

***Sicherheitstechnische  
Empfehlungen für  
den Einsatz von Braunkohlenstaub  
(Silogröße bis 120 m<sup>3</sup>)***

***Sicherheitstechnische  
Empfehlungen für  
den Einsatz von Braunkohlenstaub  
  
(Silogröße bis 120 m<sup>3</sup>)***

**Stand: April 2004**

Vervielfältigung und Weitergabe, auch auszugsweise,  
ist nur gestattet, wenn auf die Urheberrechte der  
Rheinbraun Brennstoff GmbH ausdrücklich hingewiesen wird

**Herausgeber: Rheinbraun Brennstoff GmbH  
Abteilung Industrievertrieb**

**50416 Köln  
Tel.: 0221/480 - 22274**

Mit den "**Sicherheitstechnischen Empfehlungen**" sollen die Verwender von Braunkohlenstaub über dessen Eigenschaften und die Maßnahmen, die bei Transport und Lagerung zu beachten sind, informiert werden. Die Empfehlungen basieren auf den einschlägigen Vorschriften für Bau und Betrieb von Kohlenstaubanlagen und wurden gemeinsam mit der EXAM-Fachstelle für Explosionsschutz – Bergbau-Versuchsstrecke, Bochum, erarbeitet.

Darüber hinaus stützen sich diese Empfehlungen auf eine mehr als 60-jährige eigene Betriebserfahrung im Umgang mit Braunkohlenstaub sowie auf die bei zahlreichen Anwendern gesammelten Erkenntnisse.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Produktbeschreibung.....</b>	<b>2</b>
1.1	<i>Braunkohlenstaub .....</i>	2
1.2	<i>Analysenanhaltswerte.....</i>	3
<b>2</b>	<b>Sicherheitsaspekte .....</b>	<b>4</b>
2.1	<i>Allgemeines.....</i>	4
2.2	<i>Sicherheitstechnische Kenngrößen.....</i>	6
<b>3</b>	<b>Hinweise auf rechtliche Rahmenbedingungen .....</b>	<b>7</b>
3.1	<i>Formale Betreiberpflichten.....</i>	7
3.2	<i>Einschlägige Vorschriften.....</i>	8
<b>4</b>	<b>Empfehlungen für den Bau und den Betrieb von Silos für Braunkohlenstaub aus der Sicht des Brand- und Explosionsschutzes .....</b>	<b>12</b>
4.1	<i>Allgemeines.....</i>	12
4.2	<i>Technische Schutzmaßnahmen.....</i>	12
4.3	<i>Betriebsvorschriften.....</i>	15
<b>5</b>	<b>Beispiel für die Anlagenausführung .....</b>	<b>18</b>
5.1	<i>Entladung/Förderung zum Silo .....</i>	18
5.2	<i>Silo.....</i>	20
	Anlagenschema	21

# **1 Produktbeschreibung**

## **1.1 Braunkohlenstaub**

Zur Herstellung von Braunkohlenstaub wird die grubenfeuchte und stückige Rohbraunkohle (Wassergehalt ca. 54 Gew.-%) in den Veredlungsbetrieben zunächst zerkleinert und auf einen Wassergehalt von 11 Gew.-% getrocknet. Die so aufbereitete Braunkohle wird anschließend in Schwingmühlen aufgemahlen und gemeinsam mit dem Filterstaub aus der Brüdenentstaubung als Braunkohlenstaub in Feuerungsanlagen eingesetzt.

Dieses brennfertige Produkt ist trotz des Massengehaltes an Kapillarwasser von 11 Gew.-% äußerst fließfähig und im geschlossenen System problemlos zu handhaben.

Gegenüber anderen Kohlensorten zeichnet sich die rheinische Braunkohle durch folgende Eigenschaften aus :

- niedriger Schwefelgehalt
- niedriger Aschegehalt
- Einbindung des Schwefels in die basische Asche bei der Verbrennung ca. 50 %
- hohe Reaktivität (niedriger Zündpunkt)

## 1.2 Analysenanhaltswerte

Nachfolgend sind die wesentlichen Analysenanhaltswerte für Braunkohlenstaub aufgeführt.

		<b>Braunkohlenstaub</b>
( Jahresmittel )		
Wassergehalt	Gew.-%	11,0
Aschegehalt	Gew.-%	4,0
Flüchtige Bestandteile	Gew.-%	46,0
Schwefel	Gew.-%	0,35
Heizwert ( Hu)	kJ / kg	22.100
	kcal / kg	5.300
Schüttdichte	kg / m <sup>3</sup>	520
( Grenzwerte )		
Körnung	mm	
Rückstand auf 200 µm	Gew.-%	< 16
Rückstand auf 90 µm	Gew.-%	< 43

## 2 Sicherheitsaspekte

### 2.1 Allgemeines

Wie beim Umgang mit anderen Brennstoffen sind beim Einsatz von Braunkohlenstaub eine Reihe von produktspezifischen Sicherheitsanforderungen einzuhalten.

Hauptzielrichtungen der empfohlenen Maßnahmen sind:

- Brandschutz
- Vermeiden von Explosionen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Braunkohlenstaub wie jeder brennbare Staub auch grundsätzlich explosionsfähig ist, wenn die folgenden Voraussetzungen **gleichzeitig** erfüllt sind:

1. Auftreten von aufgewirbeltem Staub in Konzentrationen innerhalb der Explosionsgrenzen
2. Überschreiten der Sauerstoffgrenzkonzentration zur Explosionsvermeidung.
3. Vorhandensein einer Zündquelle mit ausreichender Energie.

