in zwei Richtlinien behandelt, in der **Maschinenrichtlinie (2006/42/EG)** und in der **Explosionsrichtlinie ATEX (94/9/EG)**. In beiden Richtlinien werden grundlegende Anforderungen (Essential Safety Rules, ESR) festgelegt. Eine wesentliche Forderung beider Richtlinien ist es, Risikobeurteilungen durchzuführen. Sie sind die Grundlagen für den Einsatz der Maschinen in den Betrieben. Dieser Einsatz ist in einer weiteren Richtlinie festgelegt, der ATEX 137 Richtlinie (1999/92/EG). Auch hier wird eine Risikobeurteilung gefordert.

Das vorliegende Kompendium soll es den Verantwortlichen in den Betrieben erleichtern, das Explosionsrisiko bei der Auswahl und dem Betrieb, der in dieser Broschüre beschriebenen Anlagen und Maschinen in explosionsgefährdeten Bereichen abzuschätzen und die auf Grund der Risikobewertung abzuleitenden Schutzmaßnahmen zu treffen.

In den nachfolgenden Ausführungen sollen für verschiedene Maschinen und Anlagen typische Staubexplosionsgefahren und mögliche Schutzmaßnahmen aufgezeigt werden.

Wie in verschiedenen IVSS-Broschüren insbesondere „Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten" (IVSS, 1998, Mannheim, ISBN 92-843-7129-5) beschrieben, stehen vorbeugende und konstruktive Schutzmaßnahmen zur Verfügung, die als Einzelmaßnahme oder in Kombination angewandt werden können.

Vorbeugende Schutzmaßnahmen

- Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre z. B. durch
  - Konzentrationsbegrenzung
  - Inertisierung
  - Anwendung von Vakuum
- Vermeiden von wirksamen Zündquellen

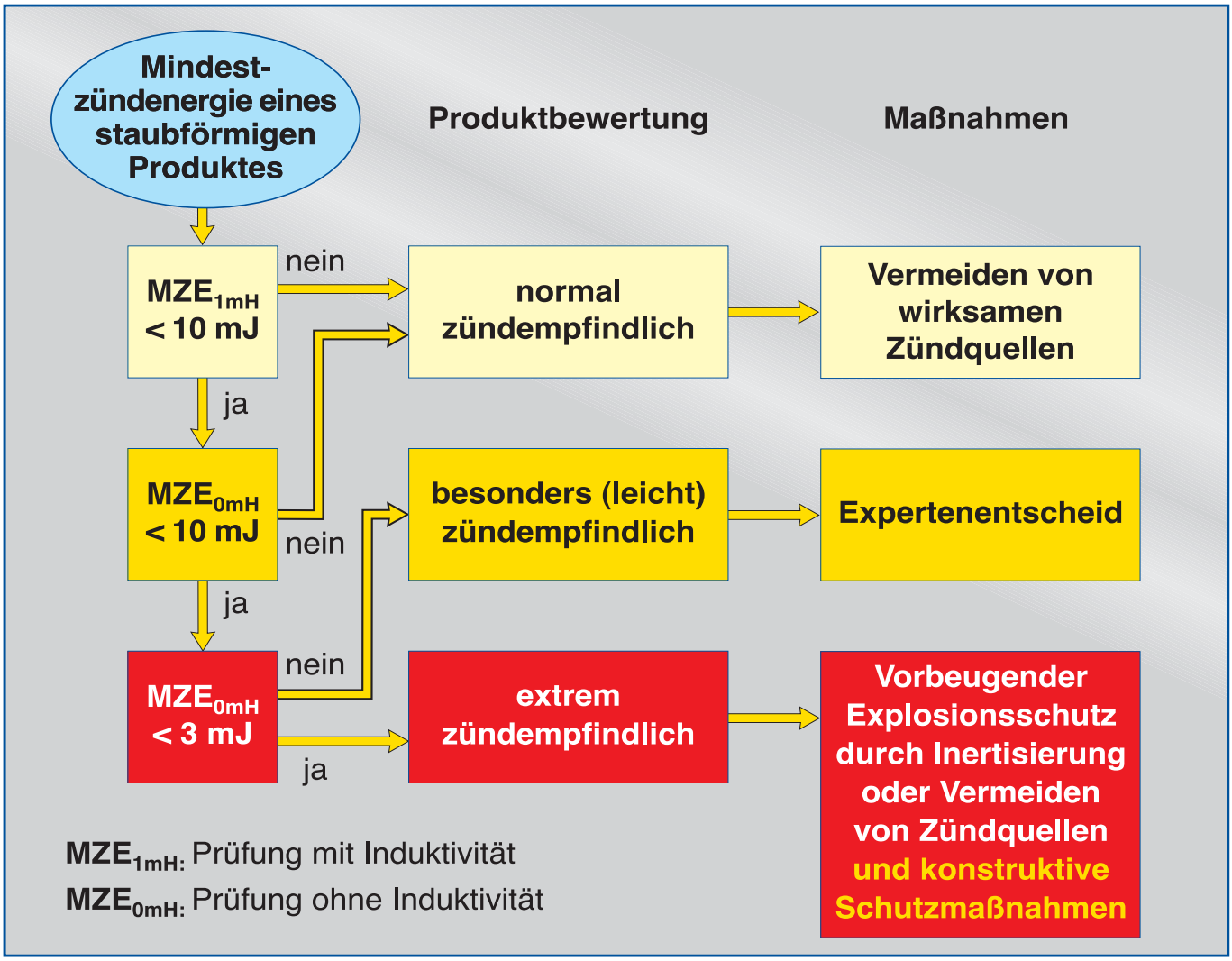


Abbildung 1: Schema zur Abschätzung von Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Mindestzündenergie (MZE) des verarbeiteten Produktes. Die Bestimmung der MZE erfolgt in der Regel zunächst mit einem zeitlich gedehnten elektrischen Entladungsfunken (mit Induktivität im Entladekreis). Ergibt sich dabei eine MZE_{1mH} unterhalb von 10 mJ wird die Messung ohne Induktivität (MZE_{0mH}) im Entladekreis wiederholt.

Bei der alleinigen Anwendung der vorbeugenden Schutzmaßnahme „Vermeiden von wirksamen Zündquellen“ muss gewährleistet sein, dass alle in Frage kommenden wirksamen Zündquellen zuverlässig vermieden werden. Diese Forderung ist umso schwieriger umzusetzen, je niedriger die Mindestzündenergie des vorliegenden Staubes ist und je komplexer die Anlage und die Prozesse sind. Bei der Verarbeitung von Produkten mit einer Mindestzündenergie kleiner 10 mJ ist die Schutzmaßnahme „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ als alleinige Schutzmaßnahme in der Praxis schwierig umzusetzen. Zusätzlich muss beachtet werden, dass bei erhöhter Temperatur die Mindestzündenergie kleiner wird. Flankierend sind vorbeugende Schutzmaßnahmen „Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre“ oder konstruktive Maßnahmen vorzusehen. Für Produkte mit einer niedrigen Mindestzündenergie ist Phlegmatisierung (Teilinertisierung) als weitere Maßnahme anwendbar. Durch eine Reduzierung der Sauerstoffkonzentration wird die Zündempfindlichkeit des Produktes verringert.

Konstruktive Schutzmaßnahmen

- Explosionsfeste Bauweise für den zu erwartenden Explosionsüberdruck in Kombination mit explosionstechnischer Entkopplung
- Explosionsfeste Bauweise in Verbindung mit Explosionsdruckentlastung und in Kombination mit explosionstechnischer Entkopplung
- Explosionsfeste Bauweise in Verbindung mit Explosionsunterdrückung und in Kombination mit explosionstechnischer Entkopplung

Die geeignete Auswahl von Maßnahmen kann nur unter Berücksichtigung der im Einzelfall vorliegenden anlagen- und staubspezifischen Randbedingungen und unter Berücksichtigung der Vor- und Nachteile bzw. der Anwendungsgrenzen der verschiedenen Maßnahmen erfolgen. Dabei sind die Explosionsrisiken zu ermitteln, einer Bewertung zu unterziehen (z. B. nach der europäischen Richtlinie 1999/92/EG) und angemessene Maßnahmen zu treffen.

Die Beispielsammlung zeigt mögliche Explosionsrisiken und Schutzmaßnahmen auf, erhebt aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit. In den Ausführungsbeispielen werden in der Praxis bewährte Lösungen aufgezeigt. Im Anwendungsfall müssen jedoch die jeweils vorliegenden Randbedingungen beachtet werden (z. B. Drucküberhöhung bei verbundenen Behältern, Verbot der Explosionsdruckentlastung bei toxischen Produkten, Überschreiten der bei Explosionsunterdrückung zulässigen maximalen Druckanstiegsgeschwindigkeit).

Für chemisch instabile, schlagempfindliche Produkte oder hybride Gemische sind in jedem Fall besondere sicherheitstechnische Überlegungen anzustellen.

Die im Folgenden beschriebenen Maschinen und Anlagen müssen dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Insbesondere müssen die Schutzsysteme wie Zellenradschleusen, Explosionsschutzventile vor dem Einsatz geprüft werden, z. B. in der EU durch notifizierte Prüfstellen zertifiziert werden. Sie müssen regelmäßig überprüft und/oder überwacht werden, um Risiken, die sich aus konstruktiven Mängeln ergeben zu verhindern.

Die Definitionen der Zonen sind in der IVSS-Broschüre „Praxishilfen zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes“ (IVSS, 2006, Mannheim, ISBN 92-843-7167-8) oder in der Richtlinie 1999/92/EG zu finden.

Die vorliegende Beispielsammlung ist der erste Teil einer Überarbeitung der 1990 herausgegebenen Publikation „Beispielsammlung zur Broschüre Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten“ der IVSS Sektion „Maschinen- und Systemsicherheit“ und richtet sich in erster Linie an Maschinen- und Anlagenbetreiber.

Einleitung

In diesen Beispielen zeigen wir auf, welche der 13 möglichen Zündquellen [EN 1127-1] für die Maschinen relevant sind bzw. auftreten und wie diese zu verhindern sind.

Dies sind:

1. **Heiße Oberflächen**
2. **Flammen und heiße Gase**
3. **Mechanisch erzeugte Funken**
4. **Elektrische Anlagen**
5. Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz
6. **Statische Elektrizität**
7. Blitzschlag
8. Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von 10^4 Hz bis $3 \cdot 10^{12}$ Hz (Hochfrequenz)
9. Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von $3 \cdot 10^{11}$ Hz bis $3 \cdot 10^{15}$ Hz
10. Ionisierende Strahlung
11. Ultraschall
12. Adiabatische Kompression und Stoßwellen (strömende Gase)
13. **Exotherme Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben**

Die Praxis hat gezeigt, dass zum Vermeiden von Staubexplosionen die **fett geschriebenen** Zündquellen besonders relevant sind.

Diese Zündquellen werden einzeln analysiert und dahin gehend bewertet, ob diese wirksam sind, d. h. es wird geprüft, ob im Betriebszustand und bei selten auftretenden Abweichungen das Auftreten von wirksamen Zündquellen ausgeschlossen werden kann.

Im Einzelfall bewährte Schutzmaßnahmen werden aufgezeigt. Typische Beispiele werden beschrieben, jedoch muss immer darauf geachtet werden, dass jede Anlage in der Praxis davon abweichen wird, und daher die Maßnahmen entsprechend angepasst werden müssen.

1 Mühlen

Mühlen- und Zerkleinerungsaggregate sind im Allgemeinen als mögliche Zündquellen anzusehen, da in ihnen durch Verstopfung, eingetragene Fremdkörper oder die schnelllaufenden Mahlwerkzeuge mechanische Funken oder heiße Oberflächen erzeugt werden können.

Ob diese jeweils auch als wirksame Zündquellen anzusehen sind, hängt insbesondere von der Umfangsgeschwindigkeit der Mahlwerkzeuge und von den Kenngrößen Mindestzündenergie und Zündtemperatur des zu zerkleinernden Stoffes ab.

Explosionen entstehen relativ selten im Inneren der Mühlen. Jedoch kommt es häufig zu Zündquellen, die in nachgeschalteten Anlagenteilen zur Entzündung von explosionsfähiger Atmosphäre führen können. Daher sind bei Explosionsgefahr nicht nur die Mühlen sondern auch die vor- und nachgeschalteten Apparaturen mit geeigneten Maßnahmen (z. B. Inertisierung, konstruktive Schutzmaßnahmen) gegen Explosionen sowie deren Ausbreitung zu schützen. Zündquellen, die in den nachfolgenden Beispielen in anderen Anlagenteilen entstehen, werden nicht berücksichtigt.

Am Beispiel schnelllaufender Mühlen werden die drei grundlegenden konstruktiven Schutzmaßnahmen und die Inertisierung vorgestellt. Bei den anderen Mühlentypen (Kap. 1.2-1.4) können je nach der Risikobeurteilung hinsichtlich des Vorhandenseins von Zündquellen auf einige der Schutzmaßnahmen verzichtet werden.

1.1 Schnelllaufende Mühlen

Bei schnelllaufenden Mühlen wie Stiftmühlen, Schlagmühlen, Schneidmühlen, Hammermühlen, ist stets mit dem Entstehen von Zündquellen zu rechnen.

Mögliche Zündquellen können z. B. entstehen durch:

- Eintrag von Fremdkörpern in die Mühlen
- Lösen von Teilen innerhalb der Mühlen
- Anlaufen von bewegten Teilen an den Mühlenwänden oder -sieben
- Heißlaufen von Lagern
- Mahlguterhitzung durch Reibung

Nur in besonderen Ausnahmefällen kann ausschließlich mit der Maßnahme „Vermeiden von wirksamen Zündquellen” gearbeitet werden (z. B. bei extrem hoher Mindestzündenergie und Zündtemperatur des zu verarbeitenden Staubes).

Zoneneinteilung im Inneren

Die bestimmungsgemäße Verwendung von Mühlen ist das Betreiben unter Volllast. Unter diesen Bedingungen liegt die Konzentration des Produktes derart hoch, dass es nicht zu einer Explosion kommen kann. Beim An- und Abfahren kann es zu einer explosionsfähigen Atmosphäre kommen und damit liegt mindestens eine Zone 21 vor. Sollten die Mühlen nicht bestimmungsgemäß unter Volllast betrieben oder sehr häufig an- und abgefahren werden, ist Zone 20 zu definieren.

