

***Sicherheitstechnische
Empfehlungen für
den Einsatz von Braunkohlenstaub
und Wirbelschichtbraunkohle***

Sicherheitstechnische Empfehlungen für den Einsatz von Braunkohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle

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 und Wirbelschichtbraunkohle über deren 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

1	Produktbeschreibung	2
1.1	<i>Braunkohlenstaub</i>	2
1.2	<i>Wirbelschichtbraunkohle</i>	2
1.3	<i>Analysenanhaltswerte</i>	3
2	Sicherheitsaspekte	4
2.1	<i>Allgemeines</i>	4
2.2	<i>Sicherheitstechnische Kenngrößen</i>	6
3	Hinweise auf rechtliche Rahmenbedingungen	7
3.1	<i>Formale Betreiberpflichten</i>	7
3.2	<i>Einschlägige Vorschriften</i>	8
4	Empfehlungen für den Bau und den Betrieb von Silos für Braun- kohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle aus der Sicht des Brand- und Explosionsschutzes	12
4.1	<i>Allgemeines</i>	12
4.2	<i>Technische Schutzmaßnahmen</i>	12
4.3	<i>Betriebsvorschriften</i>	15
5	Beispiel für die Anlagenausführung	17
5.1	<i>Entladung/Förderung zum Silo</i>	18
5.2	<i>Silo</i>	19
	Anlagenschema	25

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 Wirbelschichtbraunkohle

Die Wirbelschichtbraunkohle ist ein Brennstoff, der speziell für den Einsatz in Dampferzeugern mit zirkulierender Wirbelschichtfeuerung hergestellt wird. Nach Trocknung und Zerkleinerung der Rohbraunkohle beträgt der Wassergehalt 14 Gew.-% bei einer Körnung von 0 - 4 mm.

Das brennfertige Produkt ist wie Braunkohlenstaub fließfähig, im geschlossenen System problemlos zu handhaben und zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- niedriger Schwefelgehalt
- niedriger Aschegehalt
- Einbindung des Schwefels in die basische Asche bei Verbrennung in Wirbelschichtfeuerungen bis zu 90 %
- hohe Reaktivität (niedriger Zündpunkt)

1.3 Analysenanzahlswerte

Nachfolgend sind die wesentlichen Analysenanzahlswerte für Braunkohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle aufgeführt.

		Braunkohlenstaub	Wirbelschichtbraunkohle
(Jahresmittel)			
Wassergehalt	Gew.-%	11,0	14,0
Aschegehalt	Gew.-%	4,0	4,0
Flüchtige Bestandteile	Gew.-%	46,0	44,5
Schwefel	Gew.-%	0,35	0,35
Heizwert (Hu)	kJ / kg	22.100	21.200
	kcal / kg	5.300	5.050
Schüttdichte	kg / m ³	520	700
(Grenzwerte)			
Körnung	mm		0 - 4
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 und Wirbelschichtbraunkohle eine Reihe von produktspezifischen Sicherheitsanforderungen einzuhalten.

Hauptzielrichtungen der empfohlenen Maßnahmen sind:

- Brandschutz
- Vermeiden von Explosionen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Braunkohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle 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.