Kann **eine** dieser Voraussetzungen mit Sicherheit ausgeschlossen werden, ist eine Staubexplosion nicht möglich.

Auf Basis dieser Zusammenhänge wird folgendes Sicherheitskonzept empfohlen:

- Konstruktive Ausführung der Siloanlage in explosionsdruckstoßfester Bauweise mit Druckentlastung entsprechend der Richtlinien VDI 2263 einschließlich Blatt 3 und VDI 3673 Blatt 1, Ausgabe 2002. Dadurch wird die Auswirkung einer Staubexplosion auf ein unbedenkliches Maß beschränkt.
- Vermeidung von Zündquellen zur Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit. Gemäß Betriebssicherheitsverordnung werden dazu für die jeweilige Anlage ausgehend von der Häufigkeit und der Dauer des Auftretens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre explosionsgefährdete Bereiche festgelegt und in Zonen unterteilt.

Art und Umfang der in diesen Zonen zu beachtenden Anforderungen orientieren sich an den Explosionsschutz-Regeln mit Beispielsammlung (EX-RL).

Bereiche, in denen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist, werden der Zone 20 zugeordnet. Dies betrifft in der Regel nur das Innere von Behältern und Apparaten. Hierzu zählen:

- Lagersilos, soweit sie zeitlich überwiegend befüllt werden,
- Dosierbehälter mit häufigen Befüllvorgängen,
- Pneumatische Fördereinrichtungen mit kontinuierlichen oder häufigen Fördervorgängen.

Bereiche, in denen sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann, werden der Zone 21 zugeordnet. Hierzu zählen :

- Lagersilos, soweit sie **nicht** zeitlich überwiegend befüllt werden,
- Mechanische Fördereinrichtungen

Bereiche, in denen bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt, werden der Zone 22 zugeordnet. Hierzu zählen :

- Der Außenbereich der Siloanlage incl. Entladebereich, die außenliegenden Bereiche von Förderaggregaten wie Dosierung und Förderung, sowie die Einhausung dieser Anlagen in einem festzulegendem Umkreis

Die hieraus abzuleitenden notwendigen technischen und organisatorischen Maßnahmen werden nachstehend näher beschrieben.

## 2.2 Sicherheitstechnische Kenngrößen

In der nachstehenden Tabelle sind die Brenn- und Explosionskenngrößen, die gemäß VDI-Richtlinie 2263 Blatt 1 ermittelt wurden, aufgeführt.

		<b>Braunkohlenstaub</b>
<b>Medianwert</b>	<b>µm</b>	<b>60</b>
<b>Kenngrößen von abgelagertem Produkt</b>		
Brennverhalten Prüftemp. 100 °C		BZ 4
Leicht entzündlich		nein
Glimmtemperatur	°C	240
Selbstentzündungstemperatur Probenvol. 400 cm <sup>3</sup>	°C	110
Gefahrgut gemäß ADR/RID bzw. GGVSE		Klasse 4.2 Verpackungsgruppe II/III
		UN-Nr.1361
Exotherme Zersetzung		nein
Schlagempfindlichkeit		nein
Sauerstoffgrenzkonzentration zur Glimmbranderstickung	Vol.- %	< 2
<b>Kenngrößen von aufgewirbeltem Produkt</b>		
Staubexplosionsklasse		St 1
Max. Explosionsüberdruck	bar	9
K <sub>St</sub> - Wert	bar m/s	150
untere Explosionsgrenze	g/m <sup>3</sup>	40
obere Explosionsgrenze	g/m <sup>3</sup>	14000
Mindestzündenergie	mJ	> 185/< 245
Zündtemperatur	°C	450
Sauerstoffgrenzkonzentration zur Explosionsvermeidung	Vol.- %	12
spezifischer . elektrischer Widerstand <sup>1</sup>	Ω m	2,1 · 10 <sup>11</sup>

<sup>1</sup> Braunkohlenstaub gilt daher als nicht leitfähig.

### **3 Hinweise auf rechtliche Rahmenbedingungen**

#### **3.1 Formale Betreiberpflichten**

Vor Aufnahme der Arbeiten zum Betrieb einer Anlage für Braunkohlenstaub müssen die allgemeinen Arbeitgeberpflichten nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und den Allgemeinen Vorschriften der Berufsgenossenschaften (BGV A1) erfüllt sein. Die allgemeinen Pflichten werden als bekannt vorausgesetzt und nachfolgend nicht weiter behandelt.

Für den Brand- und Explosionsschutz wird insbesondere auf die Erfüllung folgender formaler Betreiberpflichten nach BetrSichV hingewiesen:

- Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung nach § 3 BetrSichV unter Berücksichtigung von §§ 4-5 ArbSchG und § 16 GefStoffV. Dabei ist bzgl. der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Staubatmosphäre zu beurteilen:
  1. Häufigkeit und Dauer ihres Auftretens,
  2. Wahrscheinlichkeit von Vorhandensein, Aktivierung und Wirksamwerden von Zündquellen,
  3. Ausmaß der zu erwartenden Explosionsauswirkungen.
- Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen nach § 5 BetrSichV,
- Erstellung eines Explosionsschutzdokuments nach § 6 BetrSichV, insbesondere mit Angaben zu den ermittelten Explosionsgefährdungen, zur Zoneinteilung, zu den Explosionsschutzmaßnahmen unter Beachtung der Mindestvorschriften nach Anhang 4 der Verordnung und zur Koordination. Bei Anlagen, die vor dem 3. Oktober 2002 erstmalig in Betrieb genommen wurden, ist das Explosionsschutzdokument bis zum 31.12.2005 zu erstellen.