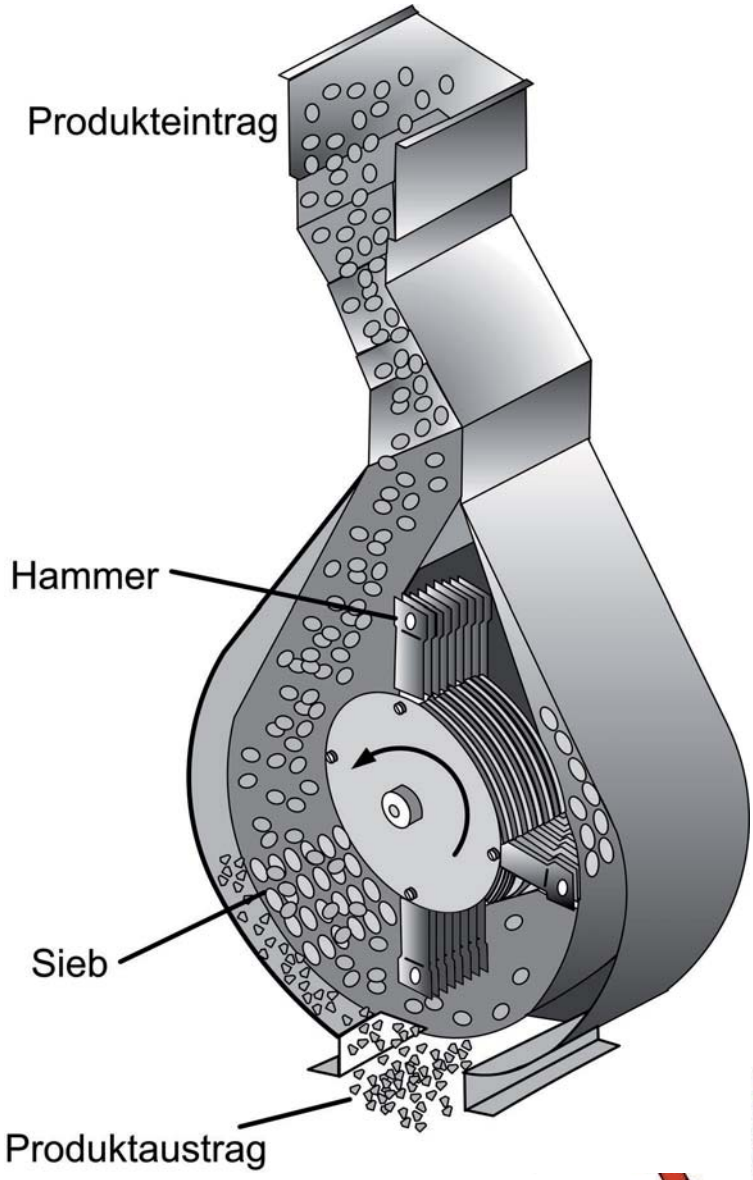


Abbildung 2:

Schematische Zeichnung einer Hammermühle.

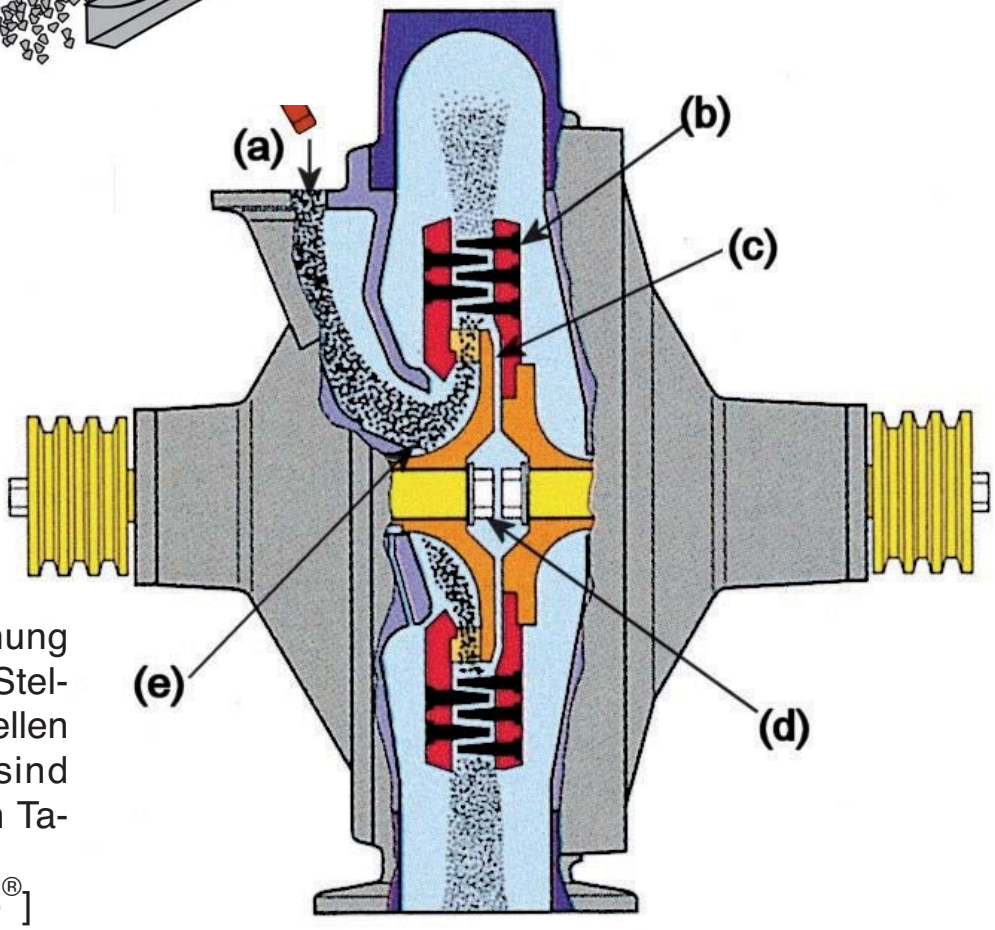


Abbildung 3:

Schematische Zeichnung einer Stiftmühle. Die Stellen, an denen Zündquellen entstehen können, sind gekennzeichnet und in Tabelle 1 erklärt.
[Bild: Hosokava-Alpine®]

Tabelle 1: Detaillierte Betrachtung möglicher Zündquellenbildung für die Stiftmühle aus Abbildung 3.

Fall	Zündquellen-bildung	Zündquellenart nach EN 1127-1	Mögliche vorbeugende Maßnahmen
(a)	Eintrag von Fremd-körpern wie Metallteile, Steine, Glimmnester	Heiße Oberflächen, Flammen und heiße Gase, mechanisch erzeugte Funken	Vorschalten von Sieben, Schwergutabscheidern, Glimmnestdetektion
(b)	Lösen oder Brechen der Stifte	Heiße Oberflächen, mechanisch erzeugte Funken	Instandhaltung (regel-mäßige Kontrolle, Wartung und Instandset-zung; Verwendung ent-sprechender Ersatzteile)
(c)	Anlaufen des Ro-tors durch Unwucht	Heiße Oberflächen	Instandhaltung, Vibrationsüberwachung
(d)	Heißlaufen der Lager	Heiße Oberflächen	Temperaturüberwachung
(e)	Erhitzung des Mahlgutes durch Reibung von Abla-gerungen am sich drehenden Rotor	Selbstentzündung	Regelmäßige Reinigung, Temperaturüberwachung, Kaltvermahlung

❶ Produkteintrag
❷ Rotor
❸ Bodensieb

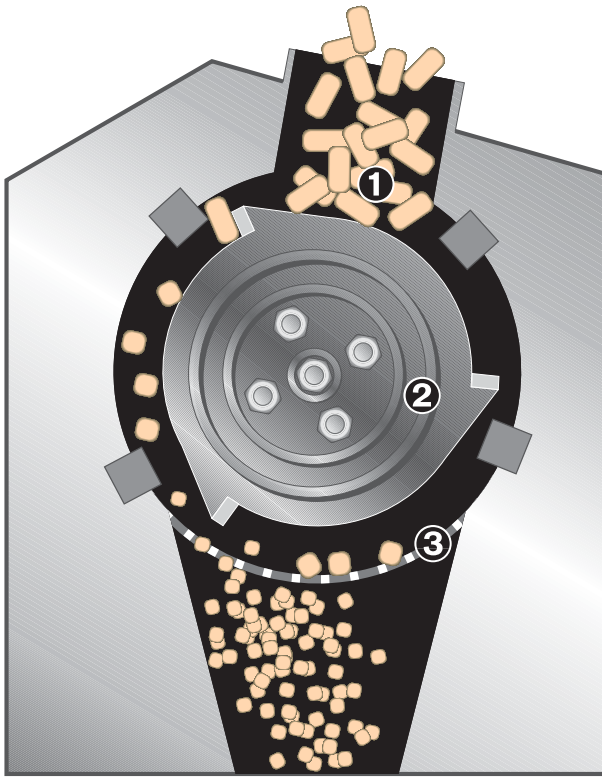


Abbildung 4:
Schema einer Schneidmühle: Beim Einsatz dieser Mühlen entscheidet die Entstehung bzw. Freisetzung der Feinstaubmenge beim Schneidvorgang darüber, ob eine Explosions-gefahr gegeben ist.

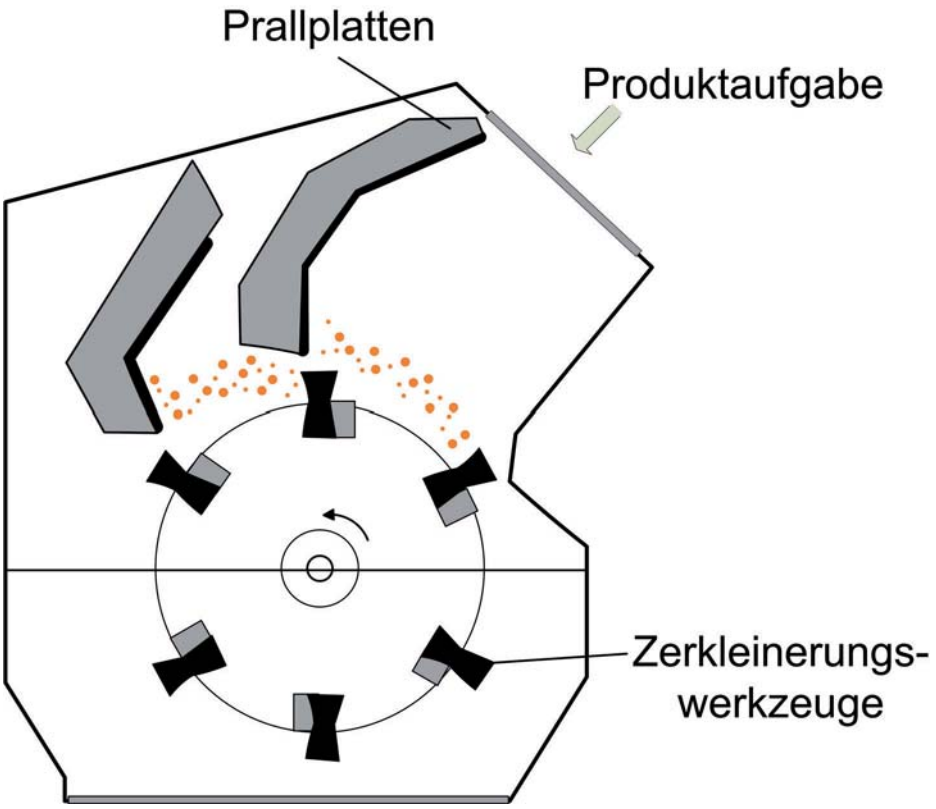


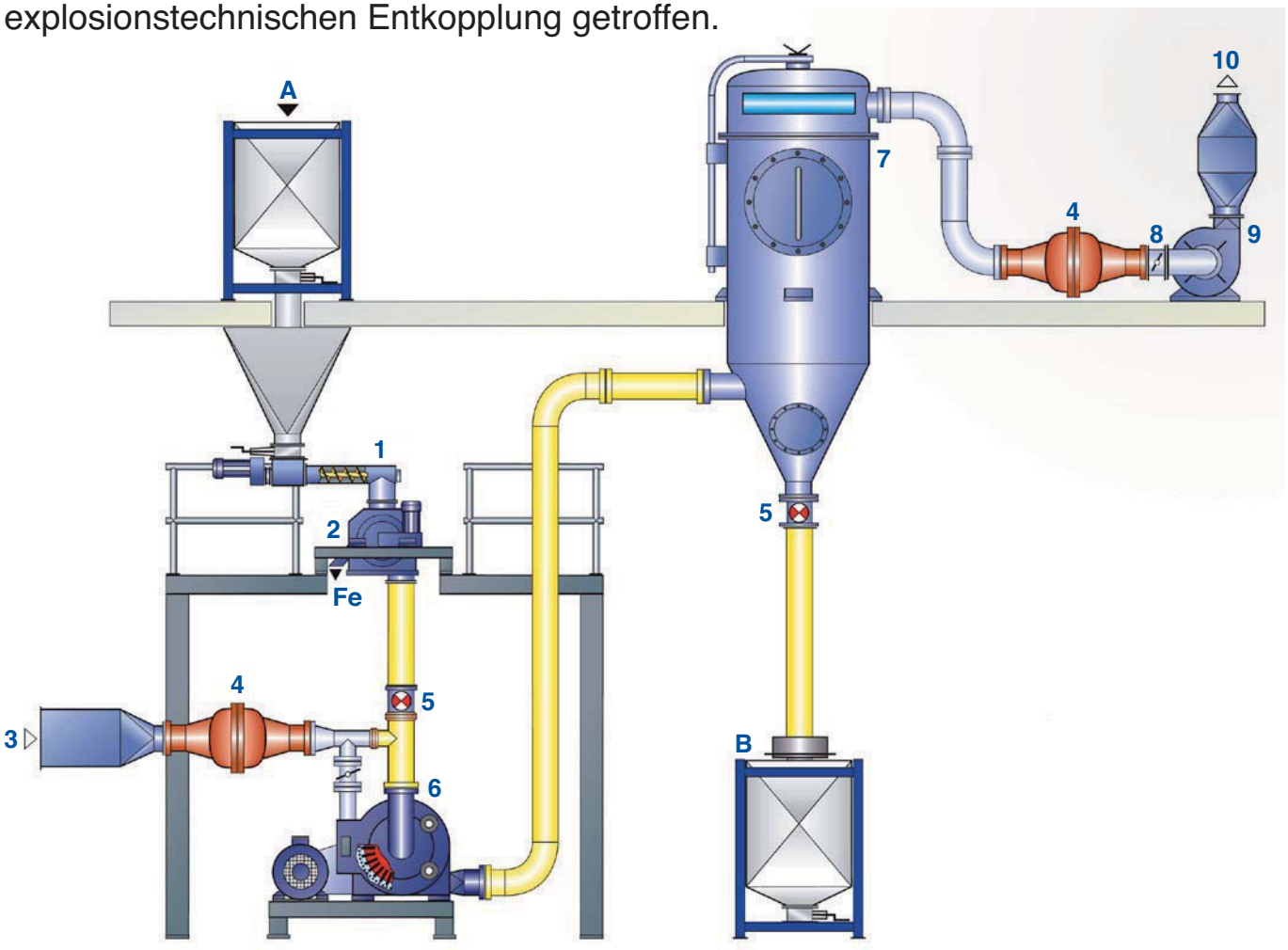
Abbildung 5: Schema einer Prallmühle: Das Mahlgut wird zwischen den feststehenden Prallplatten und den Schlagleisten des sich drehenden Rotors zerkleinert.

Die Anwendung der vorbeugenden Maßnahme „Vermeiden von wirksamen Zündquellen“ kann das Explosionsrisiko reduzieren, jedoch in den meisten Fällen nicht vollständig ausschließen. Daher sind zusätzliche Maßnahmen z. B. konstruktive Schutzmaßnahmen oder Inertisierung erforderlich.

