

**209-083**

## **DGUV Information 209-083**



**Silos für das Lagern von  
Holzstaub und -spänen –  
Bauliche Gestaltung, Betrieb**

## **Impressum**

Herausgeber:  
Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Sachgebiet „Holzbe- und -verarbeitung“ des  
Fachbereichs „Holz und Metall“ der DGUV.

Layout & Gestaltung:  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Medienproduktion

Ausgabe: Juni 2015

DGUV Information 209-083  
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

# **Silos für das Lagern von Holzstaub und -spänen – Bauliche Gestaltung, Betrieb**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>5</b>	<b>9 Brand- und Explosionsschutz</b> .....	<b>49</b>
<b>2 Baugenehmigung, Konformitätserklärung, Beurteilungsverfahren</b> .....	<b>6</b>	9.1 Sprühwasserlöscheinrichtung .....	49
<b>3 Gefährdungen</b> .....	<b>9</b>	9.2 Inertisierung .....	51
1 Unfallbeispiel – Austrageinrichtungen .....	9	9.3 Explosionsdruckentlastung .....	52
2 Unfallbeispiel – Explosion .....	9	9.4 Flammenauswirkung .....	55
3 Unfallbeispiel – Verschüttet-Werden .....	9	9.5 Elektrische Ausrüstung .....	56
<b>4 Grundlagen des Verhaltens von Gemischen aus Holzstaub und -spänen bei der Lagerung</b> .....	<b>10</b>	<b>10 Organisation und Dokumentation</b> .....	<b>57</b>
4.1 Fließfähigkeit .....	10	10.1 Gefährdungsbeurteilung und Explosions- schutzdokument .....	57
4.2 Stockbildung .....	10	10.2 Betriebsanweisungen .....	57
4.3 Biologische Aktivität .....	11	10.3 Personelle Organisation .....	58
4.4 Brennbarkeit, Explosionen .....	11	10.4 Unterweisungen .....	58
<b>5 Grundlagen der baulichen Gestaltung</b> .....	<b>13</b>	10.5 Prüfungen .....	59
5.1 Planung der Lagerkapazität und des Leervolumens eines Silos .....	13	10.6 Alarmpläne .....	59
5.2 Gestaltung des Silobaukörpers .....	14	<b>Anhang 1</b>	
5.3 Gestaltung des Späne-Lageraumes .....	15	Vorschriften, Regeln, Veröffentlichungen .....	60
5.4 Silogeometrie .....	15	<b>Anhang 2</b>	
5.5 Standort .....	15	Abschätzung der notwendigen Späne-Lagermenge über die Wärmebedarfssummenlinie .....	62
5.6 Öffnungen .....	17	<b>Anhang 3</b>	
5.7 Aufstiege .....	20	Erlaubnisschein für Arbeiten in Silos für Holzstaub und -späne .....	63
<b>6 Einrichtungen zum regulären Betrieb des Silos</b> .....	<b>23</b>	<b>Anhang 4</b>	
6.1 Beschickungs- und Befüllleinrichtungen .....	23	Betriebsanweisung "Sicheres Arbeiten in Silos für Holzstaub und -späne" .....	64
6.2 Austragung/Entleerung .....	25	<b>Anhang 5</b>	
6.3 Umlagerung des Siloinhaltes .....	28	Betriebsanweisung „Verhalten bei Bränden an Absauganlagen und Spänesilos“ .....	65
6.4 Füllstandsanzeige/Füllstandsüberwachung .....	28	<b>Anhang 6</b>	
6.5 Temperatur und CO/CO <sub>2</sub> -Überwachung .....	29	Nachweis der Unterweisung zum Thema: „Sicheres Arbeiten in Silos für Holzstaub und -späne“ .....	66
6.6 Siloaustrag zur Feuerung .....	30	<b>Anhang 7</b>	
<b>7 Konzepte zur Vorgehensweise bei Störungen</b> .....	<b>31</b>	Checkliste für die Planung bzw. Bestellung neuer Silos zum Lagern von Holzstaub und -spänen .....	67
7.1 Maßnahmen zur Störungsbeseitigung ohne Zugang zum Siloinneren .....	31	<b>Anhang 8</b>	
7.2 Maßnahmen zur Störungsbeseitigung mit Zugang zum Siloinneren .....	36	Anforderungen an die Beschickungseinrichtungen an Holzspäne- und Holzstaubfeuerungen .....	74
<b>8 Einrichtungen zum Beseitigen von Störungen</b> .....	<b>41</b>		
8.1 Fließhilfen bzw. Geräte zur Fluidisierung .....	41		
8.2 Geräte zur Reinigung von Silos und Trichtern .....	42		
8.3 Stocheröffnungen zur Wiederherstellung des Materialflusses .....	44		
8.4 Transportable Austrageinrichtungen .....	44		
8.5 Notentnahmestutzen .....	45		
8.6 Einfahreinrichtungen .....	45		
8.7 Persönliche Schutzausrüstung .....	46		

# 1 Anwendungsbereich

Silos im Sinne dieser Information sind Anlagen zum zeitweisen Lagern von Holzstaub, Holzspänen sowie Hackschnitzeln, die von oben befüllt und nach unten oder von der Seite her entleert werden.

Als Silos gelten ortsfeste geschlossene Sammel- und Lager-einrichtungen mit einer maximal möglichen Lagerhöhe von mehr als 1,5 m (DIN EN 12779).

Nicht als Silo im Sinne dieser Schrift gelten:

- Mindestens teilweise offene Lagerhallen oder ähnliche Einrichtungen, die zur Entnahme des Schüttgutes von der Seite her betriebsmäßig (z. B. mit Radladern) befahren werden
- Offene Container, die z. B. mit einer Plane abgedeckt sind
- Sonstige Späne-Sammel- und -Lagereinrichtungen: Für geschlossene, transportable oder stationäre Behälter (z. B. Container oder Pufferspeicher) mit einem Fassungsvermögen von mehr als 1 m<sup>3</sup> bei pneumatischer Befüllung und mehr als 3 m<sup>3</sup> bei druckloser Befüllung gelten die Anforderungen des Brand- und Explosionsschutzes des Abschnitts 9 dieser Information (siehe hierzu auch DGUV Information 209-045 „Absauganlagen und Silos für Holzstaub und -späne – Brand- und Explosionsschutz“). Wenn in solchen Behältern mechanische Fördereinrichtungen o. ä. vorhanden sind, gelten außerdem die Anforderungen des Abschnitts 6 dieser DGUV Information.

Späne-Lagerräume mit Zugängen unter Erdniveau (Späne-Keller) müssen ebenfalls alle in dieser DGUV Information genannten Anforderungen erfüllen. Bei der Umsetzung der Maßnahmen zum Brand- und Explosionsschutz (Abschnitt 9) ergeben sich erfahrungsgemäß in der Praxis kaum lösbare Probleme.

Diese DGUV Information behandelt:

- die baulichen Anforderungen an ortsfeste Silos
- die erforderlichen sicherheitstechnischen Einrichtungen
- die Maßnahmen zum sicheren Betrieb einschließlich der Behebung von Störungen im Materialfluss, am Austragsystem, bei der Entleerung des Silos nach Bränden, usw.

Die Maßnahmen zum Brand- und Explosionsschutz sind ausführlich in der DGUV Information 209-045 beschrieben.

**Nicht behandelt** wird die Lagerung von Schüttgütern aus gepressten Holzprodukten (z. B. Pellets, Briketts).

Die hier beschriebenen Lösungen sind derzeit üblich und haben sich in der Praxis bewährt. Sie schließen andere, ebenso sichere Lösungen nicht aus.

Die vollständigen Titel der zitierten Normen und Regeln sind im Anhang 1 wiedergegeben.

## 2 Baugenehmigung, Konformitätserklärung, Beurteilungsverfahren

Ortsfeste Silos für Holzstaub- und -späne bestehen in der Regel aus:

- dem eigentlichen Silogebäude bzw. Lagerbehälter
- der Beschickungs- oder Befüll-Einrichtung (pneumatisch, mechanisch)
- der Austrageinrichtung (mechanisch angetriebene Schnecken, Kratzförderer, Schubböden, usw.)
- Zusatzeinrichtungen (z. B. zur Auflockerung und Sicherstellung des Materialflusses)
- ortsfesten Zugängen (z. B. Türen, Steigleitern, Podeste)
- Explosionsdruckentlastungseinrichtungen
- Entkopplungsmaßnahmen zur Abgrenzung eines Brandes
- Entkopplungsmaßnahmen zur Abgrenzung einer Explosion
- Einrichtungen zur Brandbekämpfung, wie Löscheinrichtungen (in der Regel Sprühwasserlöschanlagen) oder Inertisierungseinrichtungen
- Füllstands-Anzeige- bzw. -Überwachungseinrichtungen
- sonstigen Überwachungs- und Steuerungseinrichtungen

Silos für Holzstaub und -späne sind bauliche Anlagen, deren Nutzung durch Lagerung von Schüttgut mit Explosions- und erhöhter Brandgefahr verbunden ist.

Der Bau eines ortsfesten Silos unterliegt dem Bauordnungsrecht der Länder. Deshalb ist eine Baugenehmigung erforderlich.



Vor der Errichtung muss ein Bauantrag vorliegen. Dieser beinhaltet u. a. eine geprüfte Statik, einen Brand- und Explosionsschutznachweis sowie evtl. ergänzende Gutachten. Das Baurechtsamt erteilt die Freigabe zum Bau des Silogebäudes.

Außerdem fällt nach der „Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen“ (4. BImSchV) ein Silo dann in den Geltungsbereich des Bundesimmissionsschutz-Gesetzes (BImSchG), wenn das Silo mit einer Feuerungsanlage verbunden ist (z. B. über die Austragung und die verbindenden Transporteinrichtungen), deren Feuerungswärmeleistung größer als 1 Megawatt (MW) ist. In diesem Fall ist das Silo als Nebenanlage einer genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlage ebenfalls genehmigungsbedürftig nach dem Bundesimmissionsschutz-Gesetz (BImSchG). Wesentliche Kriterien bei der Prüfung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens sind die Einhaltung der Forderungen der Technischen Anleitung „Lärm“ (TA-Lärm) und der „Verordnung zur Auswurfbegrenzung von Holzstaub“ (7. BImSchV).

Zusätzliche Anforderungen an neu zu errichtende Silos für Holzstaub und -späne sind in der DIN EN 12779 geregelt.

Mechanische Auflockerungs-, Beschickungs- und Entnahmeeinrichtungen für Schüttgutsilos sind in der Regel „einbaufertige“ Einrichtungen und werden deshalb als Maschinen im Sinne der Maschinenrichtlinie angesehen. Die Anforderungen der Maschinenrichtlinie sind einzuhalten und die Konformitätsbewertung und die Erstellung der Betriebsanleitung sind aus diesem Grund die Aufgabe des Herstellers der jeweiligen Einrichtung. Dieser ist verpflichtet, die CE-Kennzeichnung an der Maschine anzubringen und die Konformitätserklärung auszustellen. Diese für das Inverkehrbringen zwingend erforderliche Konformitätserklärung erstreckt sich jeweils auf:

- die Maschine (z. B. Auflockerungs-, Beschickungs- oder Entnahmeeinrichtung) selbst
- die Spezifikationen, die an das Silo hinsichtlich des Einbaus der Maschine gestellt werden müssen
- die Aufbau- und Betriebsanleitung für die Maschine

Um dies für den späteren Betreiber sicherzustellen, wird empfohlen, in den Vertragsbedingungen mit dem Hersteller bzw. Lieferanten die folgenden Punkte abzuklären und gegebenenfalls im Kaufvertrag privatrechtlich zu verankern:



Ist die Maschine mit einem **CE-Zeichen** versehen und ist das entsprechende Konformitätsbewertungsverfahren gemäß Artikel 12 der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG durchgeführt worden?

Liegt für die Maschine eine **EG-Konformitätserklärung** gemäß Anhang II Abschnitt A der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG vor?

Ist der Maschine eine **Betriebsanleitung** in deutscher Sprache nach Anhang I Nr. 1.7.4 der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG beigelegt?

Ist die Maschine nach dem Einbau in das Silo als solche noch nicht funktionsfähig, z. B. weil noch Steuerungen und/oder andere Bauteile der Maschine fehlen, handelt es sich um eine sogenannte unvollständige Maschine. Für diese hat der Hersteller bzw. Lieferant anstelle der Konformitätserklärung eine Einbauerklärung und eine Montageanleitung auszustellen bzw. mitzuliefern. In diesem Fall ist dringend zu empfehlen, in den

Vertragsverhandlungen die folgenden Punkte abzuklären bzw. im Kaufvertrag privatrechtlich zu verankern:



Liegt für die unvollständige Maschine eine **Einbau-erklärung** gemäß Anhang II, Abschnitt B der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG vor?

Liegt für die unvollständige Maschine eine **Montageanleitung** gemäß Anhang IV der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG vor?