## 3.2 **Einschlägige Vorschriften**

Die spezifischen Anforderungen zu Errichtung, Betrieb und Instandhaltung einer Anlage für Braunkohlenstaub sind in den nachfolgend aufgeführten wichtigsten Verordnungen, Vorschriften, Bestimmungen und Richtlinien genannt.

### **BGV<sup>2</sup> C15** (ehemals VBG 3)

#### **Unfallverhütungsvorschrift Kohlenstaubanlagen**

Die Unfallverhütungsvorschrift gilt für Anlagen, in denen Kohlenstaub hergestellt, gefördert, gelagert oder verwendet wird. Es werden Hinweise für den Bau und die Ausrüstung von Kohlenstaubanlagen und Lagereinrichtungen gegeben. Für den Betrieb und die Überprüfung der Anlage werden die erforderlichen Maßnahmen aufgezeigt.

### **BGV C12** (ehemals VBG 112)

#### **Unfallverhütungsvorschrift Silos**

Diese Unfallverhütungsvorschrift gilt für Silos, die zum Lagern loser Schüttgüter bestimmt sind. Es werden Hinweise für den Bau und die Ausrüstung dieser Anlagen gegeben. Außerdem wird das Einsteigen und Einfahren geregelt.

### **TRD 413**

#### **Kohlenstaubfeuerungen an Dampfkesseln**

Diese Technische Regel für Dampfkessel (TRD) gilt für Kohlenstaub-Feuerungen an Dampfkesseln, und zwar für alle Anlagenteile ab Eintritt Kohle oder Kohlenstaub in das Kesselhaus oder in das dem Kesselhaus zugeordnete Bunkergebäude. Bei anderen Feuerungsanlagen (z. B. in Trockentrommeln) können sinngemäß die Hinweise für die Handhabung und Ausführung bei Lagerung, Transport und Verfeuerung auf die Anwendungsfälle übertragen werden.

### **VDI-Richtlinie 2263 (einschl. BL 1 - 4)**

#### **Staubbrände und Staubexplosionen**

#### **Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen**

---

<sup>2</sup> Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (abgekürzt BGV)

Die Richtlinie definiert in kurzer Form Begriffe, die im Zusammenhang mit Staubbränden und Staubexplosionen verwendet werden. Die Gefahren, die durch brennbare Stäube entstehen können, werden dargestellt und Maßnahmen zur Vermeidung und Beherrschung von Staubbränden und Staubexplosionen erläutert. Außerdem werden die Untersuchungsmethoden zur Ermittlung sicherheitstechnischer Kenngrößen von Stäuben beschrieben.

**VDI-Richtlinie 3673 Blatt 1, Ausgabe 2002**  
**Druckentlastung von Staubexplosionen**

Die Richtlinie beschreibt Druckentlastungseinrichtungen als eine Möglichkeit, die Auswirkungen von Staubexplosionen zu mildern, und gibt Hinweise für die Auswahl und die Dimensionierung derartiger Einrichtungen.

**BGR<sup>3</sup> 104** (ehemals ZH 1/10)  
**Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung (Explosionsschutz-Regeln - EX-RL))**

Die Explosionsschutz-Regeln mit Beispielsammlung gelten für die Beurteilung der Explosionsgefahren beim Umgang mit Stoffen, die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können, sowie für die Auswahl und Durchführung von Schutzmaßnahmen zur Vermeidung dieser Gefahren.

**BGR 132** (ehemals ZH 1/200)  
**Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen - Richtlinien »Statische Elektrizität«**

Die Richtlinien finden Anwendung für die Beurteilung und die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen in explosionsgefährdeten Bereichen und beim Umgang mit explosionsfähigen Arbeitsstoffen.

**GefStoffV**  
**Gefahrstoffverordnung**

---

<sup>3</sup> BG-Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (abgekürzt BGR)

Zweck dieser Verordnung ist es, den Menschen vor arbeitsbedingten und sonstigen Gesundheitsgefahren sowie die Umwelt vor Schädigungen zu schützen. Braunkohlenstaub sind explosionsfähig im Gemisch mit Luft und fallen daher in den Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung.

### **ADR/RID bzw. GGVSE Gefahrgutverordnung Straße/Eisenbahn**

Die Verordnungen gelten für die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße und mit der Eisenbahn. Braunkohlenstaub ist aufgrund der Selbstentzündungsfähigkeit ein Gefahrgut der Klasse 4.2 Verpackungsgruppe II/III und unterliegen somit international der ADR/RID und national der GGVS/GGVE. Durch diese Verordnungen wird entsprechend den besonderen Eigenschaften die Beförderung der Transportgüter geregelt.