1.1.1 Anlagenbeispiele mit konstruktiven Schutzmaßnahmen

1.1.1.1 Explosionsfeste Bauweise

Im nachfolgenden Beispiel wurden die in Tabelle 1 identifizierten Zündquellen durch vorbeugende Maßnahmen nicht ausreichend eliminiert. Daher wurde zusätzlich die konstruktive Schutzmaßnahme explosionsfeste Bauweise in Kombination mit der explosionstechnischen Entkopplung getroffen.



A Eintrag des brennbaren Grobproduktes
B Austrag/Abfüllen des Mahlgutes

1 Schneckenförderer
2 Schwergutabscheider, Metallabscheider
3 Lufteintritt
4 Explosionsschutzventil
5 Zellenradschleuse
6 Stiftmühle
7 Filterabscheider
8 Regelklappe Luftstrom
9 Ventilator
10 Luftaustritt

Abbildung 6: Anlagenbeispiel für eine schnelllaufende Mühle. Diese Anlage ist explosionsfest für den maximalen Explosionsüberdruck ausgelegt in Kombination mit Entkopplungsmaßnahmen. Bei kurzem Abstand (in diesem Fall < 6 m) zwischen Filterabscheider und Mühle ist keine zusätzliche Entkopplung erforderlich.

[Bild: Hosokava-Alpine®]

Schutzmaßnahmen

Vorbeugender Explosionsschutz

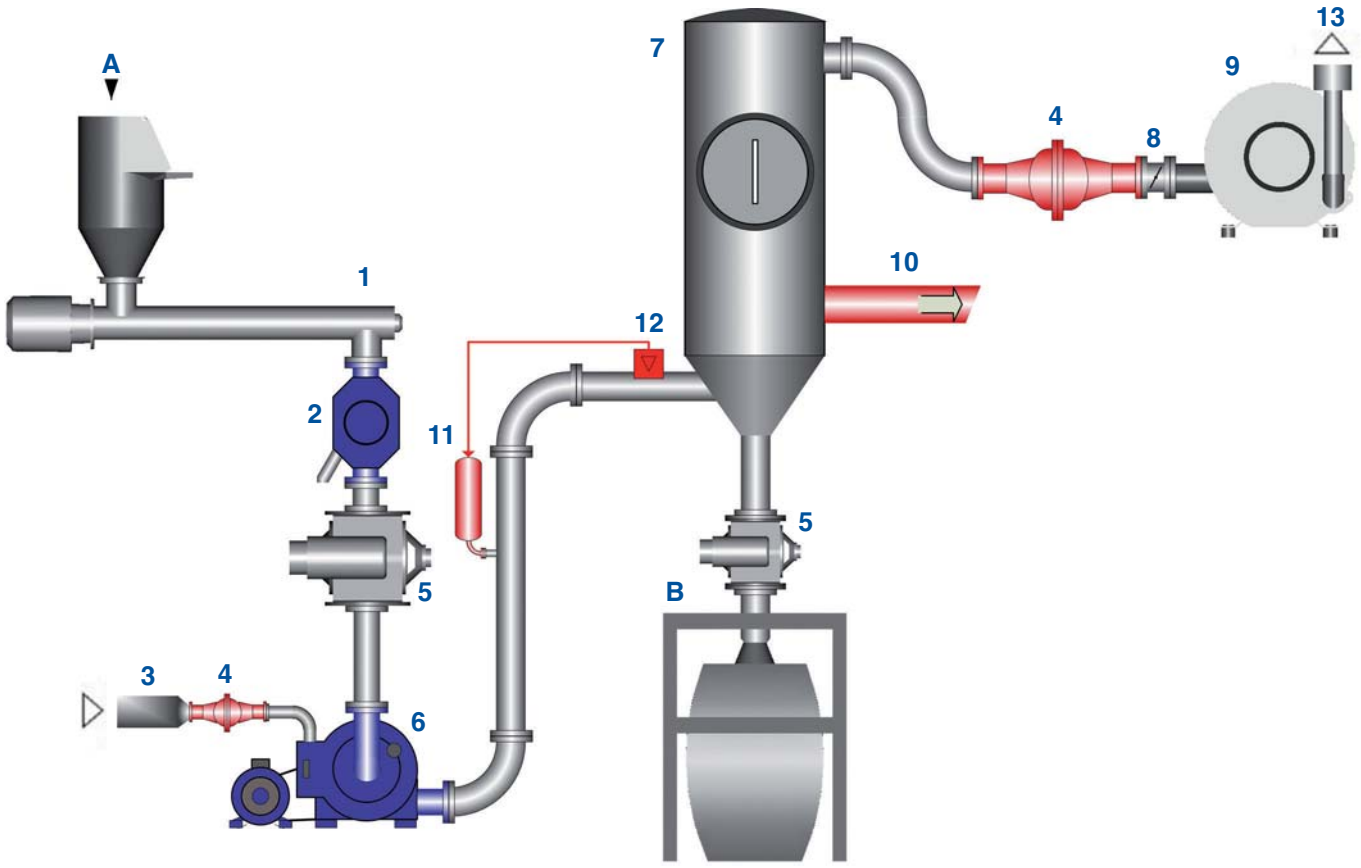
- Schwergutabscheider (2) zum Vermeiden von Zündquellen (mechanisch erzeugte Funken, heiße Oberflächen)
- Da der Ventilator (9) nach EN 14986 zündquellenfrei ist, kann die Überwachung der Dichtheit der Filterelemente durch Staubkontrollgerät oder Sicherheitsfilter vor dem Ventilator (9) entfallen.

Konstruktiver Explosionsschutz

- Bereich Stiftmühle (6) - Filterabscheider (7) - Rohrleitung zwischen (6) und (7): Druckfeste Auslegung für den maximalen Explosionsüberdruck
- Entkopplung der Stiftmühle (6) vom Produkteintrag (A) durch geprüfte Zellenradschleuse (5) (explosionsfest, flammendurchschlagsicher) und von der Lufteintrittseite (3) durch geprüftes Explosionsschutzventil (4)
- Entkopplung des Filterabscheiders (7) vom Mahlgutaustrag (B) durch geprüfte Zellenradschleuse (5) (explosionsfest, flammendurchschlagsicher) und von der Luftaustrittseite (10) durch geprüftes Explosionsschutzventil (4)
- Stillsetzen der Zellenradschleusen (5) über Detektionssystem (abhängig vom Prozess und von den Anlagen) im Explosionsfall
- Alle Rohrleitungen zwischen den Entkopplungssystemen sind explosionsfest für den maximalen Explosionsüberdruck ausgelegt

1.1.1.2 Explosionsdruckentlastung

In einem weiteren Beispiel wurden die in Tabelle 1 identifizierten Zündquellen ebenfalls durch vorbeugende Maßnahmen nicht ausreichend eliminiert. Daher wurde die konstruktive Schutzmaßnahme Explosionsdruckentlastung in Kombination mit der explosionstechnischen Entkopplung realisiert.



A Eintrag des brennbaren Grobproduktes
B Austrag/Abfüllen des Mahlgutes

1 Schneckenförderer
2 Schwergutabscheider, Metallabscheider
3 Lufteintritt
4 Explosionsschutzventil
5 Zellenradschleuse
6 Stiftmühle
7 Filterabscheider
8 Regelklappe Luftstrom
9 Zündquellenfreier Ventilator
10 Druckentlastung über Abblasrohr
11 Löschmittelsperre
12 Flammenmelder für 11
13 Luftaustritt

Abbildung 7: Anlagenbeispiel für eine schnelllaufende Mühle ausgelegt für einen reduzierten Explosionsüberdruck durch Explosionsdruckentlastung in Kombination mit explosionstechnischer Entkopplung.

Schutzmaßnahmen

Vorbeugender Explosionsschutz

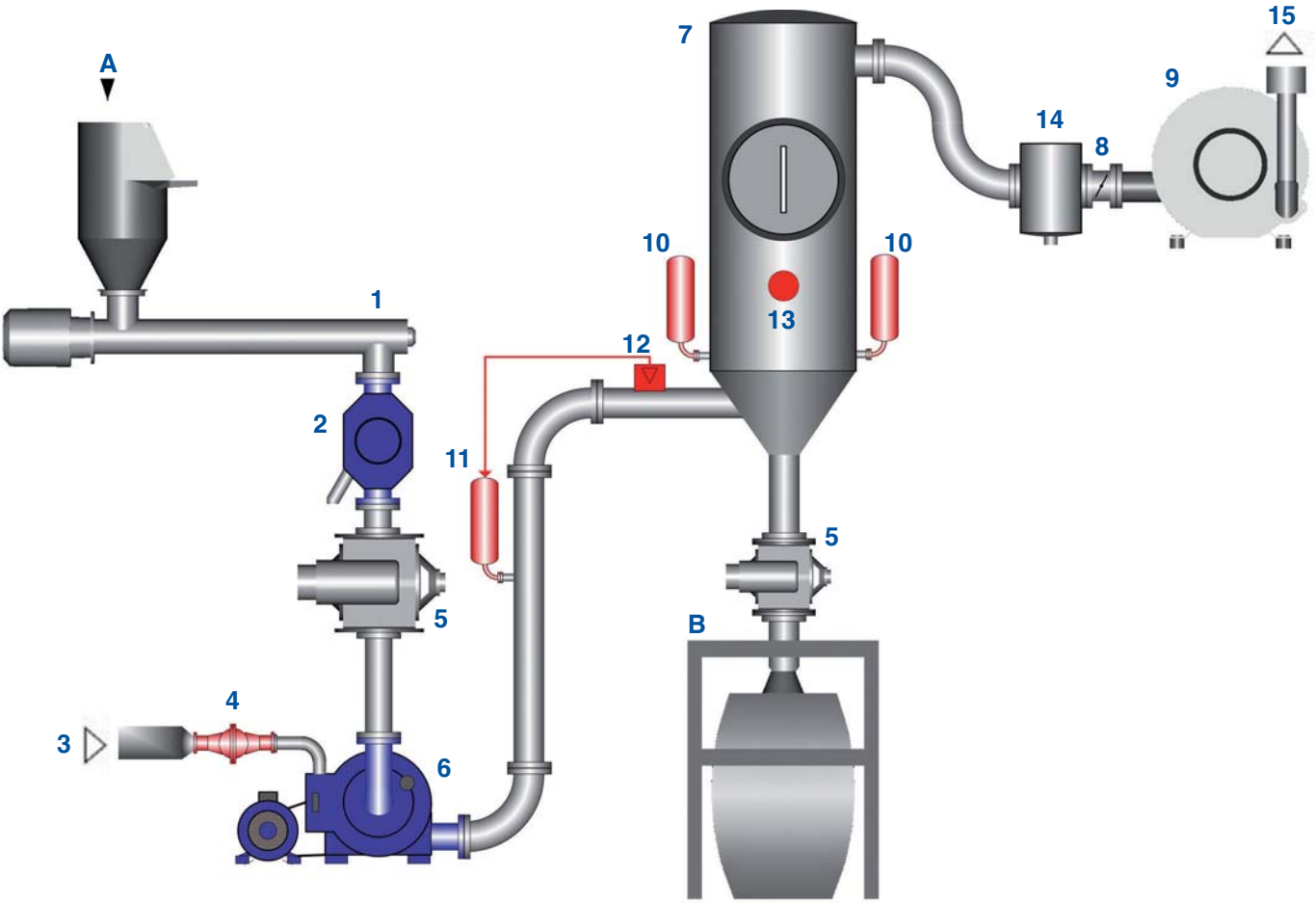
- Schwergutabscheider (2) zum Vermeiden von Zündquellen (mechanisch erzeugte Funken, heiße Oberflächen)
- Da der Ventilator (9) nach EN 14986 zündquellenfrei ist, kann die Überwachung der Dichtheit der Filterelemente durch Staubkontrollgerät oder Sicherheitsfilter vor dem Ventilator (9) entfallen.

Konstruktiver Explosionsschutz

- Filterabscheider (7) mit Explosionsdruckentlastung (10) (nach EN 14491 und EN 14797)
- Bei Verwendung einer Abblasleitung ist die Anhebung des reduzierten Explosionsüberdruckes zu beachten. Ebenfalls sind Rückstoßkräfte in Betracht zu ziehen. Ungefährliche Ableitung ins Freie
- Mühle (6), Filterabscheider (7) und verbindende Rohrleitungen druckstoßfest ausgelegt für den zu erwartenden Explosionsüberdruck (nach EN 14460)
- Entkopplung im Produktweg durch geprüfte Zellenradschleusen (5) (explosionsfest, flammendurchschlagsicher) und eine geprüfte Löschmittelsperre (11)
- Entkopplung der Zuluft (3) und Abluft (13) durch geprüfte Explosionsschutzventile (4)
- Stillsetzen der Zellenradschleusen (5) über Detektionssystem (abhängig vom Prozess und von den Anlagen) im Explosionsfall.

1.1.1.3 Explosionsunterdrückung

Im dritten Anlagenbeispiel wurde die Sicherheit aufgrund der in Tabelle 1 identifizierten und nicht ausreichend eliminierten Zündquellen durch eine Explosionsunterdrückung erreicht.



A Eintrag des brennbaren Grobproduktes
B Austrag/Abfüllen des Mahlgutes

1 Schneckenförderer
2 Schwergutabscheider, Metallabscheider
3 Lufteintritt
4 Explosionsschutzventil
5 Zellenradschleuse
6 Stiftmühle
7 Filterabscheider
8 Regelklappe Luftstrom
9 Ventilator
10 Explosionsunterdrückung
11 Löschmittelsperre
12 Flammenmelder für 11
13 Drucksensoren für 10 (Nur ein Sensor sichtbar)
14 Sicherheitsfilter
15 Luftaustritt

Abbildung 8: Anlagenbeispiel für eine schnelllaufende Mühle bei der die Sicherheit durch eine Explosionsunterdrückung in Kombination mit explosionstechnischer Entkopplung gewährleistet wird.