Stellt der Hersteller bzw. Lieferant **Unterlagen** gemäß Anhang VII, Abschnitt 8 der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG zur Verfügung, welche für die Beurteilung der Konformität der eingebauten unvollständigen, dann vollständigen, Maschine relevant sind?

Die speziellen Anforderungen an mechanische Auflockerungs-, Beschickungs- und Entnahmeeinrichtungen für Schüttgutsilos sind in der DIN EN 617 geregelt.

Da innerhalb des Silos (und der Beschickungseinrichtung) wegen der auftretenden Holzstaub-Luft-Gemische im Regelfall explosionsfähige Atmosphäre herrscht (Zone 20 oder 21, siehe hierzu auch DGUV Information 209-045), kommen zur Gefahrenabwehr Schutzsysteme zur Anwendung, welche im Falle einer Explosion die Auswirkungen auf das Silo minimieren (z. B. Druckentlastungseinrichtungen) und die Übertragung auf benachbarte Anlagenteile möglichst unterbinden sollen (z. B. Zellenradschleusen, Rückschlagklappen, etc.). Außerdem werden im Regelfall Maschinen (z. B. Austrageinrichtungen, Auflockerungseinrichtungen, Füllstands-Überwachungseinrichtungen, etc.) in dieser explosionsfähigen Atmosphäre betrieben, die selbst potentielle Zündquellen darstellen können. Für diese Maschinen und Schutzsysteme muss von der Herstellfirma der jeweiligen Maschine die Konformität mit der ATEX-Richtlinie (94/9/EG, ab 20.04.2016: 2014/34/EU) und die Eignung für die jeweilige Zone bescheinigt werden. Welche Zone zugrunde zu legen ist, geht aus dem Explosionsschutzdokument hervor, welches die Betreiberfirma nach § 6 der Gefahrstoffverordnung vor Inbetriebnahme zu erstellen hat (Inhalte siehe DGUV Information 209-045).

Wenn kein Generalunternehmer vorhanden ist, gibt es getrennte Herstellfirmen für die „bauliche Einrichtung“ Silo-behälter und die „Maschinen“ Beschickungs-, Entnahme- und Auflockerungseinrichtungen. In diesem Fall ist das Einschalten

einer Fachplanungskraft dringend zu empfehlen, die eine Gesamtbeurteilung des Systems (Beschickungseinrichtung + Silogebäude + Auflockerungseinrichtung + Entnahmeeinrichtung + evtl. Überwachungseinrichtungen) auf privatrechtlicher Grundlage durchführt (*Anmerkung: Diese Beurteilung darf nicht mit einer CE-Erklärung für die Gesamtanlage gleichgesetzt bzw. verwechselt werden*). Darüber hinaus sollte diese Fachplanungskraft den Betreibenden bei der Erstellung des Explosionsschutzdokumentes und der in § 3 Betriebssicherheitsverordnung geforderten Gefährdungsbeurteilung unterstützen.

Die Fachplanungskraft hat folgende konkrete Aufgaben:

- Sie erstellt vorab ein Lastenheft und legt die jeweiligen (im Vertrag zu fixierenden) Verantwortlichkeiten fest.
- Sie sammelt die erforderlichen Unterlagen (sie muss also wissen, was benötigt wird) und achtet auf deren Vollständigkeit.

Neben den Genehmigungsbescheiden und Konformitätserklärungen müssen auch Betriebsanleitungen für die einzelnen Komponenten der Anlage vorliegen. Darin muss auch die Vorgehensweise für die Beseitigung von Störungen an den Komponenten und im Silo selbst beschrieben werden (Störungsbeseitigungskonzept). Die besondere Problematik von Silos besteht darin, dass der Normalbetrieb nahezu risikolos ist, die Beseitigung auftretender Störungen jedoch immer wieder zu sehr schweren Unfällen führt.

Im Rahmen des Bewertungsverfahrens müssen Risikoanalysen (Maschinen- bzw. Anlagen-Herstellfirmen im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens) und Gefährdungsbeurteilungen (Betreiberfirmen im Rahmen der Pflichten nach Betriebssicherheitsverordnung und Gefahrstoffverordnung) durchgeführt werden, die folgende Faktoren mit berücksichtigen müssen:

- die Eigenschaften des Schüttgutes (z. B. Fließverhalten, Neigung zur Brückenbildung, Brand- und Explosionseigenschaften<sup>1)</sup> und die biologische Aktivität)
- mögliche Störungen aufgrund der baulichen Gestaltung und der vorgesehenen Betriebsweise des Silos

1 Kenngrößen zum Brand- und Explosionsverhalten von Stäuben können der GESTIS-Staubdatenbank der Deutschen Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) entnommen werden.

- Maßnahmen zur Wartung, Instandsetzung und sicheren Störungsbeseitigung einschließlich der Lieferung/Bereitstellung und Verwendung erforderlicher Hilfsmittel.



Da die Betreiberfirma in der Regel nicht über die notwendigen Kenntnisse auf dem Gebiet der Beurteilung oder Bewertung von Siloanlagen verfügt, wird dringend empfohlen – sofern kein Generalunternehmen beauftragt wurde –, das Bewertungsverfahren einer befähigten Person (Fachplanungskraft) zu übertragen.

# 3 Gefährdungen

Beim Betrieb von Silos können Personen gefährdet werden durch:

- Abstürzen nach Außen oder ins Siloinnere
- Versinken im Schüttgut
- Verschüttet-Werden durch auslaufendes oder nachrutschendes Schüttgut innerhalb oder außerhalb des Silos
- Erfasst- und Eingezogen-Werden von mechanischen Austrageinrichtungen
- Brände und Explosionen

Arbeiten in Silos gelten nach § 8 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (DGUV Vorschrift 1) und § 22 des Jugendarbeitsschutzgesetzes als „gefährliche Arbeiten“. Für die Tätigkeiten als Aufsichtführende und Sicherungsposten dürfen Jugendliche nicht herangezogen werden.

Eine Auswertung der tödlichen Unfälle in holzverarbeitenden Betrieben in Deutschland für den Bereich von Silos ergab folgende Ursachen:

- 50 % durch Verschüttet-Werden im Schüttgut
- 35 % durch Erfasst-Werden von der Austrageinrichtung
- 15 % durch Auswirkungen von Bränden und Explosionen

Im Durchschnitt war in der Vergangenheit jedes Jahr ein tödlicher Unfall im Bereich von Silos für das Lagern von Holzstaub und -spänen zu beklagen.

Ursache fast aller tödlichen Unfälle war der Versuch eine Störung zu beseitigen.

Eine Störung liegt z. B. vor:

- bei Schäden an der Austrageinrichtung
- im Brandfall
- bei Überfüllung des Silos
- bei Bildung von Späne-Brücken im Silo



Bei der Planung, der baulichen Umsetzung und beim Betrieb von Silos sind Maßnahmen zum sicheren Beseitigen dieser Störungen grundsätzlich mit einzubeziehen.

## 1 Unfallbeispiel – Austrageinrichtungen

An einer Feuerungsanlage, die über ein Späne-Silo beschickt wurde, traten in der Woche nach Wiederinbetriebnahme wiederholt Störungen auf. Der Inhaber des Betriebes stieg daraufhin alleine in das fast leere Silo ein. Nach einiger Zeit fand man ihn mit einem abgetrennten Bein leblos im Inneren des Silos liegen. Da im Siloinneren eine Schaufel gefunden wurde, ist sehr wahrscheinlich, dass der Unternehmer die Austragschnecke freischaufeln wollte. Während der Zeit, in der sich der Unternehmer im Silo befand, war die Siloaustragung eingeschaltet. Der Hauptschalter für die Austragung befand sich einige Meter vom Aufstieg zum Silo entfernt. Die Türen und Klappen, durch die man in den Bereich der Siloaustragung gelangen konnte, waren nicht elektrisch mit dem Antrieb der Austragung verriegelt.

## 2 Unfallbeispiel – Explosion

Im Späne-Silo eines Spanplattenwerkes wurden Glimmnester festgestellt. Daraufhin entleerte man das Silo fast vollständig über die Notaustrageinrichtung und löschte die Glimmnester. Zur Kontrolle betrat der 50-jährige Betriebsingenieur des Unternehmens gemeinsam mit einem Beschäftigten einer Fremdfirma das Silo durch die Einstiegstür, ohne vorher manuell die Sprühwasserlöschanlage ausgelöst und damit das Restmaterial nass gemacht zu haben. Kurze Zeit später kam es zu einer Verpuffung. Beide Personen erlitten dadurch tödliche Verbrennungen.

## 3 Unfallbeispiel – Verschüttet-Werden

Ein Arbeiter hatte die Aufgabe, vom Podest vor der Zugangstür aus Späne aus dem randvoll gefüllten Späne-Silo Späne zu schaufeln. Obwohl er selbst seine Arbeitskollegen vor dem Betreten des Silos gewarnt hatte, betrat er das Siloinnere und wurde von herabstürzenden Späne-Massen verschüttet. Vermutlich hatte er versucht, mit der Schaufel von unten eine Späne-Brücke zum Einsturz zu bringen.

# 4 Grundlagen des Verhaltens von Gemischen aus Holzstaub und -spänen bei der Lagerung

Für die Planung und den Betrieb eines Silos ist das Verhalten des Schüttgutes „Holzstaub/-späne-Gemisch“ von wesentlicher Bedeutung.

## 4.1 Fließfähigkeit

Mit dem Begriff „gute Fließfähigkeit“ wird ausgedrückt, dass ein Schüttgut leicht zum Fließen zu bringen ist. Als „nicht fließend“ werden Schüttgüter bezeichnet, die zu Auslaufstörungen neigen (z. B. durch Bildung von Brücken oder Schächten, siehe Abb. 4.1) oder sich während der Lagerung oder dem Transport verfestigen. Holzstaub/-späne-Gemische haben die Eigenschaft, dass sie sich unter Druck verfestigen und dadurch Auslaufstörungen erzeugen.

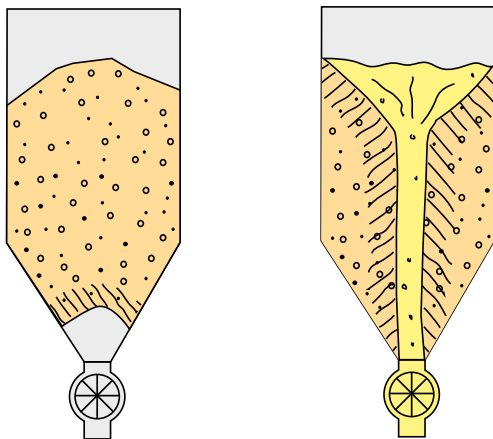


Abb. 4.1 links: Brückenbildung, rechts: Schachtbildung

Bei den Fließvorgängen von Schüttgütern in Silos unterscheidet man zwischen Massenfluss und Kernfluss (siehe Abb. 4.2). Beim Massenfluss ist beim Abzug von Schüttgut der ganze Siloinhalt in Bewegung. Im Falle von Kernfluss wird das Schüttgut in den „toten Zonen“ im Randbereich erst bei der vollständigen Entleerung des Silos oder überhaupt nicht ausgetragen.

Die häufigsten Fließprobleme in Silos für Holzstaub und -späne sind:

- Brücken- oder Dombildung
- Schacht- oder Kaminbildung
- unregelmäßiges Abfließen durch plötzliches Absperren bzw. wechselndes Aufbauen und Abbrechen von Brücken und Schächten

- lange Verweilzeiten, wenn sich das Schüttgut unter Umständen extrem lange Zeit in den toten Zonen eines Kernfluss-Silos befindet und sich dabei zu Späne-Stöcken verfestigt
- Entmischung nach der Partikelgröße, -dichte oder -form

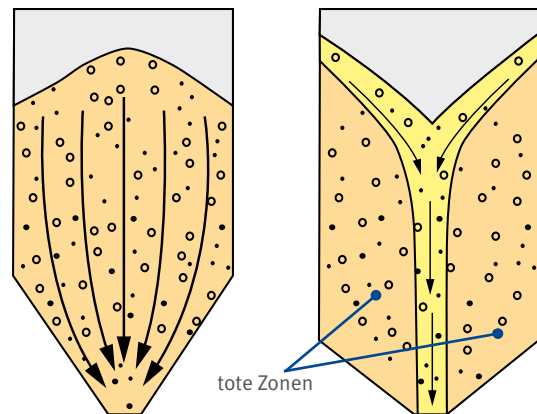


Abb. 4.2 links: Massenfluss, rechts: Kernfluss

In Silos mit Kernfluss entsteht dadurch eine schwankende Produktzusammensetzung an der Austragung, was die weitere Verwertbarkeit als Rohstoff bzw. Heizmaterial negativ beeinflussen kann.

Bei „Kernfluss-Silos“ können alle genannten Probleme auftreten, während bei „Massenfluss-Silos“ nur das Problem der Brücken- bzw. Dombildung berücksichtigt werden muss.

## 4.2 Stockbildung

Holzstaub/-späne sowie Hackschnitzel sind nichtrieselfähiges Material. Eine lose aufgeschüttete Späne-Menge verdichtet und verfestigt sich mit der Zeit immer stärker, weil sich die einzelnen Späne unter dem Gewicht des aufliegenden Materials ineinander verflechten.