### **BetrSichV Betriebssicherheitsverordnung**

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes. Zu den überwachungsbedürftigen Anlagen zählen auch Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen, die Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 94/9/EG sind oder beinhalten.

Mit der Berücksichtigung der BetrSichV wird auch die Richtlinie 1999/92/EG erfüllt.

### **ArbSchG Arbeitsschutzgesetz**

Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit. Das Gesetz gilt in allen Tätigkeitsbereichen und bildet auch die Grundlage für die allgemeinen Arbeitgeberpflichten zum betrieblichen Umgang mit Braunkohlenstaub.

## **RL 94/9/EG**

### **Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen**

Die Richtlinie gilt für das Inverkehrbringen von Geräten, Schutzsystemen, Komponenten und Vorrichtungen für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen und richtet sich in erster Linie an Hersteller. Sie definiert die grundlegenden Sicherheitsanforderungen und die Konformitätsbewertungsverfahren. Für den Betreiber von Anlagen mit Braunkohlenstaub kann die Richtlinie ggf. bei der Auswahl und Beschaffung von Geräten und Schutzsystemen von Interesse sein.

### **Leitfaden zur Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes für Braunkohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle**

In Zusammenarbeit mit der EXAM-Fachstelle für Explosionsschutz – Bergbau-Versuchsstrecke, Bochum, wurde eine Arbeitshilfe zur Erstellung des nach Betriebsicherheitsverordnung erforderlichen Explosionsschutzdokumentes erarbeitet.

## **4 Empfehlungen für den Bau und den Betrieb von Silos für Braunkohlenstaub aus der Sicht des Brand- und Explosionsschutzes**

### **4.1 Allgemeines**

Braunkohlenstaub ist ein fließfähiges Produkte und problemlos pneumatisch förderbar. Wegen der Selbstentzündungsneigung und Explosionsfähigkeit sind beim Bau und Betrieb der Anlagen folgende Schutzmaßnahmen erforderlich, um einen sicheren und störungsfreien Betrieb zu gewährleisten:

### **4.2 Technische Schutzmaßnahmen**

#### **4.2.1 Vermeidung von Zündquellen**

- 4.2.1.1 Im Silodach und im Bereich des Siloauslaufes sind Temperaturmessstellen vorzusehen. Bei Überschreiten der Grenztemperatur von 80° C hat eine Alarmmeldung zu erfolgen und ein Befüllvorgang muss selbsttätig unterbrochen werden.
- 4.2.1.2 Die Armaturen am Silo sind so auszuführen bzw. anzuordnen, dass unkontrollierte Luftzufuhr in den gelagerten Braunkohlenstaub vermieden wird (z. B. luftdichte Armaturen, Luftauflockerungsleitung mit Zwischenentlüftung).
- 4.2.1.3 Die Siloanlage ist mit einem stationären Luftkühler auszurüsten, der die Förderlufttemperatur bei der Silobefüllung auf 80° C begrenzt.
- 4.2.1.4 Alle kohleführenden Anlagenteile müssen entsprechend den "Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren" infolge elektro-statischer Aufladungen elektrisch leitend verbunden und geerdet sein. Der Ableitwiderstand, auch Erdableitwiderstand genannt, gemessen gegen Erdpotential, darf 10<sup>6</sup> Ohm nicht überschreiten.
- 4.2.1.5 Elektrische Betriebsmittel sind gemäß den Vorschriften DIN EN 50281-1-2 / DIN VDE 0165 staubexplosionsschutz auszuführen.
  - Für Zone 22 müssen Betriebsmittel so gebaut sein, dass sich im Inneren weder explosionsfähige Staub/Luft-Gemische noch gefährliche Staubablagerungen bilden können. Diese Bedingungen sind erfüllt, wenn die Betriebsmittel mindestens der Schutzart IP 54 genügen.

- In Zone 20/21 dürfen nur solche Betriebsmittel verwendet werden, die hierfür besonders geprüft und bescheinigt sind; siehe DIN VDE 0170/0171 Teil 13. Dies bedeutet, falls elektrische Betriebsmittel in diesen Zonen, z. B. im Siloinneren eingesetzt werden, müssen die o. g. Forderungen erfüllt sein. Die entsprechende Bescheinigung über die Eignung der Geräte für diesen Bereich ist vom Hersteller anzufordern.

Gemäß DIN EN 50281-1-2 / VDE 0165 Teil 2 (11.1999) gilt bei der Auswahl von Betriebsmitteln für Braunkohlenstaub in Abhängigkeit von der Zone folgender Staubschutz:

<b>Zone 20</b>	<b>Zone 21</b>	<b>Zone 22</b> mit nicht leitfähigem Braunkohlenstaub
IP6X	IP6X	IP5X
Kennzeichnung II 1 D	Kennzeichnung II 2 D	Kennzeichnung II 3 D

Des Weiteren darf die maximale Oberflächentemperatur der Betriebsmittel, die in einer der drei Zonen Verwendung finden, nicht so hoch sein, dass aufgewirbelter Staub oder auf den Betriebsmittel abgelagerter Staub gezündet wird. Dazu müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Die Oberflächentemperatur darf bei Braunkohlenstaub 300 °C nicht überschreiten.
- Ablagerungen sind wirksam zu verhindern oder wo dies nicht möglich ist regelmäßig zu beseitigen. Die Frequenz der erforderlichen Reinigungsmaßnahmen hängt von der anfallenden Menge ab. Auf Flächen, auf denen eine gefährliche Ablagerung eines glimmfähigen Staubes nicht wirksam verhindert werden kann, darf die Oberflächentemperatur des Betriebsmittels bei Staubschichten bis zu 5 mm Dicke eine maximale Temperatur von 165 °C nicht überschreiten. Wenn sich auf Betriebsmitteln Staubablagerungen von mehr als 5 mm bis 50 mm bilden können, muss die maximale Oberflächentemperatur entsprechend reduziert werden. Nähere Hinweise sind der DIN EN 50281-1-2 zu entnehmen.