Schutzmaßnahmen

Vorbeugender Explosionsschutz

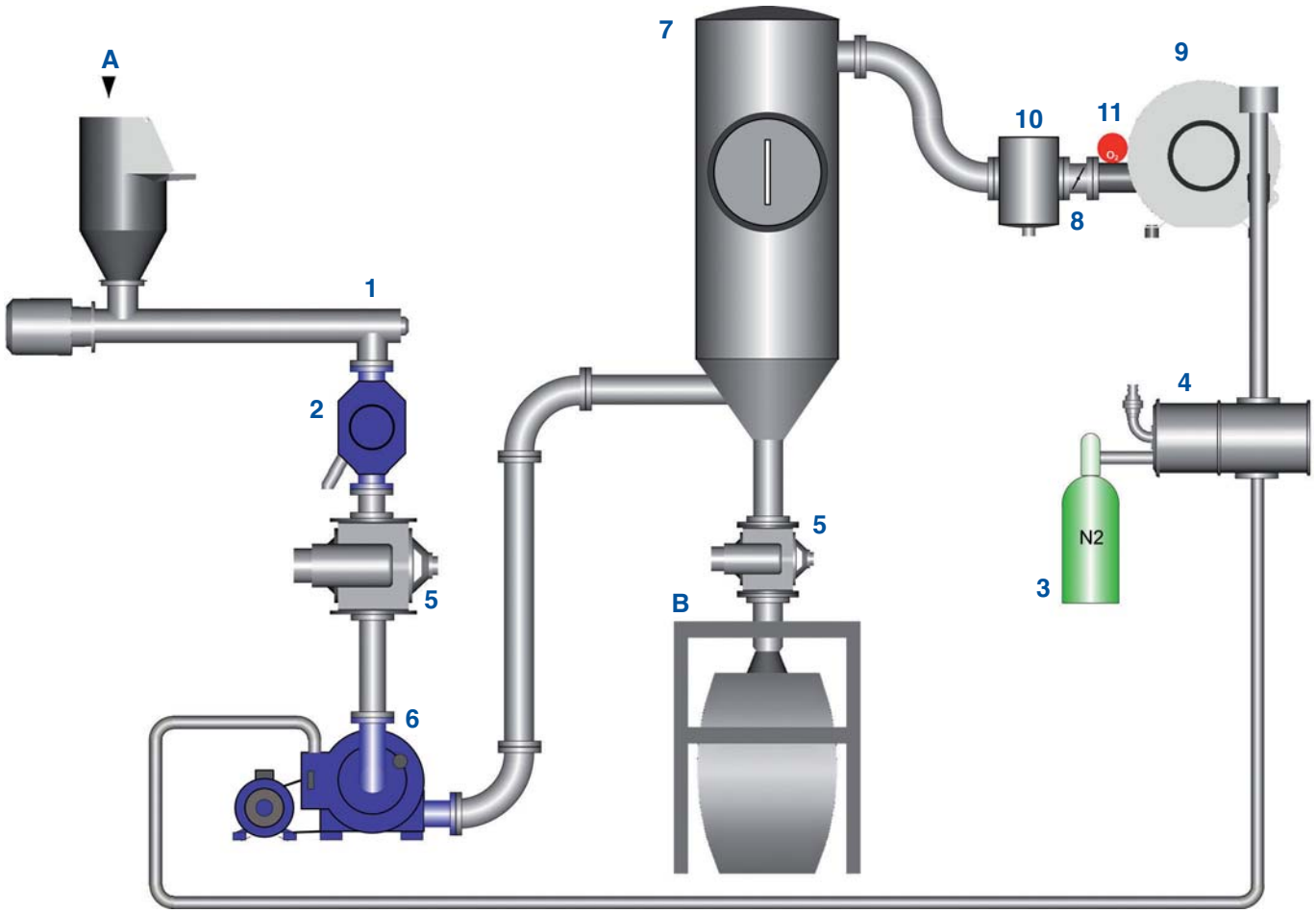
- Schwergutabscheider (2) zum Vermeiden von Zündquellen (mechanisch erzeugte Funken, heiße Oberflächen)
- Überwachung der Dichtheit der Filterelemente durch Sicherheitsfilter (14), da der nachfolgende Ventilator nicht zündquellenfrei nach EN14986 ist.

Konstruktiver Explosionsschutz

- Explosionsunterdrückung (10) am Filterabscheider (7) (nach EN 14373)
- Stiftmühle (6) druckstoßfest ausgelegt für den zu erwartenden Explosionsüberdruck (nach EN 14460)
- Entkopplung im Produktweg durch geprüfte Zellenradschleusen (5) (explosionsfest, flammendurchschlagsicher) und eine geprüfte Löschmittelsperre (11)
- Entkopplung der Zuluft (3) durch geprüftes Explosionsschutzventil (4)
- Automatische Abschaltung der Gesamtanlage im Explosionsfall
- Nachgeschaltete Geräte auf der Reinluftseite müssen die gleiche Festigkeit aufweisen wie das geschützte System

1.1.2 Anlagenbeispiel mit der Schutzmaßnahme Inertisierung

In diesem Anlagenbeispiel wurde zum Vermeiden der Entzündung der explosionsfähigen Atmosphäre die Gesamtanlage inertisiert.



A Eintrag des brennbaren Grobproduktes

B Austrag/Abfüllen des Mahlgutes

1 Schneckenförderer

2 Schwergutabscheider, Metallabscheider zum Schutz der Anlage

3 Inertgasversorgung

4 Ausgleichsbehälter

5 Zellenradschleuse

6 Stiftmühle

7 Filterabscheider

8 Regelklappe Luftstrom

9 Ventilator

10 Sicherheitsfilter zum Vermeiden von Staubverschleppung im Kreislaufbetrieb

11 Sauerstoffüberwachung

Abbildung 9: Anlagenbeispiel für eine schnelllaufende Mühle bei der die Anlage inertisiert wird.

Schutzmaßnahmen

Vorbeugender Explosionsschutz

- Stickstoffinertisierung (3) mit Überwachung insbesondere der Sauerstoffkonzentration (11) (im Fehlerfall automatische Abschaltung der Gesamtanlage) (Hinweis auf CEN/TR 15281; 2006 Leitsätze für die Inertisierung zum Explosionsschutz)

Die Zellenradschleusen (5) in Abb. 9 dienen nicht als Entkopplungseinrichtung und müssen daher nicht explosionsfest und flammendurchschlagsicher sein.

Zoneneinteilung im Inneren

Im Inneren der Anlage ist damit keine Zone definiert.

1.2 Luftstrahlmühlen

Bei Luftstrahlmühlen werden das zu mahlende Produkt und Luft bzw. inerte Gase unter Druck über mehrere Düsen in den Mahlraum eingeblasen. Dadurch baut sich ein Strömungsfeld auf, in welchem die Produktteilchen mit großer Energie mit sich selbst und mit der Mahlkammerwand kollidieren.

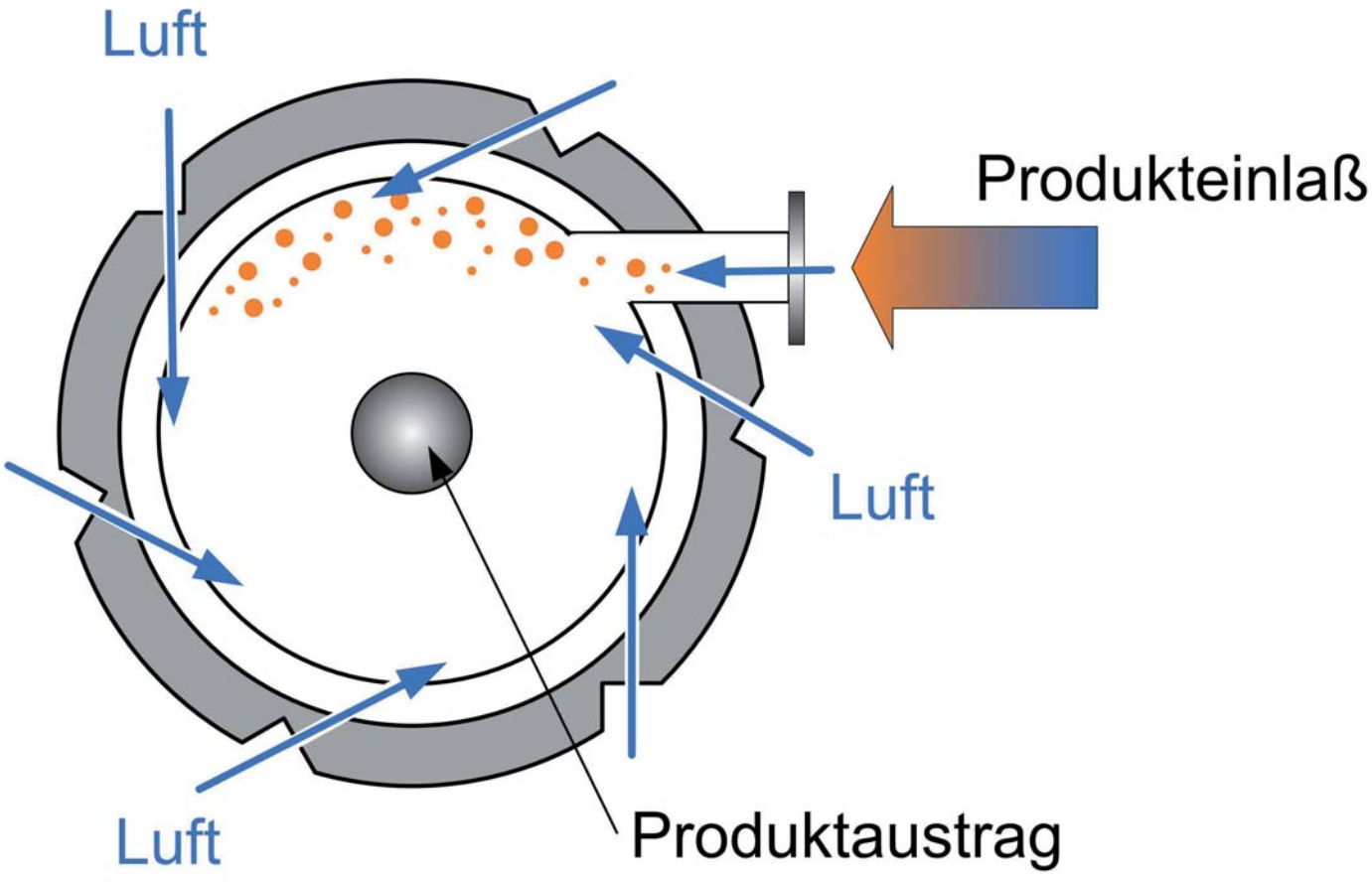


Abbildung 10: Prinzip einer Luftstrahlmühle.

Luftstrahlmühlen haben im Inneren keine bewegten Teile. Daher treten keine mechanischen Zündquellen auf. Mögliche elektrostatische Zündquellen sind zu beachten. Nur wenn vom elektrostatischen Standpunkt aus isolierende Auskleidungen vorhanden sind, ist mit Gleitstielbüschelentladungen zu rechnen. Sind solche Auskleidungen nicht vorhanden und kann ein Zündquelleneintrag sicher vermieden werden, sind keine weiteren Schutzmaßnahmen notwendig.

Werden Luftstrahlmühlen zusätzlich mit schnell bewegten Teilen im Inneren ausgerüstet (z. B. als Sichtermühlen), so sind diese wie schnelllaufende Mühlen zu betrachten (siehe Abschnitt 1.1).

Zoneneinteilung im Inneren

In einer Luftstrahlmühle gibt es fast ständig einen großen Anteil von Feinstaub. Bei Volllast liegt die Konzentration oft derart hoch, dass es nicht zu einer Explosion kommen kann. Je nach Betriebsweise (z. B. geringere Gutbeladung oder häufiges An- und Abfahren) ist die Zone 20 zu definieren. Beim An- und Abfahren kann es zu einer explosionsfähigen Atmosphäre kommen und damit liegt mindestens eine Zone 21 vor.

1.3 Sturzmühlen

Sturzmühlen sind Mühlen mit frei beweglichen Mahlkörpern in einer rotierenden Trommel. Sie lassen sich weiter untergliedern in Trommel- und Rohrmühlen (langgestreckte Trommel). In Trommelmühlen werden Kugeln als Mahlkörper eingesetzt, in Rohrmühlen stabförmige Mahlkörper.

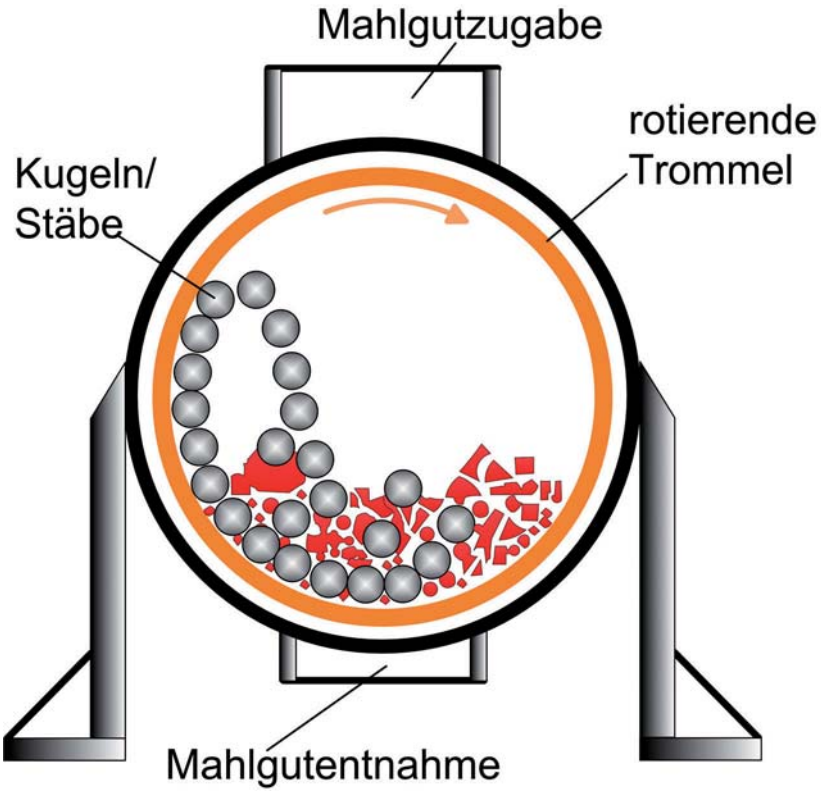


Abbildung 11:

Schematische Darstellung einer Kugelmühle. Anstatt Kugeln finden auch Rollen oder Stäbe Verwendung.

In Sturzmühlen kann durch Reibung starke Erwärmung auftreten, die z. B. in Mühlen von 2 - 3 m Durchmesser innerhalb von 2 Stunden zu einem Temperaturanstieg von 20 °C auf 100 °C führen kann.

Entsprechend der Produkteigenschaften kann dies bei bestimmten Verweilzeiten in der Mühle und entsprechenden Schichtdicken der Ablagerungen zu Glimmnestern führen, die eine Zündquelle für Staubexplosionen sein können.

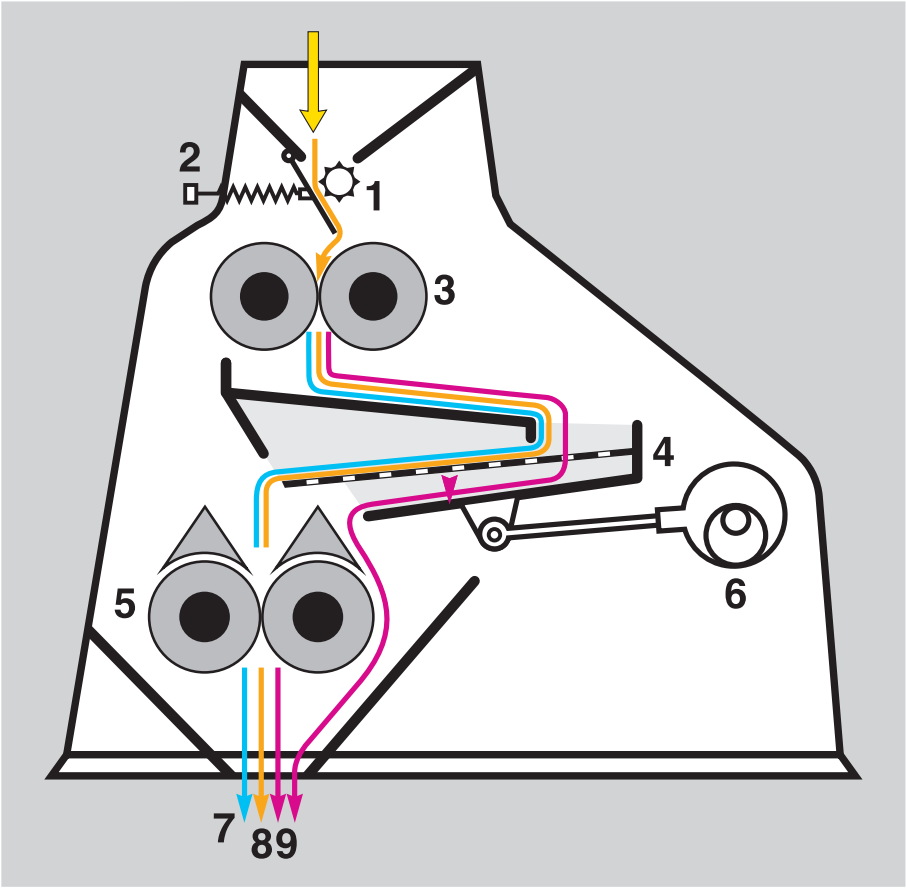
Lassen sich Glimmnester nicht ausschließen, so bieten sich erfahrungsgemäß die Inertisierung als vorbeugende Schutzmaßnahme oder die explosionsfeste Bauweise - in Verbindung mit explosionstechnischer Entkopplung - als konstruktive Schutzmaßnahme an. Schlagempfindliche Produkte dürfen in Sturzmühlen nicht ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen verarbeitet werden.