		Braunkohlenstaub	Wirbelschichtbraunkohle
Medianwert	µm	60	700¹
Kenngrößen von abgelagertem Produkt			
Brennverhalten Prüftemp. 100 °C		BZ 4	BZ 4
Leicht entzündlich		nein	nein
Glimmtemperatur	°C	240	240
Selbstentzündungstemperatur Probenvol. 400 cm ³	°C	110	110
Gefahrgut gemäß ADR/RID bzw. GGVSE		Klasse 4.2 Verpackungs- gruppe II/III	Klasse 4.2 Verpackungs- gruppe II/III
		UN-Nr.1361	UN-Nr.1361
Exotherme Zersetzung		nein	nein
Schlagempfindlichkeit		nein	nein
Sauerstoffgrenzkonzentration zur Glimmbranderstickung	Vol.- %	< 2	< 2
Kenngrößen von aufgewirbeltem Produkt			
Staubexplosionsklasse		St 1	St 1
Max. Explosionsüberdruck	bar	9	9
K _{St} - Wert	bar m/s	150	125
untere Explosionsgrenze	g/m ³	40	125
obere Explosionsgrenze	g/m ³	14000	14500
Mindestzündenergie	mJ	> 185/< 245	> 2500
Zündtemperatur	°C	450	450
Sauerstoffgrenzkonzentration zur Explosionsvermeidung	Vol.- %	12	12
spezifischer . elektrischer Widerstand ²	Ω m	2,1 · 10 ¹¹	8,0 · 10 ⁹

¹ Brenn- und Explosionskenngrößen wurden an einer Wirbelschichtbraunkohle mit einem Medianwert von 700 µm ermittelt.

² Braunkohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle gelten daher als nicht leitfähig.

3 Hinweise auf rechtliche Rahmenbedingungen

3.1 Formale Betreiberpflichten

Vor Aufnahme der Arbeiten zum Betrieb einer Anlage für Braunkohlenstaub oder Wirbelschichtbraunkohle 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 Koordinierung. 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 oder Wirbelschichtbraunkohle sind in den nachfolgend aufgeführten wichtigsten Verordnungen, Vorschriften, Bestimmungen und Richtlinien genannt.

BGV³ 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.

³ **Berufsgenossenschaftliche Vorschriften** (abgekürzt BGV)

TRD 415

Wirbelschichtfeuerungen an Dampfkesseln

Diese Technische Regel für Dampfkessel (TRD) gilt für atmosphärische Wirbelschichtfeuerungen an Dampfkesseln. Sie gilt für alle Anlageteile ab Eintritt Brennstoff, im allgemeinen Kohle oder Kohlenstaub, in das Kesselhaus oder das dem Kesselhaus zugeordnete Bunkergebäude. Sie umfasst insbesondere auch Anforderungen an Bunker, Silos und Fördereinrichtungen sowie Kohlenstaubbunker.

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

Staubbrände und Staubexplosionen

Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen

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.

BGR⁴ 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.

⁴ BG-Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (abgekürzt BGR)

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

Zweck dieser Verordnung ist es, den Menschen vor arbeitsbedingten und sonstigen Gesundheitsgefahren sowie die Umwelt vor Schädigungen zu schützen. Kohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle 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 und Wirbelschichtbraunkohle sind aufgrund der Selbstentzündungsfähigkeit Gefahrgüter 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 und Wirbelschichtbraunkohle.

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 bzw. Wirbelschichtbraunkohle 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 und Wirbelschichtbraunkohle aus der Sicht des Brand- und Explosionsschutzes

4.1 Allgemeines

Braunkohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle sind fließfähige 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 10⁶ Ohm nicht überschreiten.
- 4.2.1.5 Elektrische Betriebsmittel sind gemäß den Vorschriften DIN EN 50281-1-2 / DIN VDE 0165 staubexplosionsschutztauglich 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 und Wirbelschichtbraunkohlein Abhängigkeit von der Zone folgender Staubschutz:

Zone 20	Zone 21	Zone 22 mit nicht leitfähigem Braunkohlenstaub bzw. Wirbelschichtbraunkohle
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 und Wirbelschichtbraunkohle 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 auszulegen.

- 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 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 Glimmbranderkennung sind die Siloanlagen mit einer geeigneten Gas-messung (CO- oder alternativ bei Braunkohlenanlagen CH₄-Messung) auszurüsten. Bei Überschreitung des Grenzwertes hat eine Alarmmeldung zu erfolgen.
- 4.2.3.2 Die Siloanlagen für Braunkohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle müssen mit einer Inertgasanlage ausgerüstet werden. Die Inertgasvorräte sind so zu bemessen, dass das Gesamtvolumen des größten Silos mit Inertgas entsprechend den Vorgaben unter Pkt. 4.3.3.5 gefüllt werden kann.
- 4.2.3.3 Es ist im unteren Silobereich eine sicher zugängliche Inertgasleitung zum Silodach und zu den Auflockerungsdüsen vorzusehen.