Werden große Späne-Mengen in ein Silo eingefüllt, senkt sich das Material unter dem Eigengewicht in der Mitte der Aufschüttung mehr ab als an deren Rand. Dabei lösen sich die Späne geringfügig von den Wänden ab. Der gesamte Späne-Haufen schrumpft während der Verdichtung allseitig um einen kleinen Betrag. Es bildet sich mit der Zeit ein sogenannter Späne-Stock, dessen innerer Halt ausreicht, um im Silo ohne seitliche Stützkräfte stehen zu bleiben (Abb. 4.3, 4.4).

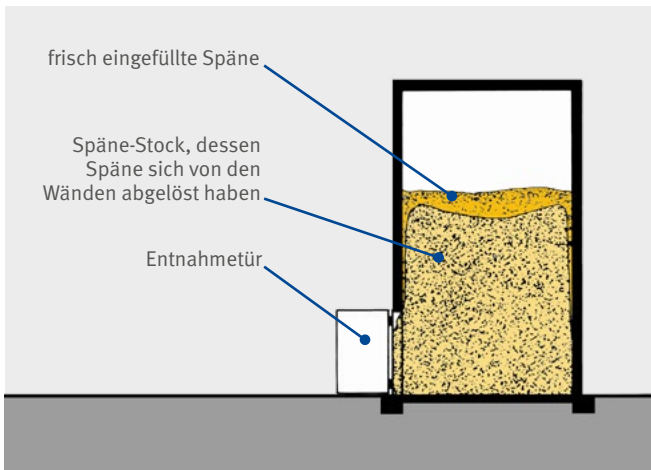


Abb. 4.3 Bildung eines Späne-Stocks



Entnahmeöffnung:  
Nach dem Öffnen  
der Tür bleibt die  
Späne-Wand  
bestehen

Abb. 4.4 zum Stock verfestigte Späne

Holzspäne jeglicher Art, die in Kammern oder Silos eingefüllt werden, bilden nach einiger Zeit solche Späne-Stöcke. Holzart, Feuchtigkeits- und Harzgehalt, sowie die Form der Späne beeinflussen nur den zeitlichen Ablauf der Stockbildung. Hohe Aufschüttungen verdichten sich wegen des größeren Eigengewichtes schneller als niedrigere Aufschüttungen. Im fortgeschrittenen Stadium wird der innere Zusammenhalt der Späne-Haufen so stark, dass sich Stangen und Grabwerkzeuge nur mit Mühe in den Stock stoßen lassen. Nach mehreren Monaten verfestigt sich der Stock unter Umständen derart, dass die Späne nur noch mit Werkzeugen (z. B. Pickeln) abgebaut werden können.

#### 4.3 Biologische Aktivität

Werden Sägespäne oder Hackschnitzel von biologisch noch aktivem Holz – z. B. aus frisch gefällten Stämmen – in das Silo eingefüllt, so tritt ein Gärungsprozess ein. Unter Hitzeentwicklung und Abgabe von Flüssigkeit verhärtet sich das Material innerhalb weniger Wochen derart stark, dass es selbst mit Pickeln und Brechstangen nicht mehr abgebaut werden kann. Bei der Gärung werden außerdem Gase freigesetzt, die sich in einer Umgebung mit starker Erwärmung selbst entzünden und so zu einer Gasexplosion im Silo führen können. Diese Gase sind für den Menschen giftig (Kohlenmonoxid, Kohlendioxid). Nur Späne-Material von getrocknetem Holz gelangt nicht zum Gären. Erfahrungsgemäß nimmt die Gefahr von Gärungsprozessen und Selbstentzündung mit der Lagermenge und der Silogröße zu [4]. Bei großen Silos ist die Wärmeproduktionsrate innerhalb der Schüttung oft höher als die Wärmeabgaberate über die Silowände.

#### 4.4 Brennbarkeit, Explosionen

Holzstaub und -späne sind brennbar. Voraussetzung für einen offenen Brand ist das Überschreiten der Glimmtemperatur von etwa 250 bis 300°C. Allerdings können in Holzspäne-Schüttungen auch Glimmnester durch Selbstentzündung des gelagerten Materials entstehen. Die für die Selbstentzündung benötigten Temperaturen sind wesentlich geringer. Bereits Umgebungseinflüsse, wie Sonneneinstrahlung oder hohe Lufttemperaturen, können zur Selbstentzündung des Materials führen.

Wenn die durch chemische Oxidationsreaktionen innerhalb der Schüttung erzeugte Wärme nicht vollständig nach außen abgegeben werden kann, können Schwel- oder Glutnester entstehen, sodass sich durch die folgende Temperaturerhöhung sogenannte „Hotspots“ bilden. Feststoffschüttungen (z. B. Holzstaub und -späne) sind schlechte Wärmeleiter. Die Gefahr der Bildung von „Hotspots“ durch Überschusswärme steigt mit zunehmender Umgebungstemperatur und zunehmender Größe des Schüttvolumens (Silogröße). Bleiben diese Schwel- und Glutnester unentdeckt, können sie auch lange Zeit nach dem ersten Löscheinsatz zum Ausbruch von Folgebränden führen.

Solche Brände lassen sich innerhalb des Silos kaum vollständig löschen, da an versteckten Stellen Glimmnester verbleiben, die dann wieder Ausgangspunkt für eine erneute Anfackung des Feuers sein können. Deshalb muss der Inhalt eines einmal in Brand geratenen Silos in aller Regel vollständig aus dem Silo ausgetragen und entfernt werden.

Wenn Glimmnester von oben über die Beschickung auf die Schüttung eingetragen werden und die Sauerstoffzufuhr erhalten bleibt, können sich in der Folge auch offene Brände mit einer Temperatur von ca. 1.000°C an der Oberfläche der Schüttung entwickeln.

Explosionsfähige Atmosphäre muss bei der Lagerung größerer Mengen von Holzstaub/-späne-Gemischen in Silos immer unterstellt werden, da z. B. feuchtes Staub-/Späne-Material trocknet bzw. sich beim Befüllen Staub-/Späne-Gemische entmischen und Stäube sich unkontrolliert ablagern können.

# 5 Grundlagen der baulichen Gestaltung

Durch richtige bauliche Gestaltung muss innerhalb des Silos die Ausbildung von Massenfluss herbeigeführt werden.

Massenfluss entsteht in Silos für Holzstaub/-späne bevorzugt dann, wenn:



- die Austrageinrichtung den Silogrundriss komplett bestreicht
- keine Einbauten im Späne-Lagerraum vorhanden sind
- die Innenwände glatt<sup>1)</sup>, frei von Absätzen und ohne hervorstehende Teile gestaltet sind (siehe Fußnote)

## 5.1 Planung der Lagerkapazität und des Leervolumens eines Silos

Ausgangspunkt für die Abschätzung der notwendigen Lagerkapazitäten eines Silos sind die jeweiligen Zu- und Abflussmengen von Holzstaub und -spänen in das bzw. aus dem Silo. Die – im Zeitablauf entstehenden – Differenzen zwischen beiden Mengen bestimmen die notwendige Lagerkapazität und die vorgesehene Betriebsweise des Silos. Hinsichtlich der Betriebsweise werden unterschieden:

- Durchlauf- oder Puffersilos
- Lager- oder Speichersilos

In Speichersilos kommt das Material während längerer Zeiträume zum Stillstand, d. h. es werden Holzreststoffe ohne gleichzeitige Entnahme zugeführt. Bei Silos, die eher im Durchlauf betrieben werden, finden Beschickung und Entnahme weitgehend zeitgleich statt, unterscheiden sich aber hinsichtlich der jeweiligen Mengen. Zeiten mit größerem Mengenzufluss und Zeiten mit größerem Mengenabfluss wechseln sich ab. Das notwendige Lagervolumen wird durch die maximale Differenz zwischen Beschickungs- und Entnahmemenge bestimmt.

Speichersilos verhalten sich gegenüber der Brücken- und Stockbildung im Allgemeinen wesentlich empfindlicher als Puffersilos. Bei der Planung und Auslegung von Speichersilos sind daher in besonderem Maße Überlegungen zur Gestaltung des Späne-Lagerraumes (siehe Abschnitt 5.3) erforderlich.

Holzreste entstehen in einem holzbearbeitenden oder -verarbeitenden Betrieb, von produktionsbedingten Schwankungen abgesehen, etwa gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt.

Die dabei als Zufluss in das Silo entstehenden Mengen hängen von der insgesamt im Betrieb verarbeiteten Holzmenge (abschätzbar über die Holzeinkaufmenge), dem fertigungsbedingten Verschnitt und der Behandlung von im Produktionsprozess nicht zerspannten Holzresten ab (z. B. nachträgliche Zerkleinerung in Hackmaschinen).

Die Entnahmemengen unterscheiden sich dagegen sowohl vom Umfang als auch vom zeitlichen Bedarf hauptsächlich bei der vorgesehenen Verwendung der anfallenden Holzreste. Finden diese als Ausgangsstoffe für die Holzwerkstoffherstellung oder für die Herstellung von Wärmeträgern aus Holz (Briketts oder Pellets) Verwendung, erfolgt die Entnahme in der Regel relativ gleichmäßig hinsichtlich Menge und Zeit. Das Silo hat hier vor allem Pufferfunktion.

Bei der thermischen Nutzung der gelagerten Holzreste muss unterschieden werden, ob die angeschlossene Feuerung nur Heizwärme in der kalten Jahreszeit liefern oder ob von dieser auch notwendige Prozesswärme (z. B. für die Holz Trocknung), die unabhängig von den herrschenden Außentemperaturen benötigt wird, geliefert werden soll. In diesem Fall findet ebenfalls eine im Zeitverlauf durchgehende Entnahme aus dem Silo statt, wenn auch mit geringerem mengenmäßigen Durchsatz. Die Betriebsweise des Silos – und damit die spezifischen Fließeigenschaften innerhalb des Silos – liegt in diesen Fällen zwischen denen des Puffersilos und des Speichersilos.

In den meisten handwerklichen Holzbearbeitungsbetrieben wird die aus der thermischen Nutzung gewonnene Wärme vor allem in den Wintermonaten benötigt. Da sich Anfall und Verbrauch des Brennmaterials zeitlich nicht decken, bilden sich im Sommerhalbjahr Überschüsse. Dagegen ist im Winter ein erhöhter Bedarf zu berücksichtigen (siehe Abb. 5.1). Die Betriebsweise entspricht in diesen Fällen derjenigen des typischen Speichersilos.

Das Silo wird in Schreinereien/Tischlereien üblicherweise so dimensioniert, dass die Lagerkapazität für mindestens 50 % des jährlich erforderlichen Brennstoffvolumens ausreicht. Ist das Silo zu klein bemessen, müssen im Sommer anfallende Späne entsorgt und im Winter muss Brennmaterial zugekauft werden.

Beim Neubau eines Silos sollten Kapazitätsreserven für mögliche Produktionsumstellungen und Betriebserweiterungen berücksichtigt werden. Andererseits sollten die Lagerkapazitäten den Brennstoffbedarf nicht überschreiten, damit die

1 „Glatt“ ist im Sinne des normalen Sprachgebrauches als Betonwände ohne vorstehende Absätze zu verstehen, nicht aber im Sinne von Tabelle 4.1 DIN EN 1991-4:2006

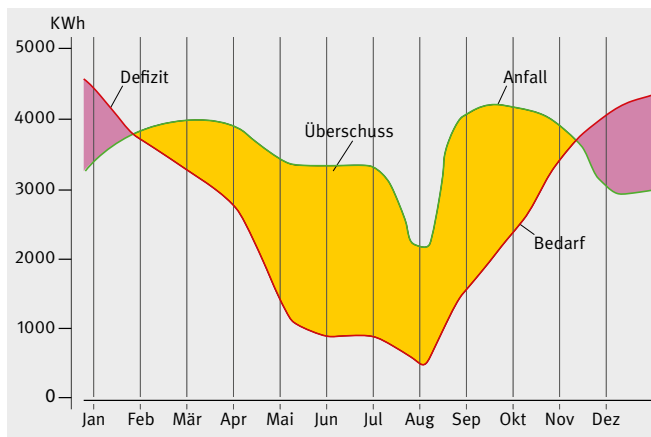


Abb. 5.1 Vergleichsdiagramm von Wärmebedarf und Brennstoffanfall am Beispiel eines Holzverarbeitenden Betriebes

Verweilzeit des Holzstaub/-späne-Gemisches im Silo nicht zu groß und so die Bildung von Späne-Stöcken und Späne-Brücken begünstigt wird. Für Reservekapazitäten und die aus betrieblichen Gründen von Späne-Material frei zu haltenden Volumenbereiche eines Silos (Einblas- und Absetzraum, Druckentlastungsraum) wird bei der Ermittlung des notwendigen Siloleervolumens üblicherweise ein Zuschlag von 25 % berücksichtigt (siehe Tabelle 5.1).

In Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung der Feuerung (Wärmebedarf) kann der Brennstoffjahresbedarf, die benötigte Späne-Lagerkapazität und das hieraus abgeleitete notwendige Siloleervolumen für handwerkliche Schreinereien/Tischlereien, wie in Tabelle 5.1 dargestellt, abgeschätzt werden. Bei den in der Tabelle angegebenen Werten wurden für den Brennstoffjahresbedarf folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- 1.200 Volllaststunden der Heizung im Jahr
- 80 % Wirkungsgrad der Feuerung im Jahresmittel
- 4,5 kWh/kg unterer Heizwert des Späne-Materials
- 150 kg/m<sup>3</sup> minimales Schüttgewicht

$$\text{Brennstoffjahresbedarf (m}^3\text{)} = \frac{\text{Nenn-Wärmeleistung der Feuerung (KW)} \times \text{Volllaststunden (h)}}{\text{Wirkungsgrad (\%)} \times \text{unterer Heizwert (KWh/Kg)} \times \text{Schüttgewicht (kg/m}^3\text{)}}$$

Nennleistung in KW	50	75	100	150	200	300	500	750	1000
Brennstoffjahresbedarf in m <sup>3</sup>	110	170	230	340	450	670	1.120	1.670	2.220
Benötigte Späne-Lagerkapazität in m <sup>3</sup>	55	85	115	170	225	335	560	835	1.110
Siloleervolumen in m <sup>3</sup>	70	110	150	220	290	420	700	1.050	1.400

Tabelle 5.1 Brennstoffjahresbedarf, Späne-Lagerkapazität und Siloleervolumen in Abhängigkeit vom Wärmebedarf

- Die Angaben zum Siloleervolumen berücksichtigen 25 % Zuschlag zur tatsächlich benötigten Späne-Lagerkapazität.
- Die benötigte Lagerkapazität entspricht 50 % des Brennstoffjahresbedarfs.

Im Anhang 2 ist ein Beispiel für die Ermittlung der notwendigen Späne-Lagerkapazität im Falle mehrerer Energieträger und/ oder unregelmäßigen Anfalls von Staub und Spänen gegeben.

## 5.2 Gestaltung des Silobaukörpers

Bei der Dimensionierung von Silos müssen u. a. folgende Belastungen berücksichtigt werden:

- Eigengewicht des Baukörpers
- Innendruck durch das Schüttgut
- Wind- und Schneelasten
- Auswirkungen von Explosionen (Druckstoßfestigkeit, Rückstoßkräfte). Nähere Angaben hierzu finden sich in der DGVU Information 209-045.

Im Regelfall sind diese Anforderungen nur mit Silos aus Ort-beton, Betonfertigteilen oder Stahlblech zu erfüllen. Gemauerte Silos erfüllen die Anforderungen gegen Auswirkungen von Explosionen **nicht**, da Horizontalkräfte nur über den Fugenmörtel übertragen werden können. Silos aus Holz sind brennbar und erfüllen ebenfalls nicht die Anforderungen an den Explosionsschutz. Stahlblechsilos bleiben im Brandfall meistens nicht formstabil und erfüllen somit nicht die Anforderungen an die Feuerbeständigkeit. Daraus ergibt sich, dass Silos aus Stahlblech nur in größerem Abstand zu anderen Gebäuden aufgestellt werden können, wenn keine anderen Maßnahmen getroffen worden sind (siehe Abschnitt 5.5).

Da für Silos eine Baugenehmigung erforderlich ist, müssen der Festigkeitsnachweis über die Vorlage einer geprüften Statik und die Brandeigenschaften über einen Brandschutznachweis

geführt werden. Weitere Eigenschaften, wie die Explosionsfestigkeit oder das Emissionsverhalten hinsichtlich Lärm und/oder Staub müssen gegebenenfalls über gesonderte gutachterliche Nachweise geführt werden.

### 5.3 Gestaltung des Späne-Lagerraumes

Generell – insbesondere bei Silos mit geringeren Innendurchmessern, die als Speichersilos betrieben werden – sollten die Innenwände möglichst glatt ausgeführt werden, z. B. durch Aufbringen von Beschichtungen oder von Innenputz. Absätze, Gesimse und ähnliche Vorsprünge sollten bei Speichersilos möglichst vermieden werden.

*Ausnahmefall:* Beim Betreiben von Silos mit größeren Innendurchmessern, die gleichzeitig im Durchlaufbetrieb stehen, ist die Gefahr einer Fließstörung durch Brückenbildung eher gering. Hier kann eine höhere Wandrauigkeit sogar eher von Vorteil sein, da so der Verdichtung des gelagerten Materials entgegengewirkt wird. Allerdings besteht im Winter das Problem des Festfrierens an rauen Wänden, wenn feuchtes Material gelagert wird.

Um Stauungen und Brückenbildungen zu vermeiden, dürfen Podeste, Steigeisengänge, Leitern und ähnliches, Rohrleitungen von Sprühwasserlöschanlagen, elektrische Leitungen und sonstige Leitungen grundsätzlich nicht innerhalb des Späne-Lagerraumes angeordnet sein. Dagegen kann unter bestimmten Umständen bei Durchlaufsilos mit größeren Innendurchmessern zur Verminderung von Verdichtungseffekten im Material auch der bewusste Einbau von sogenannten Entlastungskeilen sinnvoll sein.

### 5.4 Silogeometrie

Runde Silos haben gegenüber eckigen Silos u. a. folgende Vorteile:

- höhere statische und dynamische Belastbarkeit bei gleicher Wandstärke und Armierung
- Vermeidung von „toten“ Ecken und geringere Neigung zur Bildung von Späne-Brücken bei Verwendung von Austragschnecken

Rechteckige Silogrundrisse erfordern für einen störungsarmen Betrieb aufwändigere Austragsysteme. Zur Vermeidung von toten Ecken müssen z. B. Schubbodenaustragungen vorgesehen werden (siehe Abschnitt 6).

Der Querschnitt des Silos muss entweder gleichbleibend sein oder sich mit steigender Silohöhe verringern.

Silos mit im Verhältnis zum Durchmesser geringen Füllhöhen begünstigen eine Bildung von Späne-Brücken und Späne-Stöcken weniger als hohe Silos. Das vernünftige Verhältnis Länge/Durchmesser (L/D) des Silobaukörpers hängt vom gelagerten Material, dessen Feuchte und der Verweildauer im Silo ab und sollte generell nicht größer als 2,5 sein. Dies entspricht nach Abzug des Schüttkegels einer Füllhöhe H von höchstens dem zweifachen Silo-Innendurchmesser.

Als Anhaltswerte für die maximale Füllhöhe und das Füllhöhe/Durchmesser-Verhältnis (H/D) können erfahrungsgemäß folgende Werte angesehen werden:

Gelagertes Späne-Material besteht aus:	Max. Füllhöhe H	Max. H/D
Altholz, Recyclingholz	≤ 16 m	1,25
feuchtes Material (Holzfeuchte > 15%)	≤ 16 m	1,25
trockenes Material (Holzfeuchte ≤ 15%)	> 16 m	2,00

Für die Ermittlung der Bauhöhe des Silos muss neben der konzipierten Füllhöhe noch der Platzbedarf für die Explosionsdruckentlastungstechnik und die Material-Einbringungstechnik berücksichtigt werden.

### 5.5 Standort

Die Späne-Lagerfläche muss nach DIN EN 12779 oberhalb des Erdbodens (Gelände) angeordnet sein.

Neue Siloanlagen für Holzstaub und -späne sollten – wo immer möglich – im Freien und von allen Seiten zugänglich aufgestellt sein.

Darüber hinaus müssen Zufahrtswege für schwere LKW (z. B. Feuerwehr, Späne-Entsorgung auch bei Notentleerung) vorgesehen werden.

Bei der Aufstellung müssen die vorgeschriebenen Emissionswerte (z. B. Lärm, Staub) an den Grundstücksgrenzen eingehalten werden.

Beim Betrieb von Silos für Holzstaub und -späne bestehen Brand- und Explosionsrisiken. Deshalb müssen bei der Standortwahl folgende Dinge berücksichtigt werden:

- aus Brandschutzgründen Sicherheitsabstände zu benachbarten Gebäuden einhalten
- Flammen- und Druckauswirkungen durch Explosionen auf benachbarte Gebäude sowie Arbeits- und Verkehrsbereiche (siehe hierzu auch Abschnitt 9 „Brand- und Explosionsschutz“)

### 5.5.1 Freistehende Silos, Sicherheitsabstände zu anderen Gebäuden

- Silos sollten, wegen der Wärmestrahlung im Brandfall und der Möglichkeit sie zu kühlen, in einem Sicherheitsabstand von mindestens 5 m zu anderen Gebäuden mit nichtbrennbarer Außenwand bzw. 10 m zu Gebäuden mit brennbarer Außenwand errichtet werden.
- Wenn durch die Bauweise des Silos die Wärmestrahlung im Brandfall stark reduziert ist, wenn also das Silo die Anforderung „EW 90“ erfüllt, ist ein Sicherheitsabstand von 1 m zu anderen Gebäuden ausreichend.



#### Hinweis

- Silos aus Stahlblech können im Allgemeinen nur in größerem Abstand zu anderen Gebäuden aufgestellt werden.

Alle nachfolgend angegebenen Abstände sind Richtwerte. Die für die Baugenehmigung zuständige Behörde kann im Einzelfall andere Abstände zulassen oder festlegen.

Bei Unterschreitung des Sicherheitsabstandes gilt:

entweder

- das Silo ist selbst feuerbeständig (F90 nach DIN 4102 bzw. REI90 nach DIN EN 13501); Türen – sofern auf benachbarte Gebäude gerichtet – müssen mindestens feuerhemmend T30 bzw. EI30 sein.

oder

- das Gebäude muss innerhalb eines Schutzbereiches feuerbeständige Wände (F90 nach DIN 4102 bzw. REI90 nach DIN EN 13501)
- und mindestens feuerhemmende Abschlüsse, z. B. Türen T30 bzw. EI30 haben,
- und in einem Abstand von mindestens 5 bis 15 m (vom Silo aus gemessen) ist das Dach aus nichtbrennbarem Material, wie z. B. Stahlblech oder Kies, eingedeckt

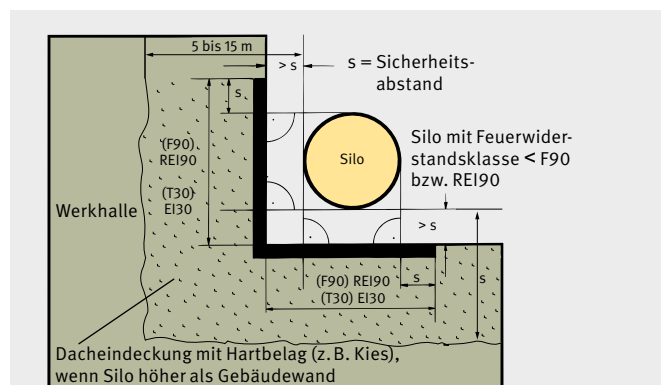
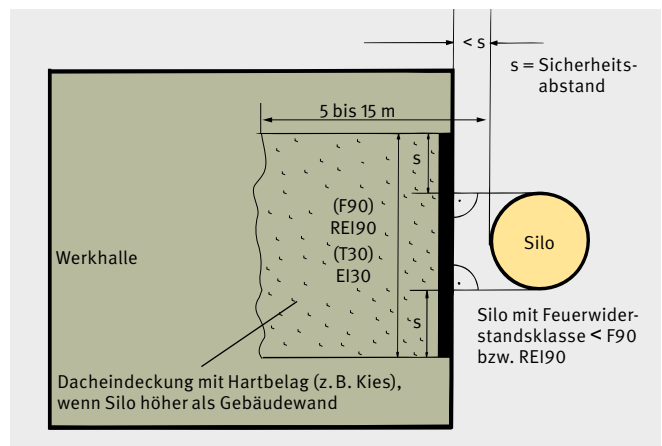
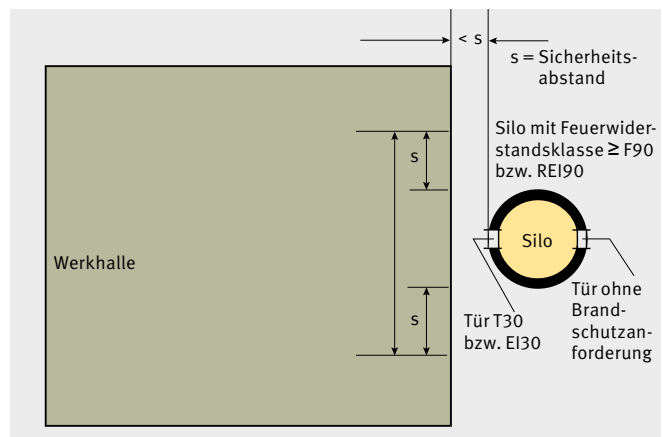
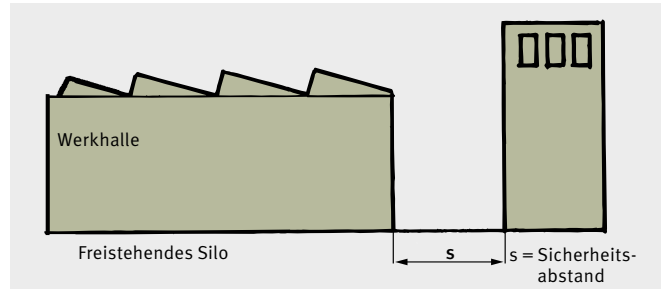


Abb. 5.2 Abstände zwischen Gebäude und Silo



**Hinweis**

Die Anforderungen des Brandschutzes gelten nur für die Teile des Silos bzw. der Öffnungen, die den Sicherheitsabstand zu benachbarten Gebäuden unterschreiten.