Zoneneinteilung im Inneren

In Sturzmühlen liegt die Staubkonzentration im Normalbetrieb gelegentlich über der unteren Explosionsgrenze (UEG). Daher wird dieser Mühlentyp meistens in Zone 21 eingestuft. Je nach Betriebsweise (z. B. hohe Gutbeladung oder hohe Geschwindigkeit) ist die Zone 20 zu definieren.

1.4 Walzenmühlen

Das Prinzip der Walzenmühle oder des Walzenstuhls basiert auf dem Zerquetschen des Mahlguts zwischen den sich gegenläufig drehenden Walzen.



1 Verteilerwalze
2 Zulaufregulierung
3 Vorbrecherwalze
4 Schüttelsieb
5 Spelzenwalzenpaar
6 Exzenterantrieb
7 Spelzen mit anhaftenden Griesen
8 Vorbruch
9 Mehl

Abbildung 12:

Schematische Darstellung einer Walzenmühle mit vier Walzen für Getreide.

Bei Walzenmühlen ist im Allgemeinen keine Zündgefahr gegeben, wenn es gelingt, eine einwandfreie Fremdkörperabscheidung durchzuführen und auch eine mechanische Belastung des Produktes durch die Reibung zu keiner gefährlichen Wärmeentwicklung führt.

Möglichkeiten geeigneter Fremdkörperabscheidung sind je nach Einsatzgebiet

- Schwergutabscheider,
- Metallabscheider,
- Magnetabscheider,
- Siebe,
- Steineausleser,
- Trieure

oder Kombinationen dieser Abscheideverfahren.

Mögliche Maßnahmen gegen die Wärmeentwicklung sind z. B.

- Drehzahlüberwachung der Walzen,
- Leistungsüberwachung der Antriebsaggregate,
- Kühlwassertemperaturüberwachung zum Vermeiden unzulässiger Oberflächentemperaturen der Walzen.

Können die genannten Zündquellen nicht mit hinreichender Sicherheit vermieden werden, sind weitergehende vorbeugende oder konstruktive Schutzmaßnahmen, wie unter Abschnitt 1.1 beschrieben, erforderlich.

Zoneneinteilung im Inneren

In Walzenmühlen gibt es ständig einen großen Produktstrom. Die Zone muss abhängig von der Korngröße bzw. Fraktion des Produktes festgelegt werden. Bei großem Feinstaubanteil liegt die Konzentration derart hoch, dass es nicht zu einer Explosion kommen kann. Beim An- und Abfahren kann es zu einer explosionsfähigen Atmosphäre kommen und damit liegt mindestens eine Zone 21 vor.

Eine Variante der Walzenmühle ist die bei der Kohlevermahlung eingesetzte Rollenmühle, bei der die Kohle zwischen den sich drehenden Rollen und dem Mahltisch zerkleinert wird. Aufgrund der starken Neigung von einigen Kohlearten zur Glimmnestbildung und der Betriebsweise der Mühle sind Glimmnester bei der Kohlevermahlung als wirksame Zündquelle kaum zu vermeiden.

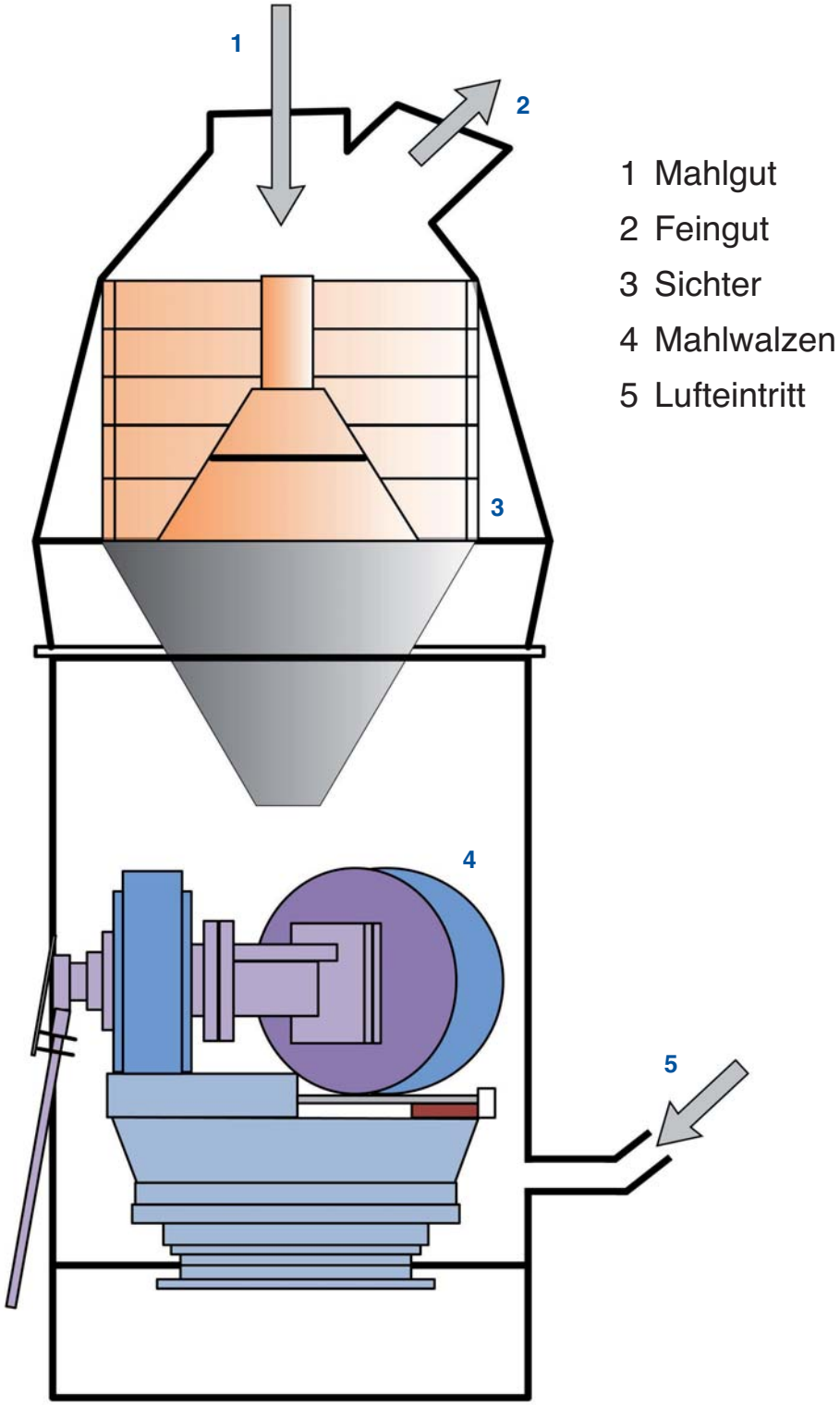


Abbildung 13: Schematische Darstellung einer Rollenmühle, die meist zur Kohlevermahlung eingesetzt wird.

Zoneneinteilung im Inneren

In Rollenmühlen gibt es bei der Kohlevermahlung ständig einen großen Anteil von Feinstaub. Bei Volllast liegt die Konzentration derart hoch, dass es nicht zu einer Explosion kommen kann. Allerdings erreicht die Staubkonzentration beim An- und Abfahren bzw. bei der Unterbrechung der Kohlezufuhr den explosionsfähigen Bereich. Es erfolgt daher mindestens eine Einstufung in die Zone 21.

2 Brecher

Langsamlaufende Brecher (Sicherheitsbrecher) werden zur Grobzerkleinerung und zum Zurückhalten von Metallteilen oder sonstigen größeren Fremdkörpern eingesetzt. Ihre Umfangsgeschwindigkeit beträgt etwa 1 $m \cdot s^{-1}$.

Bei diesem Zerkleinerungsvorgang entstehen nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine wirksamen Zündquellen.

Zoneneinteilung im Inneren

Langsamlaufenden Brecher sind abhängig vom Produkt typischerweise in Zone 22 einzustufen.

Schnelllaufende Brecher sind wie schnelllaufende Mühlen zu behandeln, wenn - bedingt durch den anfallenden Feinstaub - Explosionsgefahr vorhanden ist.

3 Mischer

Aufgrund der bei Mischern üblichen Verfahrenstechnik, z. B. konstruktive Merkmale oder hoher Befüllgrad, ist das Auftreten explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische häufig eingeschränkt. Ist dies der Fall, so können Mischer mit Maßnahmen zum Vermeiden wirksamer Zündquellen hinreichend sicher betrieben werden. Ist dies nicht der Fall, müssen weitergehende Maßnahmen getroffen werden (z. B. Inertisierung oder konstruktiver Explosionsschutz).

In den Produktraum hineinragende Lager sind gegen unzulässiges Erwärmen zu schützen. Bei beheizten Mischern müssen die Temperaturen so begrenzt werden, dass keine gefährlichen Reaktionen (Entzündung abgelagerten oder aufgewirbelten Staubes, Selbsterhitzungs- oder Zersetzungsvorgänge) auftreten können.

3.1 Mischer ohne bewegte Teile im Inneren

Bei diesen Mischern wird durch die Bewegung des Mischbehälters oder durch eine Luftströmung die Durchmischung des Produktes erreicht.

Mischer ohne bewegte Teile im Inneren sind z. B. Spiral-, Trommel-, Doppelkonus-Taumel-, Container- und Luftmischer.

Da bei dieser Mischerausführung keine bewegten Teile im Inneren vorhanden sind, können hierdurch mechanisch erzeugte Funken und/oder mechanisch erzeugte heiße Oberflächen als wirksame Zündquellen ausgeschlossen werden.

Beim Anwenden der Schutzmaßnahme „Vermeiden von wirksamen Zündquellen" ist sicherzustellen, dass keine Zündquellen, z. B. in Form von Glimmnestern, bzw. Fremdkörper, die zu Zündquellen führen können, eingetragen werden.

Abbildung 14: Beispiel für einen Containermischer [Bild: AZO® GmbH & CO KG]

.

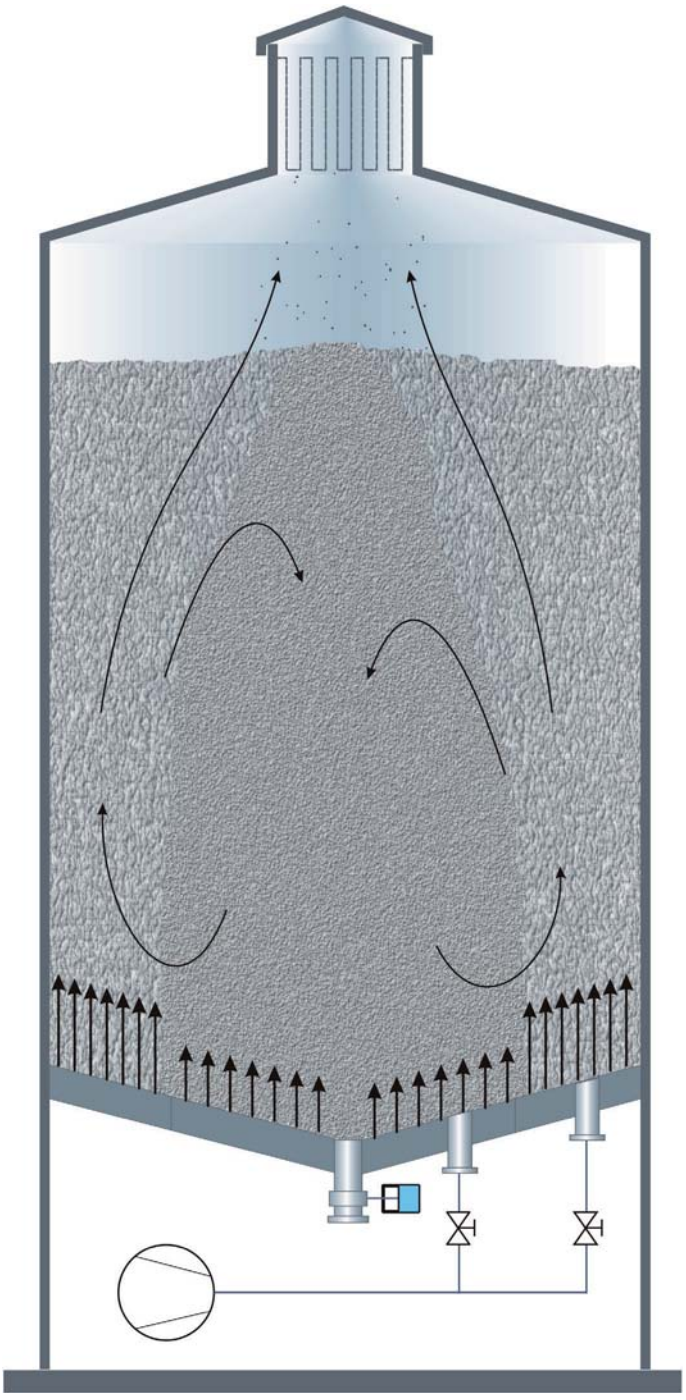


Abbildung 15:

Beispiel eines Luftmischers

[Bild: Prof. Dr.-Ing. Drs. h.c. Manfred H. Pahl, Universität Paderborn]

Mögliche gefährliche elektrostatische Entladungen sind durch geeignete Maßnahmen zu verhindern (Statische Elektrizität, Zündgefahren und Schutzmaßnahmen, IVSS, Heidelberg, 1995, ISBN 92-843-7091-4).

3.2 Mischer mit bewegten Teilen im Inneren

Bei diesem Mischertyp wird das Mischergebnis durch bewegte Mischwerkzeuge erreicht. Beispiele sind Pflugschar-, Paddel-, Konus-, Bandmischer.