- 4.2.3.4 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 22)

Siloanlagen 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 und Wirbelschichtbraunkohle)

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

für Braunkohlenstaub: ca. 500 m³/h
bei Förderung bis ca. 100 m

Da bei der Auslegung der Kompressoren für die Förderung von Wirbelschichtbraunkohle die Rohrleitungsgeometrie einen großen Einfluss hat, ist die Ansaugleistung anlagenspezifisch zu ermitteln.

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

Förderlufttemperatur: max. 80° C

5.1.2 Förderschlauch zum Entladen

Die Förderschläuche müssen im elektrostatischen Sinne aus nicht-aufladbaren Werkstoffen bestehen, deren Oberflächenwiderstand kleiner als 10⁹ Ohm ist. Sie müssen sowohl mit dem Fahrzeugtank als auch mit dem orts-festen Behälter, in den das Füllgut entladen wird, elektrisch leitend verbunden sein. Dies ist gewährleistet, wenn der Gesamtwiderstand zwischen den Kupplungsstücken 10⁶ Ohm nicht überschreitet.

5.1.3 Anschlüsse

a) Straßenfahrzeug

Förderleitung : 5 1/2" Ww-Gewinde DIN 6602

Druckluft : Storz C DIN 14307

b) Bahnkesselwagen

Förderleitung für Braunkohlenstaub : 5 1/2" Ww-Gewinde DIN 6602 o-
der
UIC 537 (4") DIN 3795

Förderleitung für
Wirbelschichtbraunkohle : Storz 125

Druckluftleitung für
Braunkohlenstaub : Storz C DIN 14307

Druckluftleitung für
Wirbelschichtbraunkohle : Storz B DIN 14308

5.1.4 Förderleitung zum Silo

Anschluss für
Braunkohlenstaub: 5 1/2" Ww-Gewinde DIN 6602
Durchmesser für
Kohlenstaub: DN 100
Anschluss für
Wirbelschichtbraunkohle: Storz 125
Durchmesser für
Wirbelschichtbraunkohle: DN 125
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/Befülleitung

- Stutzen für Temperaturmessung
- Stutzen für Bunkerfüllstandsmessung
- Stutzen für Gasmessung

Im zylindrischen Teil sind angeordnet:

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

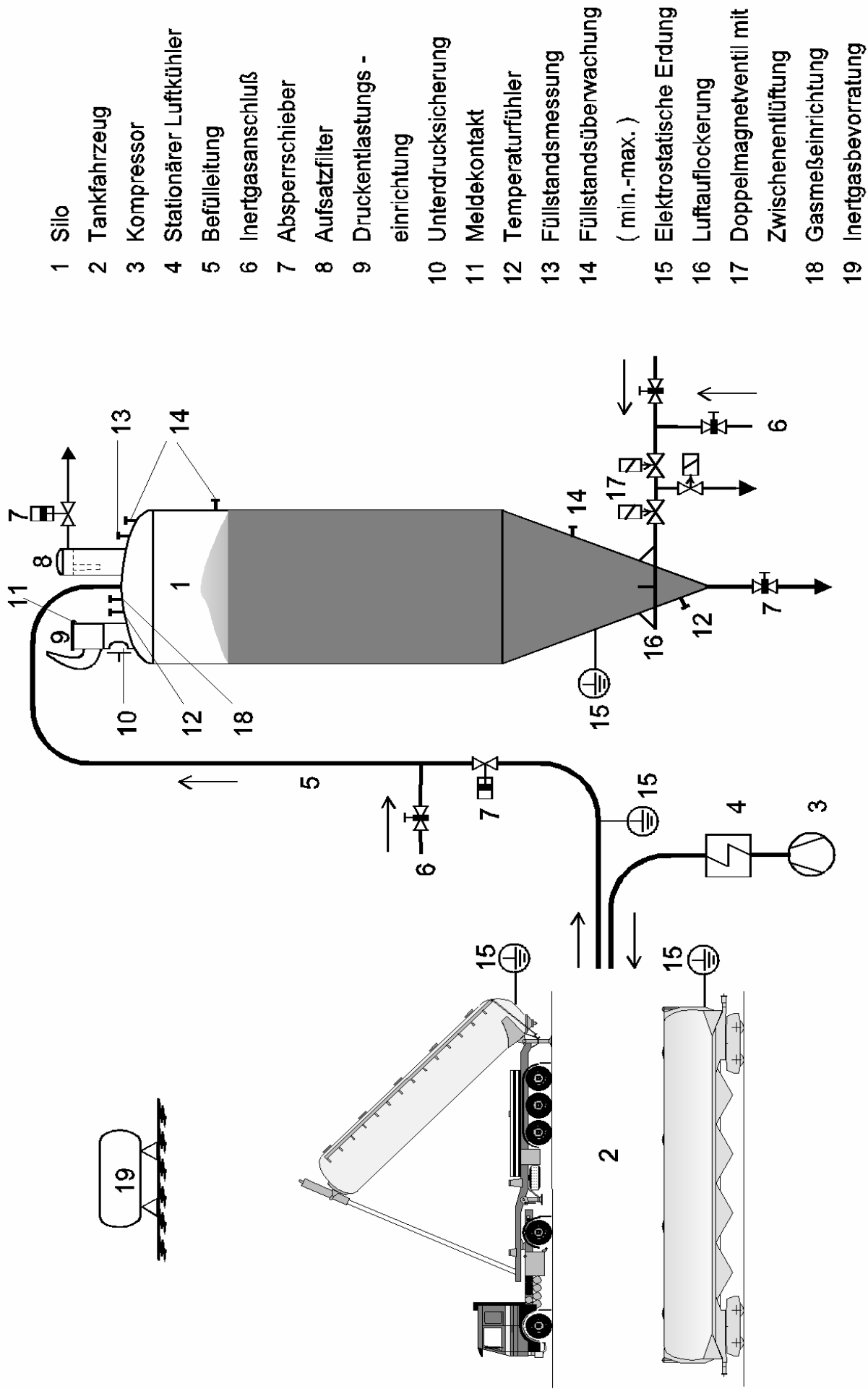
Im Konusbereich sind angeordnet:

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

5.2.2 Sonstige Angaben

- Der Silo-Auslaufkonus sollte mindestens 70° zur Horizontalen geneigt sein. Zur Vermeidung von Fließproblemen ist der untere Bereich, d. h. vom Ausstrag ausgehend bis zu einer Höhe von mindestens 2 m, in Edelstahl auszuführen. Der Auslaufstutzen sollte die Nennweite DN 300 nicht unterschreiten. Bei großen Abzugsmengen muss der Auslauf entsprechend größer gewählt werden.
- Die Filterfläche der Aufsatzfilter ist von der Leistung des Entladekompressors und dem Durchmesser der Befüllleitung abhängig. Z. B. sollte bei einer Kompressor-Ansaugleistung von ca. 500 m³/h Luft und einem Befüllleitungsdurchmesser von DN 100 die Filterfläche mindestens 18 m² 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 Zwischenlüftung in die Luftauflockerungszuführung installiert werden. In der Luft-Zuführungsleitung ist ein Wasserabscheider vorzusehen.

- Über Sensoren sind bei Ansprechen der Explosionsklappe die Absperrschieber auf der Reingasseite des Aufsatzfilters und in der Befüllleitung automatisch zu verriegeln.



Anlagenschema : Siloanlage für Kohlenstaub und Wirbelschichtbraunkohle