**5.5.2 Silos an und in Gebäuden**

- Wände und Decken zwischen Silos und anderen Gebäudeteilen müssen feuerbeständig (F90 nach DIN 4102 bzw. REI90 nach DIN EN 13501) ausgeführt sein, und
- mindestens feuerhemmende Abschlüsse haben, z. B. Türen T30 bzw. EI30-C.
- Die Wände müssen darüber hinaus als Brandwände REI90-M ausgeführt werden, wenn sie einen Brandabschnitt bilden.
- Mindestens eine Wand muss Gebäudeaußenwand sein.

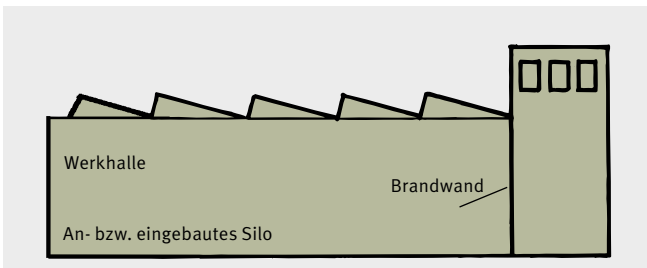


Abb. 5.3 Angebautes Silo



Erfahrungen aus Schadensfällen zeigen, dass Brände in „Spänekellern“ in der Regel zu massiven Schäden im gesamten Betrieb führen. **Es wird dringend empfohlen**, in Kellerräumen nur stückiges oder brikettiertes Material zu lagern. Die Beschickung dieser „Spänekeller“ (auch mit Hackschnitzeln) darf nur drucklos, d. h. ohne pneumatische Förderung erfolgen. In diesem Fall sind keine Explosionsschutzmaßnahmen notwendig. Brandschutzmaßnahmen sind jedoch immer durchzuführen.



**Hinweis**

Die Gebäudehülle von Silos muss so dimensioniert sein, dass sie dem reduzierten Explosionsdruck  $p_{red,max}$  standhält. Dies gilt auch für Türen und Klappen an Zugängen. Näheres siehe auch Abschnitt 9.3

**5.6 Öffnungen**

Für einen sicheren Betrieb, eine sichere Kontrolle, eine sichere Wartung und zur Entnahme von Spänen im Störfall sind Öffnungen in Wänden und Decken erforderlich, z. B.:

- als Zugänge ins Siloinnere auf Niveau des Silobodens
- als Öffnungen für Einrichtungen zur Manipulation des Materialflusses (Auflockerungseinrichtungen)
- als Revisions- und Stocher-Öffnungen zur Manipulation des Materialflusses
- als Zugang ins Siloinnere zur Störungsbeseitigung von oben (*Anmerkung: Nach DIN EN 12 779:2013 ist das Einfahren von oben bei neuen Silos nicht vorgesehen!*)
- für Einrichtungen zum Befüllen und Entleeren
- für das Abringen von Anzeigen des Füllstandes
- zum Einbau von Druckentlastungseinrichtungen
- zum Einbau von Feuerlöscheinrichtungen
- für sonstige Einrichtungen zur messtechnischen Überwachung



**Hinweis**

Die Notwendigkeit und Anzahl der Öffnungen wird wesentlich bestimmt durch die vorgesehenen Einrichtungen zum Befüllen und Entleeren des Silos (auch zur Notentleerung) und das Konzept zur Störungsbeseitigung.



Abb. 5.4 Korrekte Anordnung der Entnahme- und Stocheröffnungen

**Für alle Öffnungen gelten folgende Mindestanforderungen:**

- Verschlüsse dürfen sich nur mit Werkzeug oder Schlüssel öffnen lassen. Geöffnete Deckel oder Türen müssen durch Scharniere mit dem Silo verbunden bleiben.
- Öffnungen in Decken oder Dachflächen müssen gegen Absturz von Personen gesichert sein, z. B. durch Umwehrun-gen oder unmittelbar unter oder vor der Öffnung fest ange-brachte, grobmaschige Gitter mit einer maximalen Öffnungs-weite von 0,2 m x 0,2 m.
- Nach DIN EN 12 779:2013 müssen bei Silo-Neubauten Zugänge zu Öffnungen in Silowänden und Arbeitsbühnen folgende **Mindestabmessungen** haben:

	Minimale Größe der Öffnungen		Minimale Größe der Arbeitsbühnen	
	Höhe h [m]	Breite w [m]	Breite w [m]	Tiefe d [m]
Zugangsöffnung (Tür)	1,8 <sup>a)</sup>	0,9 bis 1,1 <sup>b)</sup>	Die Arbeitsbühne muss so groß sein, dass die Tür bzw. Klappe bei Umsteigebühnen oder Wechsellpodesten um 180° und bei einfachen Podesten um 90° aufzuschlagen ist. Der Abstand der Tür- bzw. Klappenkante zu allen festen Gegenständen muss mindestens 20 cm betragen.	
Kontrollöffnung für Füllstand	0,6	0,6		
Öffnung zum Anbringen eines Notaustragsystems	c)	c)		

<sup>a)</sup> Zulässig mit maximal 10 cm Türschwelle.  
<sup>b)</sup> Die Breite von 0,90 m gilt für Silodurchmesser ≤ 7,5 m und die Breite von 1,10 m für Silodurchmesser > 7,5 m.  
<sup>c)</sup> Die Größe der Öffnung zum Anbau eines Notaustragsystems und deren Position in der Silowand müssen entsprechend den Anforderungen des Herstellers des Notaustragsystems gewählt werden.

Tabelle 5.2 Mindestabmessungen von Öffnungen in der Silowand und Arbeitsbühnen vor diesen Öffnungen

**5.6.1 Zugang ins Siloinnere**

Das Silo muss im unteren Bereich direkt von außen zugänglich sein.

Zugänge sind mindestens auf Niveau des Silobodens, Kontrollöffnungen mindestens oberhalb des maximalen Füllstandes vorzusehen. Zugänge in der Nähe des Silobodens sind immer als Türen ausführen.

Türen zum Begehen des Silos sollten so groß wie möglich sein, um einen ungehinderten Zugang zur Austragung zu gewährleisten.

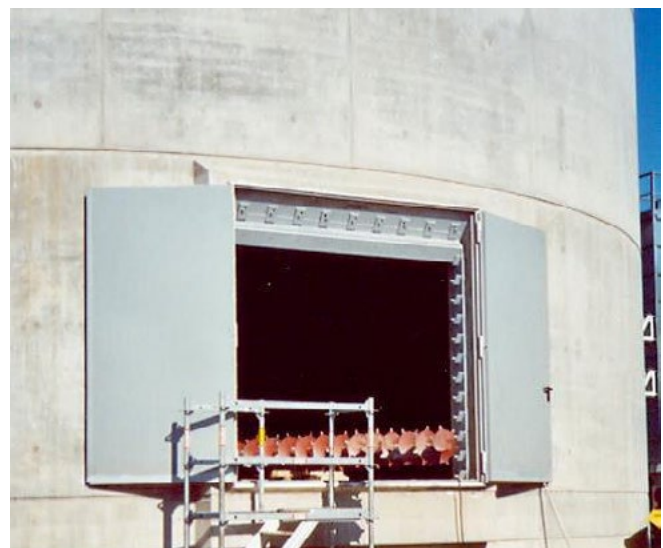


Abb. 5.5 Zugang zum Siloboden über doppelflügelige Zugangstür

An den Zugängen sind das Verbotsschild „Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten“, das Warnzeichen „Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre“ sowie das Verbotsschild „Zutritt für Unbefugte verboten“ anzubringen.



Abb. 5.6 Verbotsschilder an Silozugängen

Wenn bei Bestandssilos eine Einfahröffnung vorhanden ist, ist im Bereich dieser Einfahröffnungen das folgende blaue Hinweisschild anzubringen:

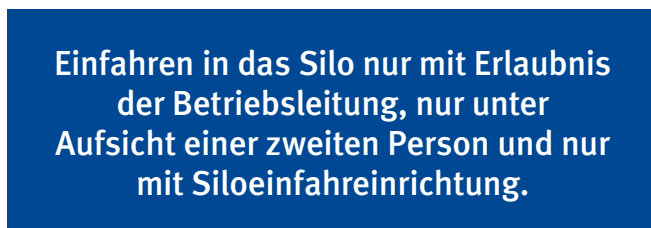


Abb. 5.7 Hinweisschild an Silotüren

Türen oder Klappen als Zugang zu mechanischen Austrageinrichtungen müssen so mit dem Antrieb der Austrageinrichtung verriegelt werden, dass beim Öffnen der Antrieb der Austrageinrichtung zwangsläufig stillgesetzt wird. Dieser darf dabei durch die Brennstoffanforderung einer Feuerungsanlage nicht wieder eingeschaltet werden können. Für Kontrollzwecke darf der Antrieb bei geöffneter Tür mit einem Schalter ohne Selbsthaltung, der außerhalb des Silos angebracht sein muss, eingeschaltet werden können. (Ausführliche Beschreibung der Anforderungen siehe Abschnitt 6 „Zugangssicherung“).

Zugleich mit dem Antrieb der Austrageinrichtung aus dem Silo muss auch der Antrieb der Materialzuführung in das Silo stillgesetzt werden.

An Türen und seitlichen Klappen müssen Absturzicherungen zum Inneren des Silos vorhanden sein.

Vor Türen in Höhen von mehr als 1 m über dem Boden müssen die Arbeitsbühnen so groß sein, dass die Türblätter oder

Klappen im Falle von Wechselpodesten um 180° und bei einfachen Podesten um 90° aufzuschlagen sind. Der Abstand der Türblatt- bzw. Klappenkanten zu allen festen Gegenständen muss mindestens 0,20 m betragen. Es wird aber dringend empfohlen, größere Grundflächen für die Arbeitsbühnen vorzusehen (mindestens in den Abmessungen 2,60 m x 1,80 m), um das vollständige Öffnen der Türen zu ermöglichen und für Arbeiten im Bereich dieser Öffnungen, z. B. bei der Entnahme von Spänen mit Saugschläuchen, genügend Standfläche zu haben.

Müssen Türen und seitliche Klappen bei anstehendem Späne-Gut geöffnet werden (z. B. vor Revisionsöffnungen oder im Bereich der Austragung), müssen bei Silo-Neubauten in den Öffnungen schräg nach innen geneigte und nach oben ausziehbare Jalousiebretter oder ähnliche Sicherungen vorhanden sein, um das Ausfließen des Späne-Gutes einzuschränken und den Materialdruck von Türen und Klappen fernzuhalten. Dies gilt insbesondere für Durchlaufsilos, wenn darin besonders trockenes Staub- und Späne-Material (zwischen)gelagert wird.

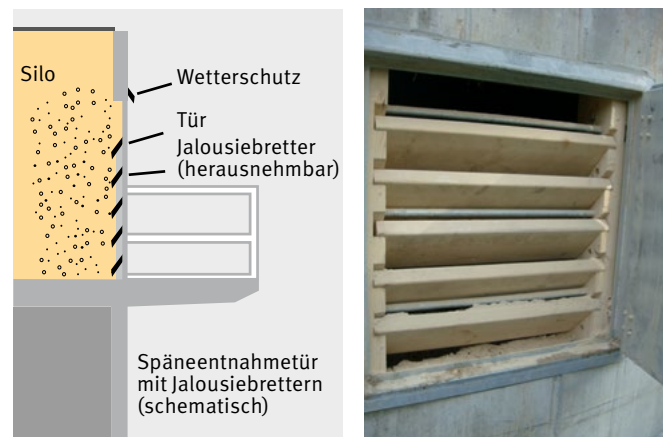


Abb. 5.8 und 5.9 Späne-Entnahmeöffnung mit Jalousiebrettern

### 5.6.2 Revisionsöffnungen

- Vor Revisionsöffnungen zur Kontrolle des Füllstandes im Silo und zum Stochern in Höhen von mehr als 1,00 m über dem Boden müssen Arbeitsbühnen bzw. Podeste eingerichtet werden (Abmessungen siehe Abschnitt 5.6.1).
- Podeste sind mit Umwehrungen, z. B. Geländer mit Handlauf, Knieleiste und Fußleiste, auszurüsten, die mindestens 1,10 m hoch sind.
- An Türen und seitlichen Klappen müssen Absturzicherungen zum Inneren des Silos vorhanden sein. Dies ist der Fall wenn z. B.:
  - die Unterkante der Öffnung mindestens 1,00 m über dem Podest-Boden angeordnet ist

- Podeste vorhanden sind, bei denen auch hinter der Zugangstür Geländer angeordnet und der obere Geländer-Holm (Handlauf) in mindestens 1,10 m Höhe über dem Podest-Boden angeordnet ist

Für Silo-Neubauten ist diese Lösung nicht mehr zulässig; die DIN EN 12 779:2013 lässt – mit Ausnahme an der unteren Zugangstür – nur Öffnungen mit einer Höhe der Unterkante von 1,00 m über Plattformniveau zu.