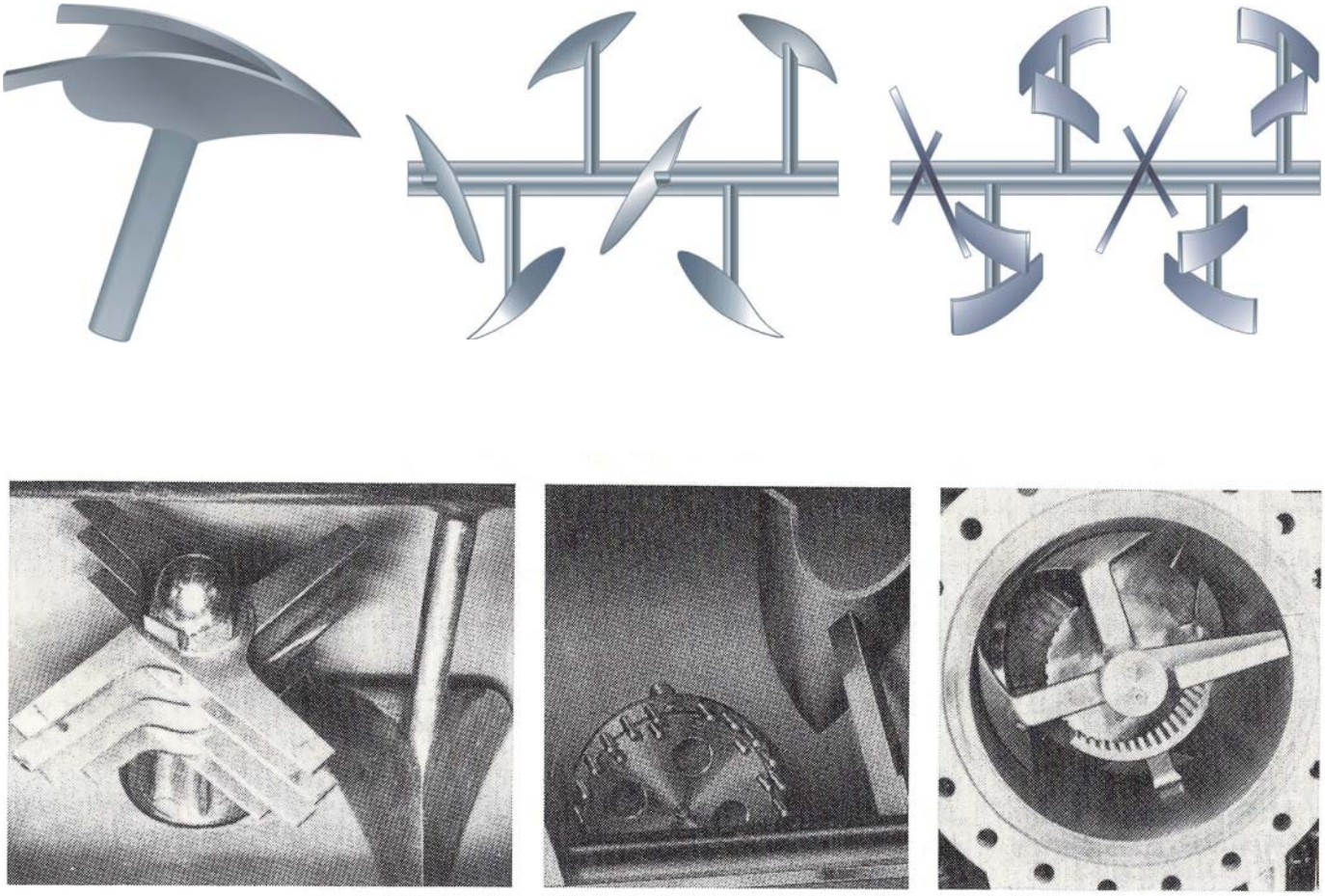
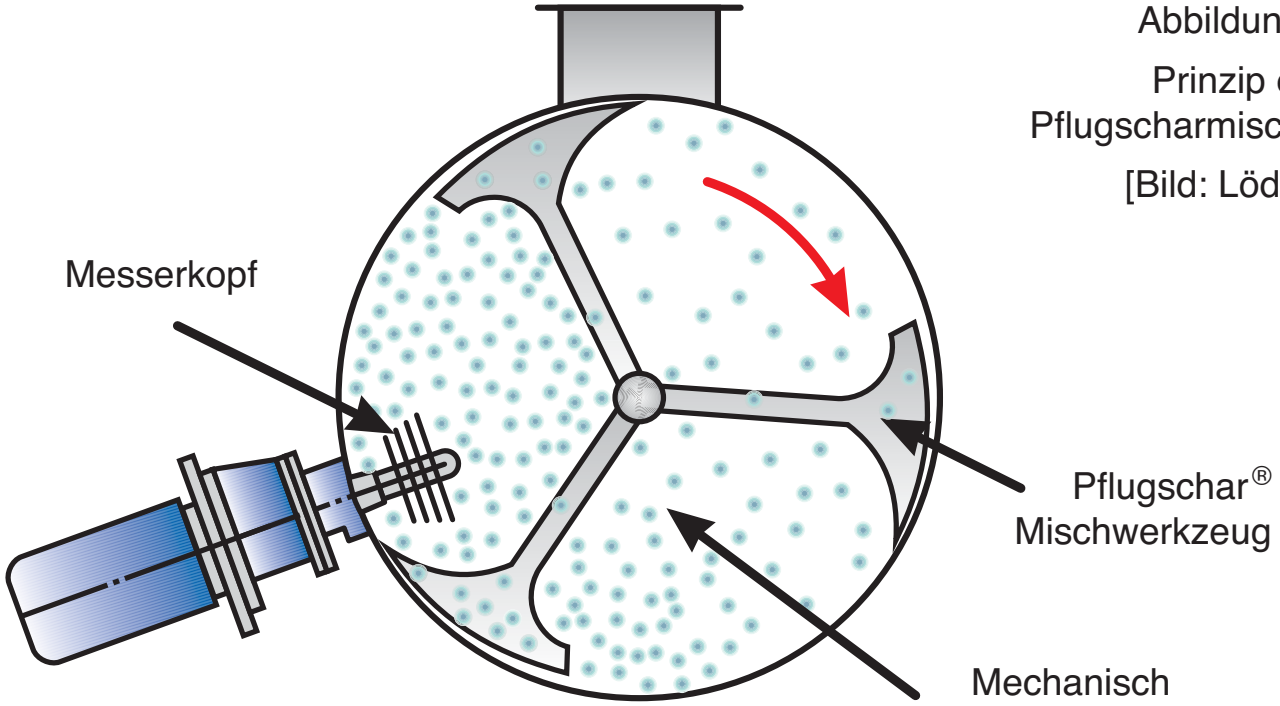


Abbildung 16: Beispiele von Misch-Werkzeugen (oben) und Desagglomerier-Werkzeugen (unten). [Bild: Prof. Dr.-Ing. Drs. h.c. Manfred H. Pahl, Universität Paderborn]

Abbildung 17:

Prinzip eines Pflugscharmischers.

[Bild: Lödige®]



Horizontaler
Lödige Pflugschar Mischer®
nach dem Schleuder- und Wirbelverfahren

Abbildung 18:

Beispiel für einen beheizten Konusmischer (Nautamischer).

[Bild: Hosokava-Micron®]

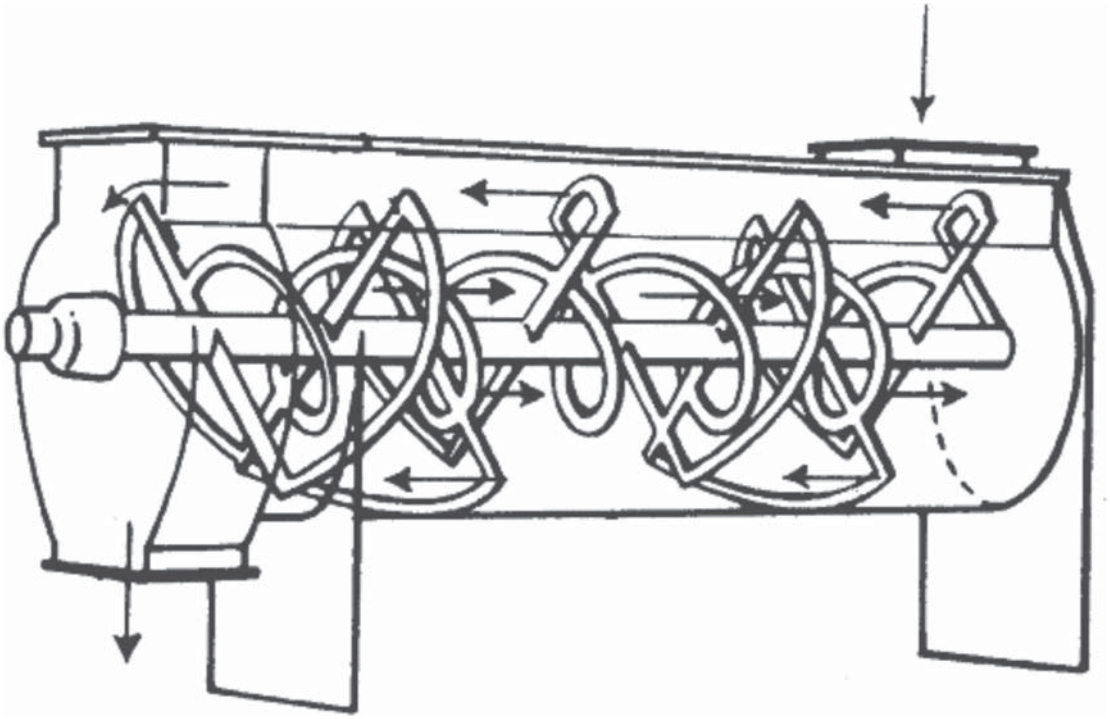


Abbildung 19:

Prinzip eines Horizontalmischers (oben). Das Bild links zeigt einen geöffneten Horizontalmischer.

[Bild: Prof. Dr.-Ing. Drs. h.c. Manfred H. Pahl, Universität Paderborn]

Im Gegensatz zu den Mischern ohne bewegte Teile im Inneren (siehe Abschnitt 3.1) müssen hier durch die Mischwerkzeuge im Störfall mechanisch erzeugte Funken und mechanisch erzeugte heiße Oberflächen in die Überlegungen einbezogen werden. Jedoch bei langsamlaufenden Teilen im Inneren ($v \leq 1\ m \cdot s^{-1}$) und geringen Antriebsleistungen ($W \leq 4$ kW) zeigt die Erfahrung, dass hierdurch keine Zündgefahren zu erwarten sind.

Das Auftreten von wirksamen Zündquellen in Mischern ist im Allgemeinen nicht zu erwarten, falls folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Während der Befüllung oder Entleerung des Mischers sind die Mischerelemente nicht zu bewegen, oder mit einer maximal zulässigen Umfangsgeschwindigkeit von 1 $m \cdot s^{-1}$ zu betreiben. Die Begrenzung der Umfangsgeschwindigkeit ist durch technische Maßnahmen abzusichern.

- Kein Betrieb von Zerhacker oder Desintegratoren während des Befüll- und Entleerungsvorgangs.
- Eine isolierende Beschichtung im Inneren des Mischers muss eine Durchbruchspannung von kleiner 4 kV aufweisen.
- Innenliegende Lager müssen überwacht werden.
- Fremdkörpereintrag vermeiden.
- Produktanbackungen, die zur Selbstentzündung neigen, vermeiden.

Können die Zündquellen nicht sicher ausgeschlossen werden, müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden.

Zoneneinteilung im Inneren

In Mischern hängt die Staubkonzentration stark von der Korngrößenverteilung des Produkts, der Geschwindigkeit des Mischvorgangs und dem Füllgrad des Mischers ab. In den meisten Fällen, abhängig von den genannten Parametern, liegen die Staubkonzentrationen entweder derart hoch oder niedrig, dass es nicht zu einer Explosion kommen kann. Beim An- und Abfahren kann es zu einer explosionsfähigen Atmosphäre kommen und damit liegt im Inneren mindestens eine Zone 21 vor. Es sind jedoch auch Betriebsweisen möglich, bei denen häufig oder ständig eine explosionsfähige Atmosphäre auftritt (Zone 20).

4 Abscheider

Die Funktion eines Abscheiders ist die Trennung von Feststoff und Luft. Abscheider werden u. a. eingesetzt bei hoher Gutbeladung, wie am Ende der pneumatischen Förderung oder bei niedriger Gutbeladung z. B. nur für Feinstaub bei der Aspiration.

Nicht bei allen Abscheidern treten im Inneren explosionsfähige Staub/Luft-Gemische auf. Auch das Vorhandensein von wirksamen Zündquellen ist stark vom Abscheidertyp und verwendeten Produkt abhängig.

Im Allgemeinen ist in Abscheidern unter Normalbedingungen nicht mit dem Auftreten wirksamer Zündquellen zu rechnen, wenn

- nur leitfähige Werkstoffe verwendet werden und alle leitfähigen Teile zuverlässig und dauerhaft geerdet werden ($R_E < 10^6\ \Omega$),
- keine isolierenden Beschichtungen mit einer Durchschlagsspannung grösser als 4 kV an Orten angebracht werden, wo Produkt aufprallt (solche stark ladungserzeugende Prozesse können zu zündwirksamen Gleitstielbüschelentladungen führen),
- bei Produkten mit tiefem Schmelzpunkt oder beim Abscheiden unter erhöhter Temperatur keine Produktablagerungen durch Sinterungs- oder Schmelzprozesse auftreten können, welche eine isolierende Schicht mit einer Durchschlagsspannung grösser als 4 kV an Orten bilden, wo Produkt aufprallt (solche stark ladungserzeugende Prozesse können zu zündwirksamen Gleitstielbüschelentladungen führen),
- keine Selbstentzündungsvorgänge ausgelöst werden z. B. durch Staubablagerungen und höhere Temperaturen,
- keine wirksamen Zündquellen in den Abscheider eingetragen werden (z. B. Glimmnester; Explosionsübertragung aus verbundenen Anlageteilen),
- heiße Oberflächen und mechanisch erzeugte Funken durch Verwenden ausschließlich langsamlaufender Einbauten mit niedriger Antriebsleistung, z. B. Austragshilfen ($v \leq 1\ m \cdot s^{-1}$ und Antriebsleistung ≤ 4 kW) vermieden werden,
- Ventilatoren auf der Reinluftseite angeordnet sind.

4.1 Fliehkraftabscheider (Zyklone)

In der Regel treten im Inneren von Fliehkraftabscheidern nur in Teilbereichen explosionsfähige Staub/Luft-Gemische auf. Durch die Zentripetalkraft wird der Staub in den Bereich nahe der Behälterwand getragen.

Können wirksame Zündquellen nicht sicher vermieden werden, sind weitergehende Maßnahmen erforderlich (z. B. Inertisierung, konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen).

Zoneneinteilung im Inneren

In Zyklonen kann aus der zugeführten Staub- und Luftmenge die mittlere Staubkonzentration berechnet werden. Wenn diese Staubkonzentration im explosionsfähigen Bereich liegt, ist immer Zone 20 festzulegen.

Im Falle einer sehr niedrigen oder sehr hohen mittleren Staubkonzentration muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Zentripetalkraft die örtliche Konzentration nach oben oder unten verschiebt. Deswegen muss auch bei diesen Konzentrationsverhältnissen im Inneren eines Zyklons mindestens eine Zone 22 definiert werden.