## 4.2.2 Konstruktive Maßnahmen

- 4.2.2.1 Das Silo einschließlich Aufsatzfilter ist in explosionsdruckstoßfester Bauweise mit Druckentlastung nach VDI-Richtlinie 3673 auszuführen. Alle mit Kohle in Verbindung stehenden Anlagenkomponenten, wie Rohrleitungen, Dosierorgane, etc. sind explosionsfest auszuliegen.
- 4.2.2.2 Als Druckentlastungseinrichtungen sind auf dem Silodach selbsttätig schließende Explosionsklappen mit Endschaltern vorzusehen. Beim Ansprechen

dieser Endschalter müssen sicherheitsrelevante Schaltungen (vgl. 4.2.2.4) sowie Alarm ausgelöst werden.

- 4.2.2.3 Auf dem Silodach sind ausreichend dimensionierte Implosions- bzw. Unterdrucksicherungen vorzusehen, die nach Druckentlastung durch Explosionsklappen den entstehenden Unterdruck infolge der raschen Abkühlung heißer Verbrennungsgase auf eine zulässige Größe begrenzen.
- 4.2.2.4 Unter dem Siloauslauf, auf der Reingasseite des Aufsatzfilters und in der Befüllleitung sind Absperrarmaturen zu installieren, die im Explosionsfall selbstständig schließen (z. B. Verriegelung über Ansprechen der Explosionsklappe). Unter dem Siloauslauf kann anstelle der selbstschließenden Absperrarmatur auch eine druckstoßfeste und flammendurchschlagsichere Zellenrad-schleuse montiert werden.
- 4.2.2.5 Dient das Silo der Versorgung einer Feuerungsanlage, der das Silo unmittelbar vorgeschaltet ist, kann am Siloaustrag auf die in 4.2.2.4 genannten explosionsschutztechnischen Entkopplungseinrichtungen verzichtet werden, wenn stattdessen eine manuelle Absperrarmatur i. V. m. einer Mindestfüllstandssicherung und einer Schnüffleinrichtung vorgesehen wird. Hierzu muss das Silo einen konischen Auslauf von mindestens 70° Neigung zur Horizontalen besitzen und über eine Füllstandsüberwachung sichergestellt sein, dass bei Unterschreitung einer Restfüllstandshöhe kleiner des 2-fachen Durchmessers der Austragsöffnung, eine Alarmierung erfolgt und die Entleerung gestoppt wird. Eine vollständige Siloentleerung über diesen Punkt hinaus ist erst nach einer negativen Schnüffelprüfung auf Glimmbrandverdacht erlaubt. Beim Befüllen des Silos muss die manuelle Absperrereinrichtung immer geschlossen sein.
- 4.2.2.6 Das Silo ist aus betriebstechnischen Gründen mit einer kontinuierlichen Füllstandsmessung und zur leittechnischen Schaltung mit drei Füllstandsmeldungen auszurüsten.
  - 1. Maximaler Füllstand  
(Abschalten der Befüllung)
  - 2. Mittlerer Füllstand  
(Freigabe zur Neubefüllung)
  - 3. Minimaler Füllstand  
(Min.-Meldung)

#### 4.2.3 Brandschutzmaßnahmen

- 4.2.3.1 Zur Brandbekämpfung kann auf die Vorhaltung von Inertgas verzichtet werden, wenn die Siloanlage entsprechend dieser Empfehlungen errichtet und be-

trieben wird. Es ist sicherheitstechnisch ausreichend, das Inertgas im Bedarfsfall zu beschaffen

- 4.2.3.2 Es ist im unteren Silobereich eine sicher zugängliche Inertgasleitung zum Silodach und zu den Auflockerungsdüsen vorzusehen.
- 4.2.3.3 Zur Staubbrandbekämpfung außerhalb der Siloanlage sind geeignete Feuerlöscher zu installieren.

Beispielweise:

- Sonder-Feuerlöscher, Typ W 9 BKS nach DIN EN 3

Dieser Feuerlöscher der Fa. DÖKA, Feuerlöschgerätebau GmbH, Kassel mit der Typbezeichnung W 9 BKS (Sonderfeuerlöscher für die Braunkohlenstaub-Glimmbrandbekämpfung) ist für die Braunkohlenstaub-Glimmbrandbekämpfung entwickelt worden und nach DIN EN 3 zugelassen.

Selbstverständlich kann auch jeder andere für diesen Einsatzzweck zugelassenen Feuerlöscher eingesetzt werden.

Die Bereitstellung erfolgt vor Ort jeweils in Wandhaltern mit der deutlichen Kennzeichnung, diese nur für Bekämpfung von Braunkohlenstaub-Glimmbränden einzusetzen.