Im Zweifelsfall regelt die Baugenehmigung sowohl bei Neubauten als auch bei Bestands-Silos die im konkreten Einzelfall geforderten Abmessungen.

Über die gesamte Höhe des Silos müssen ausreichend viele Öffnungen vorgesehen werden, z. B. Revisionsöffnungen im senkrechten Abstand von höchstens 6,00 m. übereinander. Diese Öffnungen müssen direkt über den Zugangstüren auf Silobodenniveau angeordnet werden.

- Die Revisionsöffnungen zum Stochern müssen so gestaltet sein, dass durch sie nicht eingestiegen werden kann (z. B. durch Anbringung von vertikal angeordneten Stäben). Andererseits müssen diese Öffnungen so groß gewählt werden, dass mit Stocher-Werkzeugen vorhandene Späne-Brücken beseitigt werden können.

### 5.6.3 Sonstige Öffnungen

Sonstige Öffnungen können notwendig werden z. B.:

- für die Montage und Bedienung mechanischer Auflockerungseinrichtungen
- zur Siloreinigung (Beseitigung von Adhäsionen und Materialbrücken im Siloinneren) von außerhalb des Späne-Lageraumes
- zur Notentnahme von Material aus dem Siloinneren mit schwerem Gerät

Die Größe und Ausstattung mit Podesten und Sicherungen gegen Absturz muss bei diesen Öffnungen im Einzelfall mit der Lieferfirma der Einrichtung bzw. dem vorgesehenen Dienstleistungsunternehmen für diese Arbeiten abgestimmt werden.

## 5.7 Aufstiege

Dachflächen, Decken und Arbeitsbühnen von Silos, die betreten werden sollen, müssen mit sicheren Zugängen oder Aufstiegen ausgerüstet sein, zum Beispiel fest angebrachte Steigleitern mit Rückenschutz nach der Arbeitsstättenrichtlinie ASR 1.8, Nr. 4.6.

Wenn die Höhe des Leiterlaufes mehr als 5 m beträgt, ist an den Steigleitern ein durchgehender Rückenschutz als Absturz-sicherung notwendig. Der untere Teil des Rückenschutzes, z. B. der untere Rückenschutzbügel, muss in einer Höhe zwischen 2,20 m und 3,00 m über der Einstiegsfläche beginnen.

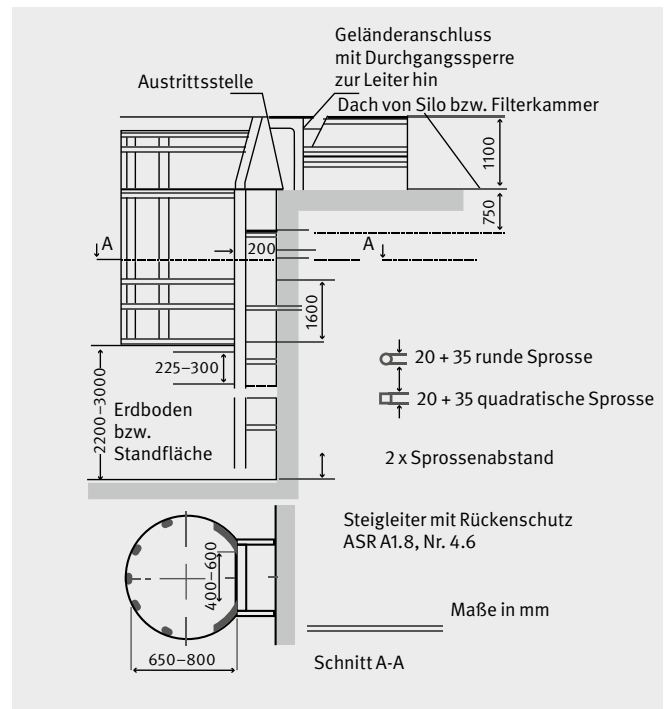


Abb. 5.10 und 5.11 Steigleiter nach ASR 1.8, Nr. 4.6

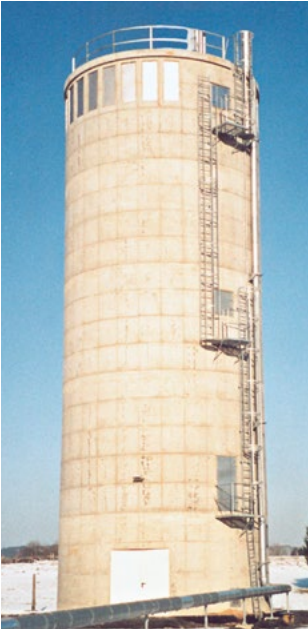


Abb. 5.12 Steigleiteraufstieg mit Wechselpodesten



Abb. 5.13 Steigleiterzugang mit einhängbarer Anlegeleiter



Abb. 5.14 Sicherung des Steigleiterzuganges Anlegeleiter mit einhängbarer und abschließbarer Blechtefel

Bei einer Leiterhöhe von mehr als 10 m müssen Ruheebenen vorhanden sein. Die Ruhepodeste sollen jeweils bei den erforderlichen Revisionsöffnungen – also alle 6 m – vorgesehen werden. Die Leitern sollen so angeordnet werden, dass sie auf einer Seite zum Podest hochführen und der weitere Aufstieg von der anderen Seite des Podestes (sogenannte(s) Umsteigebühne oder Wechselpodest) aus erfolgt. Herunterklappbare Ruhepodeste sind zu vermeiden.

Aufstiege oder Zugänge sind gegen unbefugten Aufstieg zu sichern, z. B. mit einhängbaren, ca. 2 – 3 m langen Anlegeleitern anstelle einer bis zum Boden führenden Steigleiter oder über abschließbare Ausstiegs-Verhinderer.

Betretbare Dachflächen sind mit einem mindestens dreiteiligen Geländer – bestehend aus Handlauf, Knieleiste(n) und Fussleiste – mit mindestens 1,10 m Höhe gegen Absturz von Personen zu sichern.



Abb. 5.15 und 5.16 Silodach mit Absturzsicherung und sicherheitsgerechter Ausführung des Leiterausstieges



Im Zweifelsfall regelt die Baugenehmigung sowohl bei Neubauten als auch bei Bestands-Silos die im konkreten Einzelfall geforderten Abmessungen.

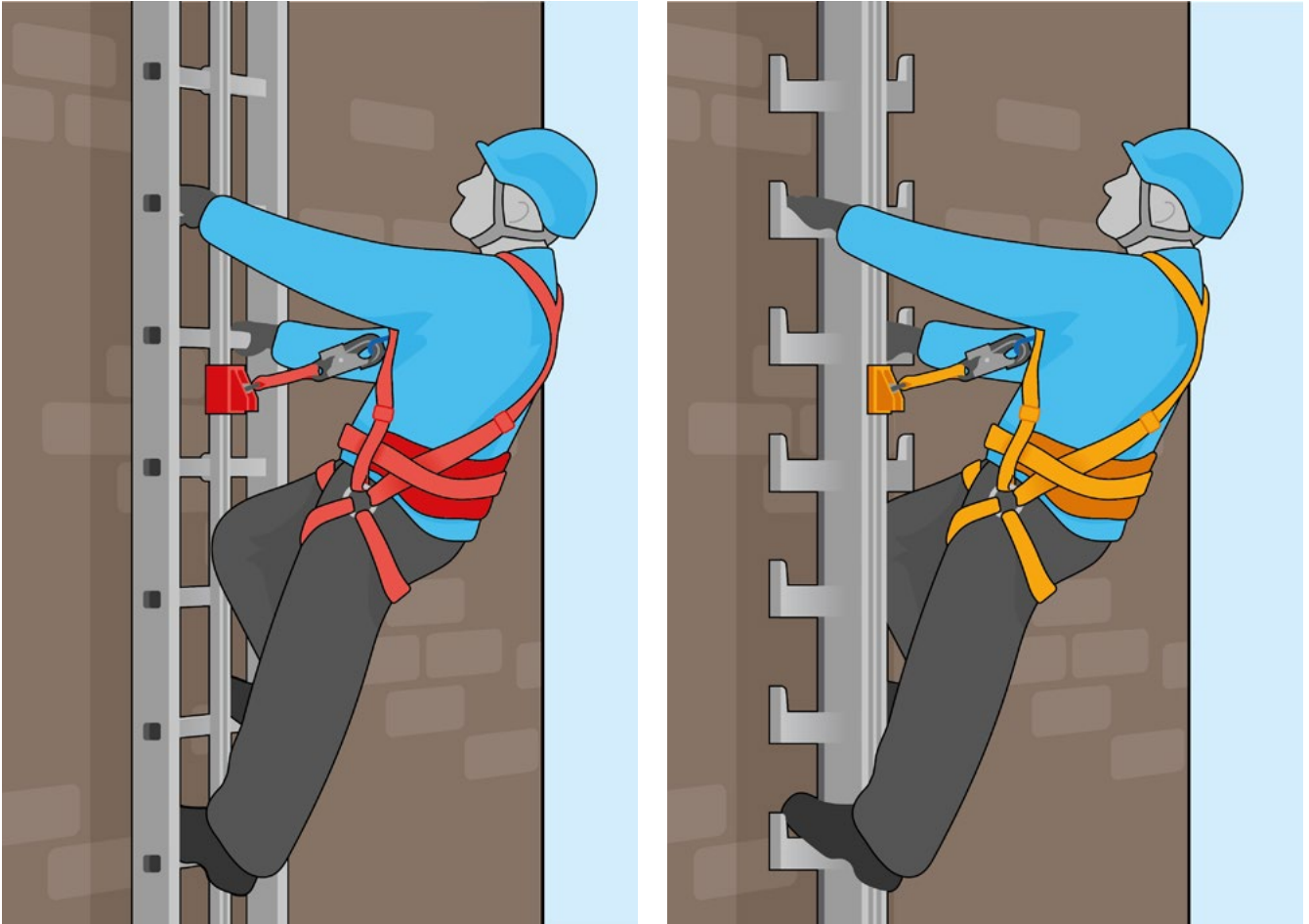


Abb. 5.17 und 5.18 Steigleiter mit Steigschutz und deren Verwendung

Alternativ zu Steigleitern mit Rückenschutz können auch Steigleitern mit Steigschutz Verwendung finden. Solche Leitern haben gegenüber der Ausführung mit Rückenschutz den Vorteil, dass der Aufstieg erleichtert wird und eine evtl. erforderliche Rettung von Personen aus großen Höhen leichter möglich wird. Das Anfügen und Lösen der Steigschutzeinrichtung muss von einem gesicherten Standplatz erfolgen.

Allerdings muss die steigende Person beim Besteigen Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) verwenden.

Geeignete PSAgA sind in diesem Fall ein zur Führung der Steigschutzeinrichtung zugeordnetes Auffanggerät und ein Auffanggurt nach DIN EN 361 mit vorderer Auffangöse bzw. Steigschutzöse.

# 6 Einrichtungen zum regulären Betrieb des Silos

## 6.1 Beschickungs- und Befüllleinrichtungen

Holzstaub und -späne sollten möglichst gleichmäßig über den Siloquerschnitt verteilt werden. Der Schüttkegel sollte möglichst zentrisch angeordnet sein.

Es werden drucklose und druckbehaftete Beschickungssysteme unterschieden. Beschickungssysteme können außerdem aus mechanischen Einrichtungen (z. B. Elevatoren) oder aus pneumatischen Einrichtungen (z. B. Pneumatische Förderanlagen) bestehen.

### Anmerkung:

In den nachfolgenden schematischen Darstellungen sind die im Abschnitt 5 behandelten baulichen und sicherheitstechnisch notwendigen Details (z. B. Absturzsicherungen, Zugänge, Podeste, etc.) nicht erfasst.