4.2 Schwerkraftabscheider

Schwerkraftabscheider werden hauptsächlich als Vorabscheider für grobkörniges Produkt eingesetzt. Beim Fördern von Feststoffen mit geringer Feinstaubbeladung des Förderstromes werden Schwerkraftabscheider als Staubkammer verwendet.

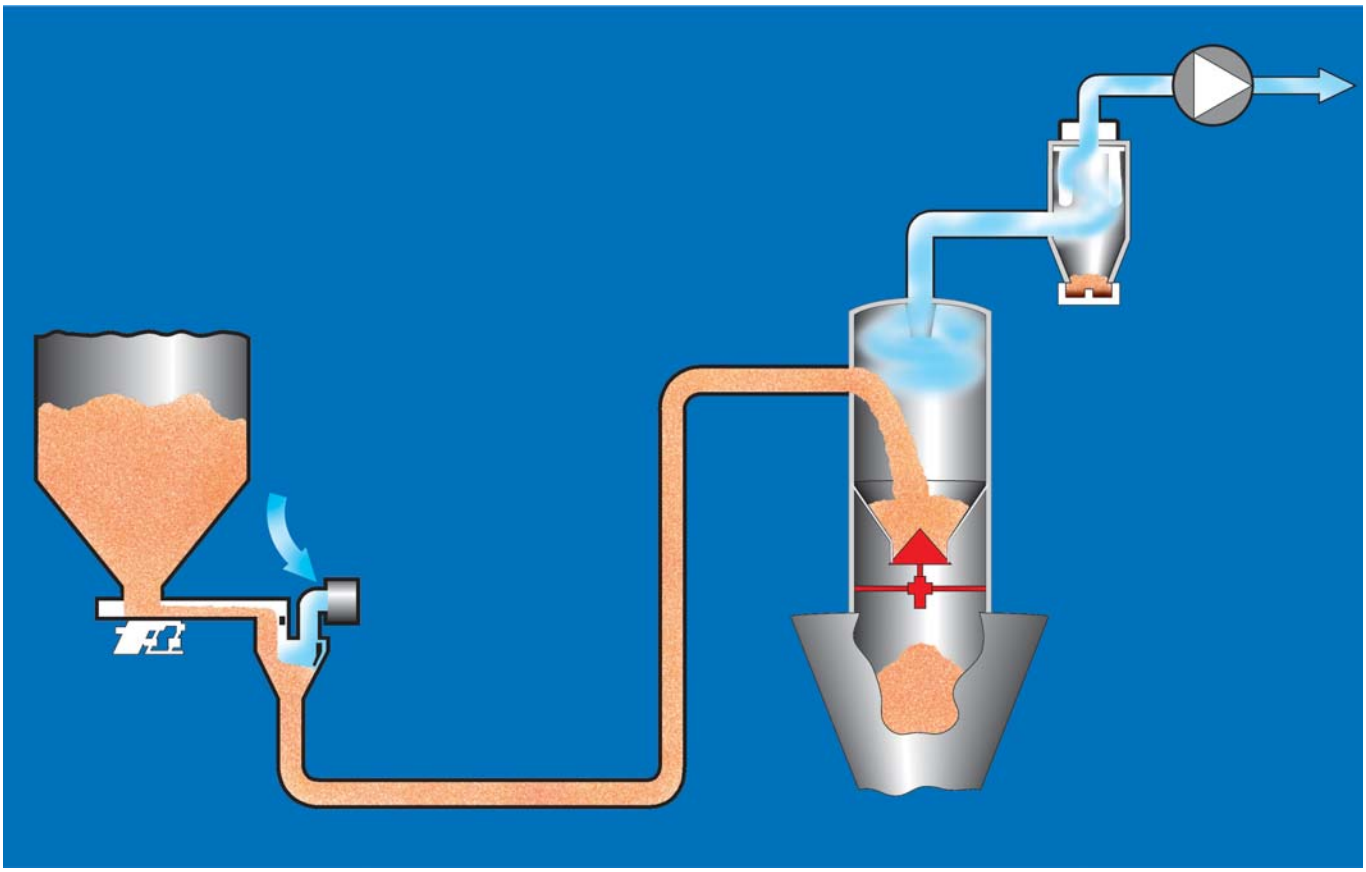


Abbildung 20: Anwendungsbeispiel eines Schwerkraftabscheiders als Primärabscheider in der pneumatischen Förderung .
[Bild: AZO® GmbH & CO KG]

Abhängig von der Anwendung kann sich in einem Schwerkraftabscheider ein explosionsfähiges Gemisch bilden. Wenn der Feinstaubanteil der Staubbeladung gering ist, reichen vorbeugende Maßnahmen (siehe Vorbemerkungen S. 7).

Zoneneinteilung im Inneren

In Schwerkraftabscheidern ist bei der Anwendung als Vorabscheider für grobkörniges Produkt und bei geringer Feinstaubbeladung des Förderstromes selten ein explosionsfähiges Gemisch vorhanden, d. h. Zone 22. Bei der Anwendung als Vorabscheider für grobkörniges Produkt und bei hoher Feinstaubbeladung des Förderstroms kann häufig ein explosionsfähiges Gemisch auftreten. Dies führt zur Festlegung der Zone 20.

4.3 Windsichter

Bei Windsichtern wird durch eine gleichmäßige Aufwärtsströmung eine Korntrennung erzielt. Dabei fällt das Grobkorn unten aus dem Windsichter, während das Feinkorn mit der Luftströmung nach oben mitgenommen wird. Da keine bewegten Teile im Inneren vorhanden sind können mechanische Zündquellen ausgeschlossen werden und damit reichen vorbeugende Maßnahmen (siehe Abschnitt 4 S. 33 und Vorbemerkungen S. 7).

Zoneneinteilung im Inneren

In Windsichtern gibt es überwiegend eine hohe Produktkonzentration mit wenig Feinstaubanteil, weshalb explosionsfähige Atmosphäre nur selten auftritt und damit eine Zone 22 vorliegt. Wird der Windsichter dagegen für Produkte mit hohem Staubanteil verwendet, kann auch die Festlegung einer Zone 21 erforderlich sein.

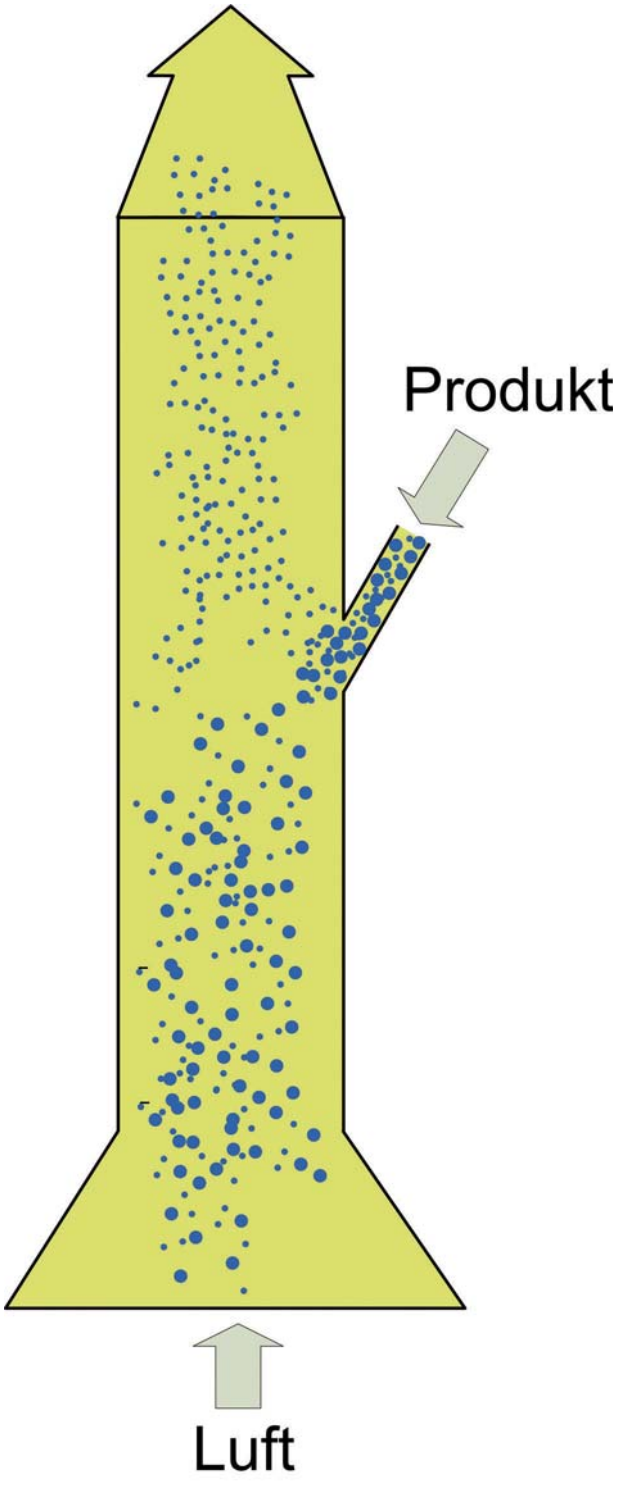
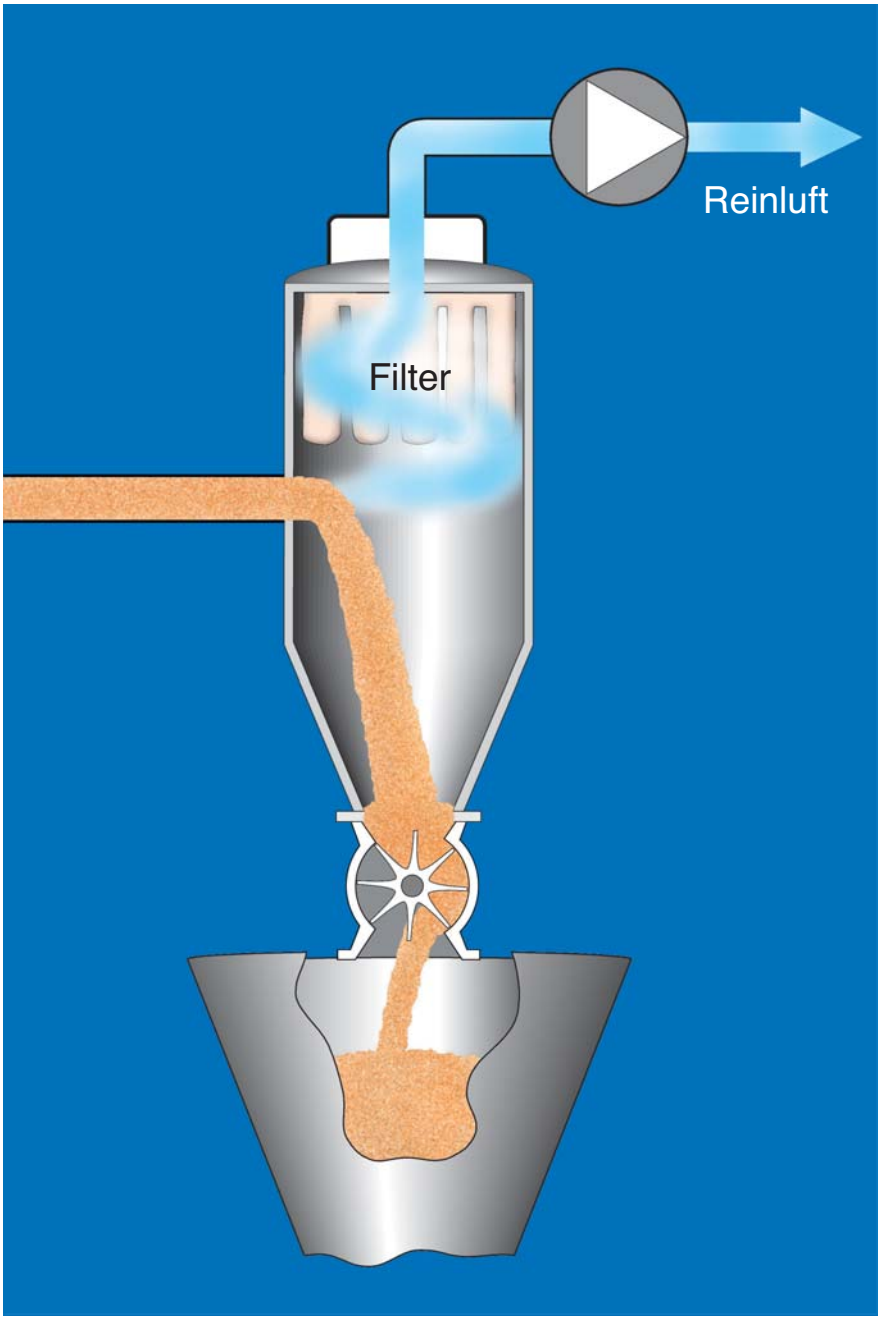


Abbildung 21:

Prinzipskizze eines Windsichters.

4.4 Filternde Abscheider

In der Regel ist im Inneren von filternden Abscheidern mit dem Auftreten von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen, weil insbesondere bei der Abreinigung der Filterelemente Wolken aus Feinstaub erzeugt werden.



Bei der Durchführung der Maßnahme „Erden“ ist für Filterelemente insbesondere auf Folgendes zu achten:
Alle leitfähigen Anlagenteile, die sich gefährlich aufladen können, z. B. Stützkörbe, müssen geerdet werden. Eine Erdung einzelner Schlauchbinder ist nicht erforderlich.

Abbildung 22:

Anwendungsbeispiel eines filternden Abscheiders in der pneumatischen Förderung

[Bild: AZO® GmbH & CO KG]

Eine Ausrüstung des Filters mit leitfähigem Filtermaterial ist aus Explosionsschutzgründen nicht erforderlich, wenn die MZE > 3 mJ ist. Durch isolierendes Filtermaterial von Erde isolierte leitende Teile, z. B. Filterstützkörbe müssen geerdet werden. Werden leitfähige bzw. ableitfähige Filterschläuche eingesetzt, müssen diese ebenalls geerdet werden bzw. mit Erde verbunden sein.

Können wirksame Zündquellen nicht sicher vermieden werden, sind weitergehende Maßnahmen erforderlich (z. B. Inertisierung, konstruktive Schutzmaßnahmen).

Zoneneinteilung im Inneren

Da in der Regel im Inneren von filternden Abscheidern mit dem Auftreten von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen ist, wird im Rohgasbereich meistens Zone 20 definiert. Sind die Abreinigungsintervalle zeitlich sehr lang, kann Zone 21 festgelegt werden.

4.5 Elektroabscheider

Da im Elektroabscheider selbst energiereiche Entladungs- und Kurzschlussfunken auftreten können, ist die Anwendung der Schutzmaßnahme „Vermeiden von wirksamen Zündquellen” nicht möglich. Daher sind im Falle des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre weitergehende Maßnahmen erforderlich (z. B. Inertisierung, konstruktive Schutzmaßnahmen).

Zoneneinteilung im Inneren

Elektroabscheider werden meist bei niedriger Staubbeladung eingesetzt. Daher wird Zone 22 für das Innere festgelegt.