## **4.3 Betriebsvorschriften**

### **4.3.1 Entladung**

- 4.3.1.1 Die Silobefüllung darf nur dann erfolgen, wenn der gesamte Inhalt des Silofahrzeuges entleert werden kann und keine kritischen Betriebszustände im Silo vorliegen.
- 4.3.1.2 Das Silofahrzeug ist vor der Entleerung im elektrostatischen Sinne zu erden.
- 4.3.1.3 Im Tank des Silofahrzeuges muss ein Überdruck vorhanden sein.
- 4.3.1.4 Das Silodach darf während der Silobefüllung nicht betreten werden.
- 4.3.1.5 Förder- und Luftschläuche sind nach Gebrauch mit Blindkupplungen zu verschließen.

### **4.3.2 Betreiben der Anlage**

- 4.3.2.1 Die Luftauflockerung darf nur betrieben werden, wenn Kohle aus dem Silo abgezogen wird. Die Taktzeiten der Luftauflockerung sind je nach Fließverhalten der Braunkohle einzustellen.
- 4.3.2.2 Wärmequellen in unmittelbarer Nähe des Silos (heißführende Leitungen, Öfen, etc.) sind zu vermeiden.
- 4.3.2.3 Rauchen, offenes Licht oder Feuer sind in der Nähe der Silo- und Verladeanlage zu verbieten (Hinweisschilder).
- 4.3.2.4 Braunkohlenstaubansammlungen außerhalb der kohleführenden Systeme sind sofort zu beseitigen.
- 4.3.2.5 Brenn-, Schweiß- und Lötarbeiten sowie Vorgänge, bei denen unzulässige Temperaturerhöhungen auftreten, wie Trennen, Schleifen, Schneiden, sind grundsätzlich verboten. Die Durchführung solcher Arbeiten ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Betriebsleiters und bei Stillstand des betreffenden Anlagenteils nach Entfernung des Staubes und nach gründlicher Durchnässung oder Ausspritzung des Arbeitsbereiches gestattet. Während solcher Arbeiten ist eine Brandwache zu stellen. Nach Beendigung der Reparaturarbeiten ist der betreffende Arbeitsbereich auf Umgebungstemperatur abzukühlen und auf mögliche Zündquellen hin zu überprüfen.
- 4.3.2.6 Beim Befahren des Silos oder anderer Kohlenstaubbehälter ist die BGV C12 bzw. BGV C15 zu beachten.
- 4.3.2.7 Die im Silo gelagerte Kohle ist direkt vor Ort für die Verbrennung bestimmt. Sie soll nicht an Dritte abgegeben werden.
- 4.3.2.8 Silos sind unabhängig vom Füllungsgrad bei Stillständen luftdicht zu verschließen.  
Vor längeren Betriebsstillständen ist das Silo, soweit möglich, zu entleeren und vor dem Verschließen des Schiebers am Aufsatzfilter direkt nach der Außerbetriebnahme zu inertisieren.
- 4.3.2.9 Das Silodach darf unter Beachtung von Pkt. 4.3.1.4 zu Wartungs- und Reparaturarbeiten nur begangen werden, wenn keine kritischen Betriebszustände vorliegen.

4.3.2.10 Die Siloanlage und deren Einrichtungen sind vor Inbetriebnahme, nach Instandsetzung sicherheitstechnisch relevanter Teile und spätestens alle 3 Jahre wiederkehrend gemäß Betriebssicherheitsverordnung auf ordnungsgemäßen Zustand zu überprüfen oder überprüfen zu lassen.

### **4.3.3 Verhalten bei Bränden oder Explosionen innerhalb der Siloanlage**

4.3.3.1 Silobefüllung und Entnahme unterbrechen.

4.3.3.2 Die Luftauflockerung ist abzustellen.

4.3.3.3 Die Einschaltung der sachkundigen und verantwortlichen Person, die das Weitere veranlasst, hat zu erfolgen.

4.3.3.4 Bei Bränden oder nach Explosionen ist das Silo luftdicht zu verschließen. Dadurch wird erreicht, dass ein Brand im Silo erstickt wird. Durch Einleiten von Inertgas über das Silodach kann der Vorgang beschleunigt werden. Um zu verhindern, dass beim Einleiten von Inertgas ein Überdruck im Silo entsteht, der den Ansprechdruck der Druckentlastungsklappe überschreitet, muss das Absperrorgan am Filter während der Inertisierung geöffnet sein.

4.3.3.5 Im Falle eines Glimmbrandes im Silo sind zur gefahrlosen Entsorgung folgende Maßnahmen zu ergreifen:

Entsprechend dem freien Silovolumen ist Kohlendioxid ( $2 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$ ) oder Stickstoff ( $1 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{m}^3$ ) einzuleiten. Unter dieser Schutzgasatmosphäre kann der Siloinhalt in den Feuerraum leergefahren werden, wobei entsprechend der abgezogenen Kohlenmenge dem Silo ständig Inertgas nachgeführt werden muss. Die Auflockerung im Silo und die Fluidisierung eines evtl. nachgeschalteten Tauchdosierers darf nur mit Inertgas betrieben werden.

4.3.3.6 Die erneute Befüllung darf erst durchgeführt werden, wenn das Silo vorher vollständig geleert wurde und wenn keine kritischen Betriebszustände mehr vorliegen.