## 6.1.1 Drucklose Einbringung der Späne über eine Zellenradschleuse

### Vorteile:

- geringere Auswirkungen von Staubexplosionen, deshalb bei kleinen Silos bis max. 250 m<sup>3</sup> Leervolumen auch kleinere Druckentlastungsflächen im Silo möglich
- keine Vorverdichtung des Späne-Materials durch Überdruck und damit Verringerung der Neigung zur Bildung von Späne-Stöcken und -Brücken

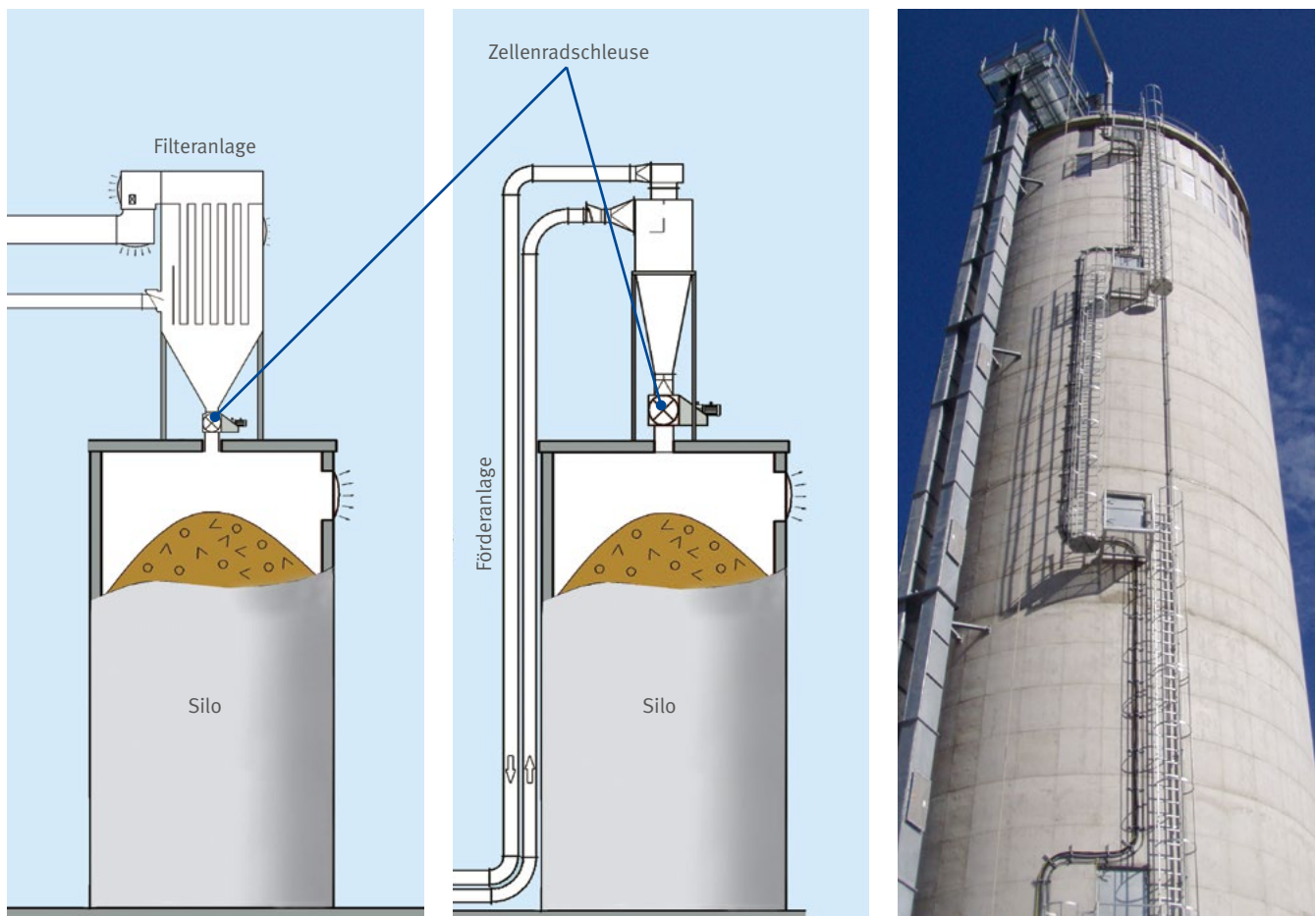


Abb. 6.1, 6.2, und 6.3 Möglichkeiten zur drucklosen Befüllung

### 6.1.2 Druckbehaftete Einbringung der Späne über eine pneumatische Fördereinrichtung

Beim Befüllen des Silos durch direktes Einblasen des Füllgutes kann ein relativ hoher Innendruck entstehen. Dies kann zu Beeinträchtigungen im Bereich der pneumatischen Fördereinrichtungen oder einer dem Silo nachgeschalteten Feuerungsanlage führen.

Bei der druckbehafteten Einbringung der Späne kann zwischen folgenden Konzepten gewählt werden:

- Axiale, mittige Späne-Zuführung über die Silodecke

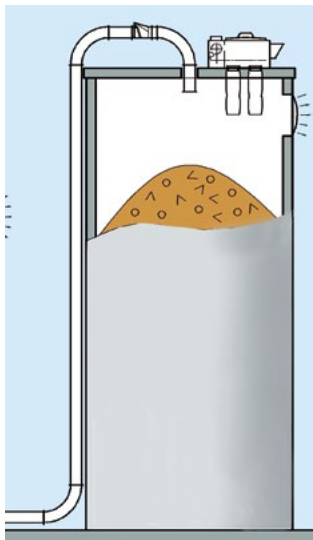


Abb. 6.4  
Druckbehaftete Befüllung über zentrisch im Deckenbereich angeordneten Einblasstutzen

#### Nachteile:

- Unsymmetrischer Schüttkegel
- Hohe Staubbelastung und damit größere Explosionsgefahr (siehe auch nachfolgende *Anmerkung*)
- Materialseparation nach Korngröße

Druckentlastungseinrichtungen, Füllstands-Anzeiger und Löscheinrichtungen dürfen – z. B. durch Späne-Flug aus den Einblasleitungen – in ihrer Wirkung nicht beeinträchtigt werden. Darum sollte der Späne-Flug in diesem Fall entsprechend gerichtet oder durch Bleche umgelenkt werden.

#### Anmerkung:

Beim direkten seitlichen Einblasen im Wandbereich, wie es vor allem bei älteren Anlagen üblich war und nach heutigen Erkenntnissen nicht mehr empfohlen werden kann, treten hohe Staubbelastungen beim Eintrag in das Silo auf. Außerdem gelangen Funken aus Bearbeitungsmaschinen, Ventilatoren etc. direkt in das Silo. Dadurch erhöht sich die Explosionsgefahr beträchtlich (siehe auch DGUV Information 209-045). Daher sind für diesen Fall folgende (Mindest-) Anforderungen zu stellen:

1. Der Deckenfilter benötigt dieselbe Druckstoßfestigkeit wie das Silo.
2. Die Rückschlagklappe muss die Funktion eines Entkopplungssystems im Sinne der ATEX erfüllen und für den zu erwartenden maximalen Explosionsdruck ( $p_{red,max}$ , üblicherweise 0,5 bar) ausgelegt sein (Nachweis durch Prüfung, Anordnung innerhalb der Rohrleitung als sogenannte Rohrrückschlagklappe).

- Direktes seitliches Einblasen im Wandbereich

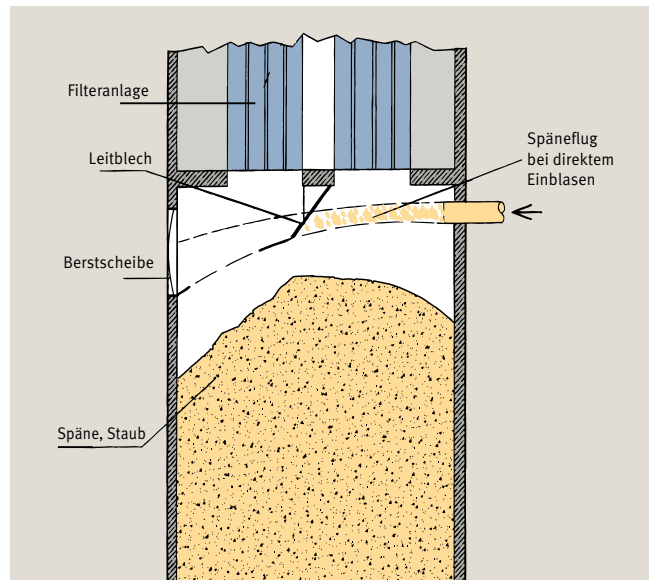
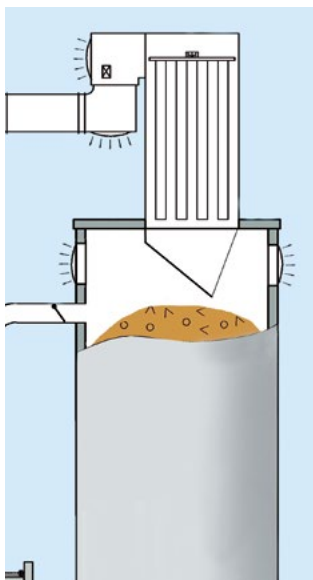


Abb. 6.5 und Abb. 6.6  
Druckbehaftete Befüllung über direktes seitliches Einblasen im Wandbereich

## 6.2 Austragung/Entleerung

Die reguläre Austragung der Späne aus dem Silo darf grundsätzlich nur mit mechanischen Austrageinrichtungen erfolgen.

Die Austrageinrichtungen sollten grundsätzlich so gestaltet werden, dass der gesamte Siloquerschnitt erfasst wird. Damit können „tote“ Ecken vermieden werden, in denen sich „Widerlager“ für Späne-Brücken bilden können. Außerdem wird durch diese Ecken das nutzbare Silovolumen um bis zu 20% verringert, weil sich das gelagerte Material nicht vollständig austragen lässt.

Der angestrebte Massenfluss der Späne und gleichmäßige Austrag wird bei dieser Vorgehensweise begünstigt.

Qualitätsmerkmale einer leistungsfähigen Austragung für Silos für Holzstaub und -späne:

- Die Austragschnecke sollte möglichst bündig mit der Silowand geführt werden. Der Abstand zwischen Schnecke und Silowand sollte dabei möglichst geringer als 5 cm sein.
- Die Schnecke sollte aus hochwertigem Stahl (min. E 295) bestehen.
- Die Spitzen an der Schneckenwendel müssen scharf sein; dies ist umso wichtiger, je verfestigter das Schüttgut ist. Erreicht werden kann dies durch eine Widia-Bestückung der Spitzen.
- Zur Erleichterung erforderlicher Wartungsarbeiten ist zu empfehlen, die Austrag-„Maschine“ mit einer Zentralschmierung auszustatten. Generell sollte die Konstruktion wartungsfreundlich sein.

- Die Kegelräder für den Antrieb der Schnecken müssen aus speziell gehärtetem Stahl bestehen.
- Die Austragggeschwindigkeit sollte variabel sein (Frequenzumformer erforderlich); der Vorschubantrieb sollte über eine Maximum-Abschaltung gegen Überlastung gesichert sein.
- Da in Silos für Holzstaub und -späne grundsätzlich mit dem Vorhandensein explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist (Zone 20 bzw. Zone 21), sollte zur Vermeidung von Zündquellen die Umfangsgeschwindigkeit der Wendel auf max. 1m/s begrenzt werden. Elektrische Komponenten der Austragung müssen, wenn sich der Einbauort im Bereich einer Zone befindet, explosionsgeschützt ausgeführt werden.
- Für die Entleerung im Notfall sollten mindestens 2 Ausfallstützen vorhanden sein (vgl. Abschnitt 7)

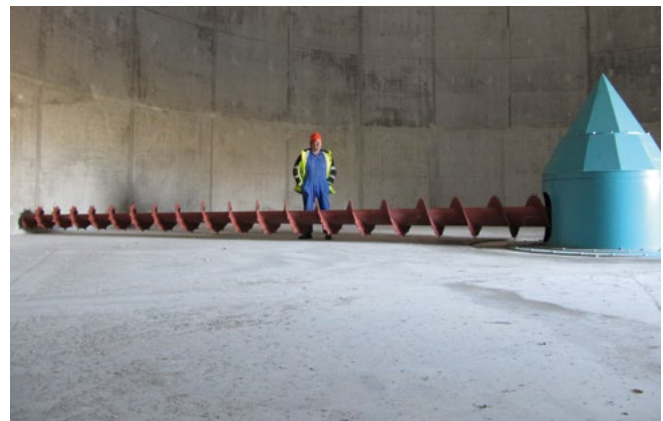


Abb. 6.9 Horizontale Austragsschnecke im Bodenbereich

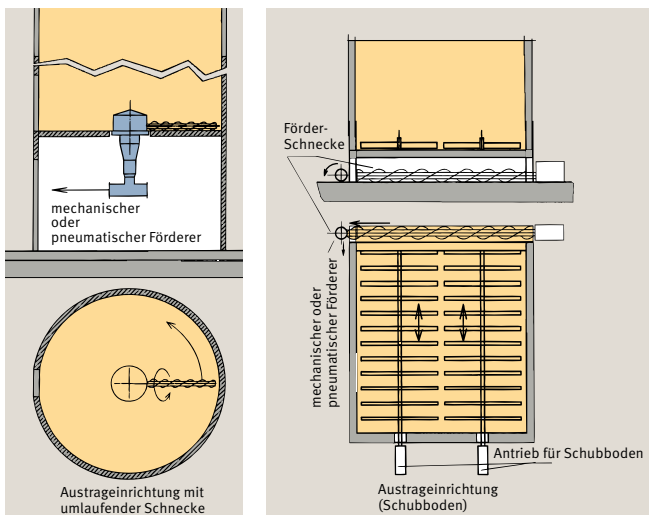


Abb. 6.7 und 6.8 Geeignete Austrageinrichtungen für verschiedene Silogrundrisse



Abb. 6.10 Konstruktionsmerkmale einer Austragschnecke

### 6.2.1 Beispiele für verschiedene Austragsysteme

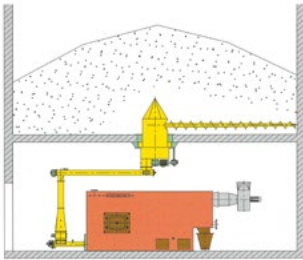


Abb. 6.11 Horizontalschnecken

für alle Silogrößen und Materialzusammensetzungen geeignet

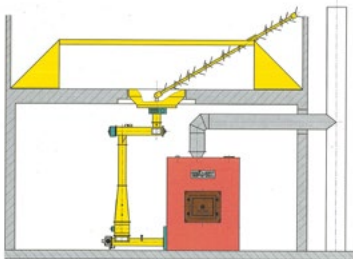


Abb. 6.12 Pendelschnecken \*)

Nur bei rieselfähigem, trockenem Material mit geringer Füllhöhe. Pendelschnecken stellen sich senkrecht und tragen seitlich nichts mehr aus (Gefahr der Schachtbildung).