4.6 Nassabscheider

In Nassabscheidern ist mit dem Auftreten explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische nicht zu rechnen, wenn die für die ordnungsgemäße Funktion erforderliche Flüssigkeitsmenge immer vorhanden ist.

Allerdings müssen mögliche Reaktionen des abzuscheidenden Staubes mit der Flüssigkeit in die Sicherheitsbetrachtung mit einbezogen werden, z. B. Wasserstoffbildung durch die Reaktion von Leichtmetallstaub mit Wasser.

Zoneneinteilung im Inneren

In Nassabscheidern ist in der Regel nicht mit explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen und deshalb keine Zone festzulegen.

5 Siebmaschinen

Siebmaschinen dienen zum Kontrollsieben oder Klassifizieren von Schüttgütern.

Bei der Verarbeitung von brennbaren Schüttgütern können verfahrensbedingt explosionsfähige Staub/Luft-Gemische auftreten.

5.1 Siebmaschinen ohne bewegte Teile im Inneren

Siebmaschinen ohne bewegte Teile im Inneren sind z. B. Schwingsiebmaschinen (Plansiebmaschinen, Taumelsiebmaschinen usw.) und Trommelsiebmaschinen.

Abbildung 23: Vibrosiebmaschine (links). Der rechte Teil zeigt die Erdungsmaßnahme sowie das Typenschild als Gerät der Kategorie 3D (außen).

[Bild: Vibra Maschinenfabrik Schultheis GmbH & Co]

Da bei dieser Siebtechnik keine bewegten Teile im Inneren vorhanden sind, können mechanisch erzeugte Funken und/oder mechanisch erzeugte heiße Oberflächen als wirksame Zündquellen ausgeschlossen werden.

In den Siebraum eingebrachte Putzkörper aus nicht leitfähigem Kunststoff sind erfahrungsgemäß nicht als wirksame Zündquelle anzusehen.

Das Vermeiden von wirksamen Zündquellen kann als alleinige Schutzmaßnahme angewandt werden, sofern folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Es ist sicher zu stellen, dass wirksame Zündquellen vermieden werden, z. B. Verhindern des Eintrags von Glimmnestern.
- Gefährliche elektrostatische Entladungen sind durch geeignete Maßnahmen verhindert (Statische Elektrizität, Zündgefahren und Schutzmaßnahmen, IVSS, Heidelberg, 1995, ISBN 92-843-7091-4).
- In den Produktraum hineinragende Lager sind gegen unzulässiges Erwärmen geschützt.

5.2 Siebmaschinen mit bewegten Teilen im Inneren

Im Gegensatz zu Siebmaschinen ohne bewegte Teile im Inneren müssen bei Siebmaschinen mit bewegten Teilen im Störfall im Inneren mechanisch erzeugte Funken und mechanisch erzeugte heiße Oberflächen in besonderem Maße in die Überlegungen einbezogen werden.

Bei langsam laufenden Teilen im Inneren ($v \leq 1\ m \cdot s^{-1}$) und geringen Antriebsleistungen ($W \leq 4\ kW$) zeigt die Erfahrung, dass hierdurch keine Zündgefahren zu erwarten sind.

Zoneneinteilung im Inneren

Im Inneren von schnelllaufenden Siebmaschinen mit bewegten Teilen muss die Zone 20 festgelegt werden.

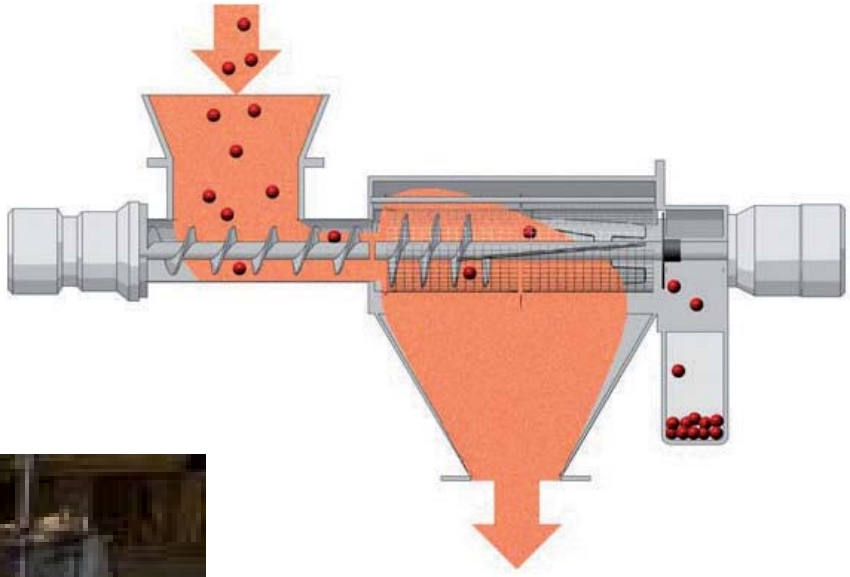


Abbildung 24:

Prinzip einer Wirbelstromsiebmaschine (oben). Das linke Bild zeigt den Siebkorb.

[Bild: AZO® GmbH & CO KG]

Bei schnelllaufenden Teilen im Inneren und/oder höheren Antriebsleistungen kann das Vermeiden wirksamer Zündquellen als alleinige Schutzmaßnahme nur angewandt werden, sofern nachfolgende Bedingungen erfüllt sind:

- Vermeiden zündwirksamer mechanisch erzeugter Funken und mechanisch erzeugter heißer Oberflächen durch konstruktive Maßnahmen z. B. durch die Wahl geeigneter Materialkombinationen wie Passierleisten und Siebkonstruktion aus Kunststoff.
- Der Abstand zwischen bewegten Teilen ist so groß, dass eingetragene Fremdkörper nicht zu gefährlichen Reibvorgängen führen können. Durch den Einsatz von vorgeschalteten Fremdkörperabscheidern kann die Größe von eingetragenen Fremdkörpern begrenzt werden.
- Innenliegende Lager müssen überwacht werden.
- Mögliche gefährliche elektrostatische Entladungen sind durch geeignete Maßnahmen zu verhindern (Statische Elektrizität, Zündgefahren und Schutzmaßnahmen, IVSS, Heidelberg, 1995, ISBN 92-843-7091-4).
- Glimmnesteintrag vermeiden.
- Produktanbackungen, die zur Selbstentzündung neigen, vermeiden.

Können wirksame Zündquellen nicht sicher vermieden werden, sind weitergehende Maßnahmen erforderlich (z. B. Inertisierung, konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen wie in Abbildung 25 rechts unten als Beispiel dargestellt).

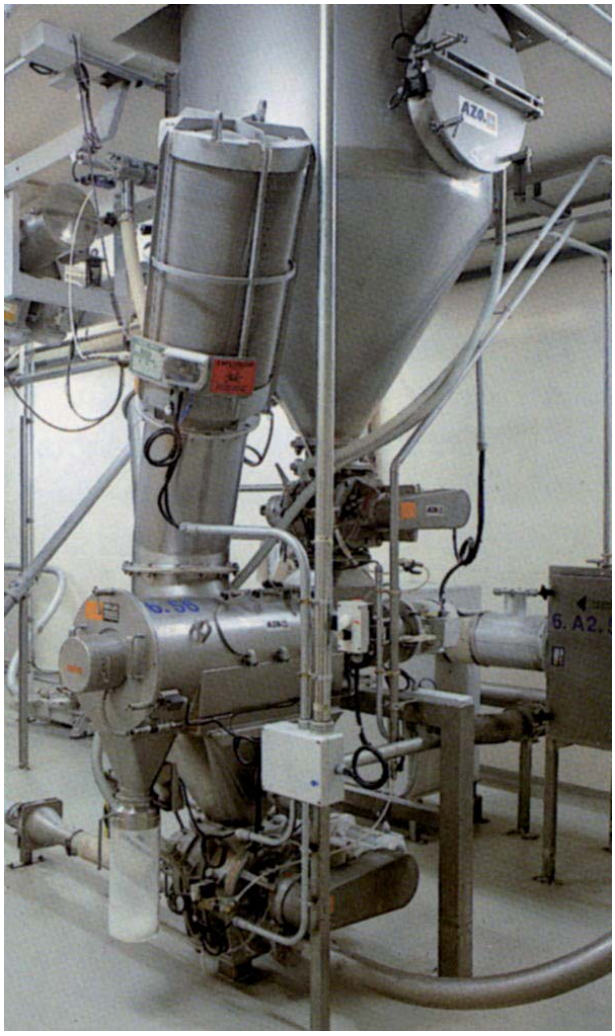


Abbildung 25:

Silo mit nachgeschalteter Wirbelstromsiebmaschine. In der Anlage im oberen Bild wurden die oben beschriebenen vorbeugenden Maßnahmen konsequent umgesetzt, daher sind keine zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen notwendig. Im unteren Bild ist die Wirbelstromsiebmaschine zusätzlich mit einer flammenlosen Druckentlastung geschützt.

[Bild: AZO® GmbH & CO KG]

Schriftenreihe der IVSS (Explosionsschutz)

IVSS Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit

Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten
- Grundlagen (dt./engl.) (1998/2004)
- Beispielsammlung Teil 1: Mühlen, Brecher, Mischer, Abscheider, Siebmaschinen (dt./engl.) (2012)

Explosionsunterdrückung (dt./engl./fr.) (1990)
Bestimmen der Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben (dt./engl.) (1995)
Praxishilfen zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes (dt./engl./ it.) (2006)

Bestelladresse: IVSS Sektion Maschinen- und Systemsicherheit
Dynamostraße 7-11
68165 MANNHEIM
DEUTSCHLAND

IVSS Sektion für Prävention in der chemischen Industrie

Sicherheit von Flüssiggasanlagen - Propan und Butan (dt./engl./fr./it./span.) (1992)
Statische Elektrizität - Zündgefahren und Schutzmaßnahmen (dt./engl./fr./it.) (1995/1996)

Schutz vor Explosionen durch brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel im Gemisch mit Luft (dt./engl./it.) (1999/2000)
Schutz vor Staubexplosionen (dt./engl./it.) (2002)
Staubexplosionsereignisse - Analysen von Staubexplosionen in Industrie und Gewerbe - Ursachen, Lehren und Maßnahmen (dt./engl.) (2005)

Bestelladresse: IVSS Sektion Chemie
Postfach 101480
69004 HEIDELBERG
DEUTSCHLAND

DIE IVSS UND DIE VERHÜTUNG VON ARBEITSUNFÄLLEN UND BERUFSKRANKHEITEN

Der Besondere Ausschuss für Prävention der IVSS setzt sich für die Verbreitung einer Präventionskultur sowie für die Bedeutung von Gesundheit und Sicherheit für erfolgreiche Betriebe und leistungsfähige Beschäftigte ein. Unter dem Gesichtspunkt, dass wir alle voneinander lernen können, bringt der Ausschuss Präventionsexperten aus verschiedenen Ländern zusammen, die in zwölf internationale Sektionen mit speziellen Tätigkeitsbereichen gegliedert sind. Diese Organisation bietet eine Plattform zum Erfahrungsaustausch und zur Diskussion unter Einbeziehung technischer und gesetzlicher Vorgaben. Die Ergebnisse werden durch die verschiedenen Arbeitsgruppen in zahlreichen Publikationen veröffentlicht. Die Treffen, Weltkongresse und Fachsymposien, die der Ausschuss oder eine Sektion organisieren, dienen einerseits dem Erfahrungsaustausch und andererseits als Multiplikatoren für die Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse und der daraus entwickelten Präventionsansätze. Dieses Wissen bildet eine Grundlage sowohl an interdisziplinären, praxisorientierten Lösungen zu arbeiten als auch sich mit neuen Risken zu befassen.

Die Internationalen Sektionen nehmen bei der Prävention eine Schlüsselstellung ein. Ihre Tätigkeit erlaubt eine Vertiefung von Fragen aus folgenden Wirtschaftssektoren und Gebieten: Landwirtschaft; Hoch- und Tiefbau; Elektrizität; chemische Industrie; Bergbau; Maschinen- und Systemsicherheit; Eisen- und Metallindustrie; Gesundheitswesen; Information; Forschung; Erziehung und Ausbildung; Präventionskultur.

Jede Sektion ist ein Forum zum Austausch von Information in ihrem Tätigkeitsbereich. Alle Sektionen organisieren internationale Symposien, Expertentreffen und Rundtischgespräche. Die Sektionen richten Arbeitsgruppen ein, die internationale Events oder Dokumente zu bestimmten Themen vorbereiten. Außerdem beteiligen sich alle Sektionen aktiv an der Organisation der Weltkongresse für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit.

Weitere Informationen unter:

www.issa.int

DIE MITGLIEDER DER INTERNATIONALEN SEKTIONEN

Die Internationalen Sektionen sind finanziell unabhängig, haben eine dezentralisierte Struktur und ihre eigenen Mitgliedschaftsbedingungen (ordentliche und korrespondierende Mitglieder). Die ordentliche Mitgliedschaft steht IVSS-Mitgliedsinstitutionen und anderen nicht gewinnorientierten Organisationen offen; gewinnorientierte Einheiten und Experten mit Aktivitäten im Tätigkeitsbereich einer Sektion können als korrespondierende Mitglieder aufgenommen werden.

Weitere Informationen und Anmeldeformulare sind bei den einzelnen Sektionen erhältlich.

Internationale Sektion der IVSS für den Hoch- und Tiefbau
Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Ile-de-France (Cramif)
17/19 place de l'Argonne
75019 Paris
Frankreich

Internationale Sektion der IVSS für den Bergbau
Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie
Abteilung Bergbau
Hunscheidtstrasse 18
44789 Bochum
Deutschland

Internationale Sektion der IVSS für Prävention in der chemischen Industrie
Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI)
Kurfürsten Anlage 62
69115 Heidelberg
Deutschland

Internationale Sektion der IVSS für die Eisen- und Metallindustrie
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
Adalbert-Stifter-Strasse 54
1200 Wien
Österreich

Internationale Sektion der IVSS für Elektrizität, Gas und Wasser
Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln
Deutschland

Internationale Sektion der IVSS für Erziehung und Ausbildung
Institut national de recherche et de sécurité (INRS)
30, rue Olivier-Noyer
75680 PARIS CEDEX 14
Frankreich

Internationale Sektion der IVSS für Forschung
Institut national de recherche et de sécurité (INRS)
30, rue Olivier-Noyer
75680 Paris Cedex 14
Frankreich

Internationale Sektion der IVSS für das Gesundheitswesen
Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege
Pappelallee 35/37
22089 Hamburg
Deutschland

Internationale Sektion der IVSS für Information
Institut pour la prévention, la protection et le bien-être (PREVENT)
88, rue Gachard
1050 Brüssel
Belgien

Internationale Sektion der IVSS für die Landwirtschaft
Kasie Rolniczego Ubezpieczenia Spo_ecznego
Agricultural Social Insurance Fund (KRUS)
Al. Niepodleg_o_ci 190
00-608 Warschau
Polen

Internationale Sektion der IVSS für Maschinen- und Systemsicherheit
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN)
Dynamostrasse 7-11
68165 Mannheim
Deutschland

Internationale Sektion der IVSS für Präventionskultur
Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA)
34-4, Gusan-dong
Incheon, 403-711
Republik Korea