### **4.3.4 Verhalten bei Staubbränden außerhalb der Siloanlage**

4.3.4.1 Staubbrände sind mittels Mittelschaum, Löschpulver oder Wasser unter Zusatz eines Netzmittels zu löschen. Bei Verwendung von Löschpulver oder Wasser sind durch geeignete Austrittsdüsen Aufwirbelungen des brennenden Staubes zu vermeiden.

4.3.4.2 Kleinere Staubbrände können mit feuchtem Erdreich, Sand oder Ähnlichem abgedeckt werden.

4.3.4.3 Staubaufwirbelungen vermeiden.

4.3.4.4 Löscharbeiten von der windzugewandten Seite ausführen.

## **5 Beispiel für die Anlagenausführung**

( Anlagenschema Seite 21 )

Siloplanzen und alle dazugehörigen Einrichtungen sind heute Stand der Technik und werden von verschiedenen Anlagenherstellern angeboten. Die Anlagenteile, die zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen bestimmt sind, müssen eine CE-Kennzeichnung und Konformitätserklärung nach Richtlinie 94/9/EG besitzen, wenn sie nach dem 30. Juni 2003 eingekauft werden. Bei älteren Anlagen bzw. Einrichtungen ist der Nachweis des sicheren Betriebs im Rahmen des Explosionsschutzdokuments ausreichend. ( s. Leitfaden zur Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes für Braunkohlenstaub)

Eine Silofüllung sollte für mindestens zwei Tage, bei Wochenendbetrieb für mindestens drei Tage ausreichen.

### **5.1 Entladung/Förderung zum Silo**

#### **5.1.1 Stationärer Schraubenkompressor**

Luftansaugleistung: ca. 500 m<sup>3</sup>/h  
bei Förderung bis ca. 100 m

Betriebsüberdruck: bei Bahnanlieferung max. 2,5 bar  
bei LKW-Anlieferung max. 2 bar

Förderlufttemperatur: max. 80° C

#### **5.1.2 LKW-Bordkompressor**

Die Förderlufttemperatur ist mittels stationärem Luftkühler auf max. 80° C zu begrenzen.

### 5.1.3 Förderschlauch zum Entladen

Die Förderschläuche müssen im elektrostatischen Sinne aus nichtaufladbaren Werkstoffen bestehen, deren Oberflächenwiderstand kleiner als  $10^9$  Ohm ist.

Sie müssen sowohl mit dem Fahrzeugtank als auch mit dem ortsfesten Behälter, in den das Füllgut entladen wird, elektrisch leitend verbunden sein. Dies ist gewährleistet, wenn der Gesamtwiderstand zwischen den Kupplungsstücken  $10^6$  Ohm nicht überschreitet.

### 5.1.4 Anschlüsse

#### a) Straßenfahrzeug

Förderleitung: 5 1/2" Ww-Gewinde DIN 6602  
Druckluft: Storz C DIN 14307  
LKW-Bordkompressor: Kaltseite - Storz C  
Warmseite - 2"-Tankwagenkupplung

#### b) Bahnkesselwagen

Förderleitung: 5 1/2" Ww-Gewinde DIN 6602  
oder UIC 537 (4") DIN 3795  
Druckluft: Storz C DIN 14307

### 5.1.5 Förderleitung zum Silo

Anschluss: 5 1/2" Ww-Gewinde DIN 6602  
Durchmesser: DN 100  
Werkstoff: St 37  
Rohrbögen: Radius größer 2 m,  
Rohrbögen geflanscht  
evtl. Umlenktöpfe

## 5.2 Silo

### 5.2.1 Siloanschlüsse

Im Silodach sind angeordnet:

- Stutzen für Ex-Klappe/Unterdrucksicherungen
- Stutzen für Aufsatz-Filter
- Stutzen für Einblasdom/Befüllleitung
- Stutzen für Temperaturmessung
- Stutzen für Bunkerfüllstandsmessung

Im zylindrischen Teil sind angeordnet:

- Stutzen für Füllstandsmelder max.
- Stutzen für Füllstandsmelder (Freigabe Silobefüllung)

Im Konusbereich sind angeordnet:

- Auslaufanschluss
- Stutzen für Temperaturmessung
- Öffnungen für Anschluss der Auflockerungsdüsen
- Stutzen für Füllstandsmelder min.

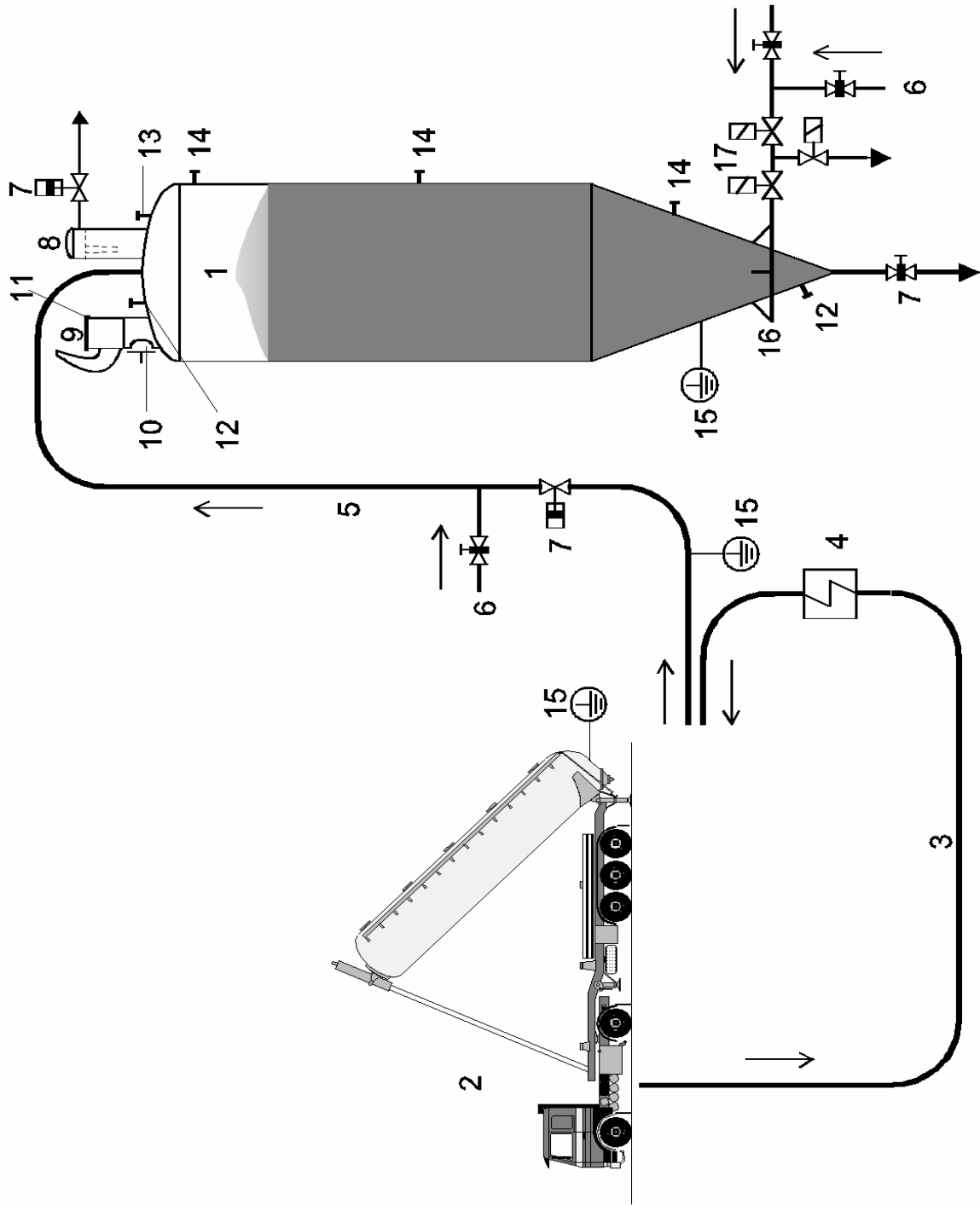
### 5.2.2 Sonstige Angaben

- Der Silo-Auslaufkonus sollte mindestens  $70^\circ$  zur Horizontalen geneigt sein. Zur Vermeidung von Fließproblemen ist der untere Bereich, d. h. vom Austrag ausgehend bis zu einer Höhe von min. 2 m, in Edelstahl auszuführen. Der Auslauf ist mind. in DN 300 auszuführen. Bei großen Abzugsmengen muss der Auslauf entsprechend größer gewählt werden.
- Die Filterfläche der Aufsatzfilter sollte bei einer Kompressor-Ansaugleistung von ca.  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  Luft und einem Befüllleitungsdurchmesser von DN 100 mindestens  $18 \text{ m}^2$  betragen. Damit kann erfahrungsgemäß der Rest-Luftschwall abgeführt werden.
- Zur Unterstützung des Materialflusses aus dem Silo sind zwei Ringleitungen mit geeigneten Auflockerungsdüsen vorzusehen. Die Düsen sind versetzt ca. 200 und 400 mm über dem Auslaufstutzen anzuordnen. Um den Eintritt von Leckluft ins Silo durch Undichtigkeiten während den Stillstandszeiten zu verhindern, sollten Doppelmagnetventile mit Zwi-

schenlüftung in die Luftauflockerungszuführung installiert werden. In der Luft-Zuführungsleitung ist ein Wasserabscheider vorzusehen.

- Über Sensoren sind bei Ansprechen der Explosionsklappe oder im Fall der explosionsfesten Bausweise ohne Druckentlastung bei einem Überdruck von mehr als 0,5 bar im Silo die Absperrschieber auf der Reingasseite des Aufsatzfilters und in der Befüllleitung automatisch zu verriegeln.

- 1 Silo
- 2 Tankfahrzeug mit Bordkompressor
- 3 Förderluftschlauch
- 4 Stationärer Luftkühler
- 5 Befüllleitung
- 6 Inertgasanschluß
- 7 Absperrschieber
- 8 Aufsatzfilter
- 9 Druckentlastungs -  
einrichtung
- 10 Unterdrucksicherung
- 11 Meldekontakt
- 12 Temperaturfühler
- 13 Füllstandmessung
- 14 Füllstandsmeldung
- 15 Elektrostatische Erdung
- 16 Luftauflockerung
- 17 Doppelmagnetventil mit  
Zwischenentlüftung



**Anlagenschema : Siloanlage für Braunkohlenstaub**