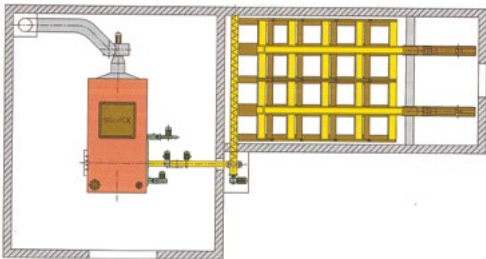


Abb. 6.13 Schubbodenaustragung

Für rechteckige Silos bis max. 12 m Höhe. Bei nassem Material sind bis max. 5 m Füllhöhe keine Probleme zu erwarten.

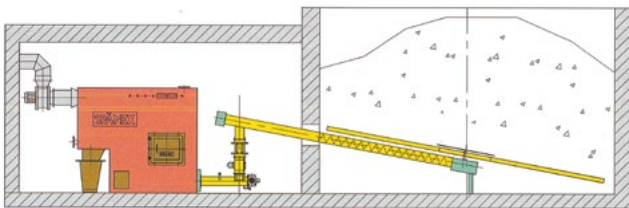


Abb. 6.14 Raumaustragung \*\*)

Empfehlenswert nur für Vorratsbehälter und Silos bis max. 3 m x 3 m Querschnitt und max. 3 m Füllhöhe. Nur für trockenes Material geeignet.

#### Anmerkungen:

\*) **Pendelschnecken** sind als Austragung generell nicht empfehlenswert, da sie erfahrungsgemäß störanfällig sind und Einbauten im Siloinneren erfordern. Wenn sie trotzdem eingesetzt werden sollen, dann nur unter folgenden Randbedingungen:

- Das Silo selbst hat einen trichterförmigen Entnahmebereich.
- Die Füllhöhe im Silo beträgt max. 10 m.
- Das Verhältnis Füllhöhe/Silodurchmesser (H/D) beträgt max. 2.

\*\*) **Raumaustragungen** sind als Austragungen für Silos generell ungeeignet. Sie können nur im Bereich von sogenannten „Spänekellern“ (die immer eine problematische Lösung darstellen) und in Vorratsbehältern eingesetzt werden. Ein zweiter Austragstutzen ist bei Raumaustragungen nicht sinnvoll, da die Austragleistung für eine Notentleerung zu gering ist. Bei Raumaustragungen müssen daher grundsätzlich zusätzliche Not-Austrag-Systeme installiert werden können.

### 6.2.2. Zugangssicherung

Anforderungen an die Zugangssicherung für den Spänelagerbereich bei der Austragung mit mechanischen Austrageinrichtungen:

- Türen oder Klappen sind so mit der Austrageinrichtung zu verriegeln, dass beim Öffnen der Antrieb zwangsläufig stillgesetzt wird. Bei Anordnung dieses Schalters innerhalb des Silos muss der Schalter Kategorie 1 (Zone 20) bzw. Kategorie 2 (Zone 21) nach ATEX genügen.
- Die Verriegelung der Austrageinrichtung muss auch die Abschaltung der Materialzufuhr in den Späne-Lagerraum und von vorhandenen Auflockerungseinrichtungen umfassen.
- Der Antrieb der Austrageinrichtung darf durch die Brennstoffanforderung einer Feuerungsanlage nicht wieder eingeschaltet werden können.
- Für die Instandhaltung muss es möglich sein, das automatische Austragssystem bei geöffneter Tür/geöffneten Türen zu betreiben. Dafür muss das automatische Austragssystem über einen abschließbaren und gegen Witterungseinflüsse geschützt angebrachten Betriebsartenwahlschalter von Automatik-Betrieb auf Einricht-Betrieb umgeschaltet werden können. Im Einricht-Betrieb darf jede gefahrbringende Bewegung des Silo-Austragssystems nur möglich sein, wenn die folgenden Anforderungen erfüllt sind:

1. Die Bewegungen müssen durch Befehlseinrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung gesteuert werden („Totmannschalter“).
2. Befehlseinrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung müssen außerhalb des Späne-Lagerraumes angeordnet sein, wobei aber die Bedienperson eine freie Sicht auf die von ihr ausgelösten Bewegungen haben muss. Es können auch ortsbewegliche Bediengeräte (Bedienflaschen) verwendet werden, die die Bedienperson mit sich führen kann. Diese müssen mit einer Freigabetaste und Schalter(n) ohne Selbsthaltung für die Steuerung der (einzelnen) Bewegung(en) ausgestattet sein. Die der Verriegelung zugrunde liegende Steuerung muss einem Performance Level c (PL c) nach EN ISO 13849-1:2008 entsprechen.  
Nähere Informationen zur Ausstattung der Freigabesteuerung sind EN 60 204-1 (siehe Anhang 1) zu entnehmen.
3. Es muss eine von der Zugangsstelle zum Silo erreichbare Not-Aus-Befehlseinrichtung vorhanden sein.



Abb. 6.15 Sicherheitsschalter als Zuhaltung für Verwendung im Ex-Bereich (Zone 21)



Abb. 6.16 Zustimmungsschalter für den Einricht-Betrieb mit 3 Stellungen (Aus-Ein-Aus) und zusätzlichem Start/Stopp-Schalter

### 6.3 Umlagerung des Siloinhaltes

Es sollte grundsätzlich ein konstanter Massenfluss im Silo stattfinden, um das Material in Bewegung zu halten und damit Fließstörungen zu vermeiden. Wegen dieses Materialdurchlaufes sind Puffersilos im Hinblick auf Fließstörungen weniger anfällig als Speichersilos. Auch bei Speichersilos muss die Austrageinrichtung in regelmäßigen Zeitabständen kurzzeitig in Betrieb genommen werden, um das Festsitzen der Einrichtung zu verhindern.

Wenn durch die aktuell vorgesehene Betriebsweise kein ständiger Materialaustrag erfolgt, kann dieser durch ständiges Umwälzen des Lagergutes erreicht werden, z. B. durch Entnahme über eine zweite Entnahmestelle (Notentnahmestutzen) und Wiederaufführung des entnommenen Materials über eine Einschleusung in pneumatische und mechanische Förderer. Dabei ist Folgendes zu beachten:

- Das Umlagern verhindert das Absetzen des Materials im Späne-Lagerraum und damit Brücken- und Stockbildung.
- Das umzusetzende Volumen sollte wöchentlich ca. 20 % des Siloinhaltes ausmachen, abhängig von Materialeigenschaften (Feuchtigkeit, Körnigkeit, etc.).
- Anlagentechnisch ist mindestens ein zusätzlicher Ausfallstutzen an der Siloaustragung und eine zusätzliche Späne-Transportanlage (mechanisch oder pneumatisch) zum Einfüllstutzen erforderlich. Wegen des zusätzlich notwendigen Transportventilators ist das pneumatische Verfahren energetisch aufwändig. Daher sollten für die Umlagerung mechanische Förderer (horizontal: Schneckenförderer, vertikal: Trogkettenförderer oder Elevatoren) gegenüber pneumatischen Systemen bevorzugt werden.

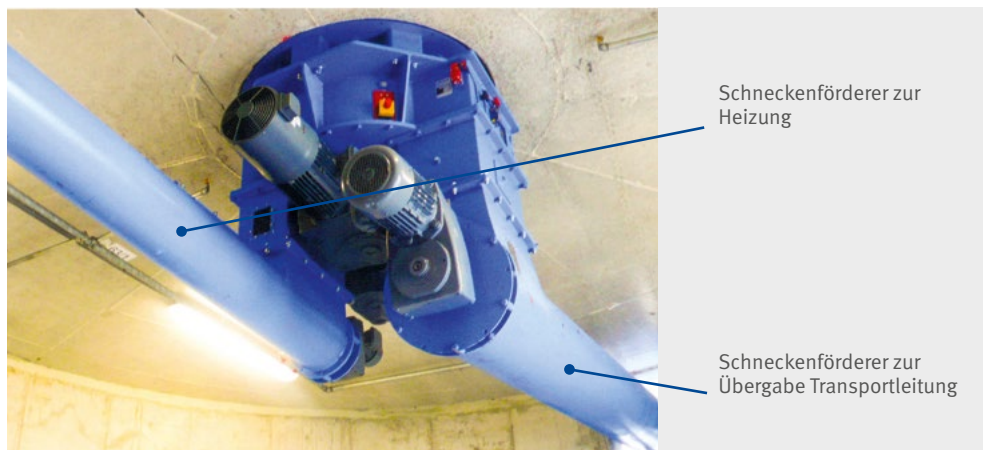


Abb. 6.17 Austragung mit 2 getrennten Übergabestellen

### 6.4 Füllstandsanzeige/Füllstandsüberwachung

Anzeige- bzw. Überwachungseinrichtungen sind eine Sicherheitsmaßnahme gegen Überfüllung. Für pneumatisch befüllte Silos werden in DIN EN 617 automatisch wirkende Sicherheitsmaßnahmen gegen Überfüllung gefordert.

- **Füllstandswächter** oder Vollmelder (z. B. Drehflügelsensoren, Paddel oder Pendel) zeigen das Erreichen einer Grenze an, sie bieten nur eine Ja/Nein-Information. Schaltfunktionen für Befüll- und Austragorgane können von diesen Sensoren ausgelöst werden. Es ist jedoch keine Füllniveaueanzeige und damit keine Vorwarnung vor Funktionsauslösung möglich.

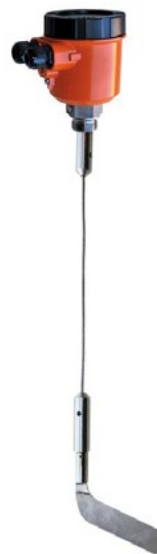
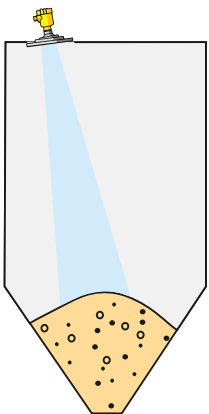


Abb. 6.18 Drehflügel-Füllstandswächter

**Füllstandsanzeiger** (wie Radar-, Ultraschall-, Infrarotmesser, elektromechanische Lotsysteme, etc.) geben dagegen eine quantitative Information über den tatsächlichen Füllstand. Dabei findet keine Beeinträchtigung des Schüttgut-Fließverhaltens statt. Ultraschall- und Infrarotmesser liefern jedoch aufgrund der amorphen Struktur von Holzspäne-Schüttungen, anders als bei körnigen Schüttgütern, nur ungenaue Ergebnisse.

Bei der Auswahl des Füllstandsensors ist darauf zu achten, dass der innerhalb des Späne-Lageraumes befindliche Teil keine für Holzstaub wirksame Zündquelle darstellt, da dieser Bereich üblicherweise in Zone 20 bzw. Zone 21 einzuordnen ist.



**Abb. 6.19**  
Radarsensor im eingebauten Zustand



**Abb. 6.20**  
Radarsensor im nicht eingebauten Zustand

## 6.5 Temperatur und CO/CO<sub>2</sub>-Überwachung

Weitere Überwachungseinrichtungen sind erforderlich, wenn Schüttgüter zu Gärprozessen und/oder Selbstentzündung neigen. Dies ist z. B. bei der Lagerung von feuchten Sägespänen, Wald-Hackschnitzeln usw. oder in Silos mit großen Schüttmengen der Fall.

Bei erhöhter Selbstentzündungsgefahr sollte in jedem Fall auch die Schüttgut-Temperatur überwacht werden. Dazu müssen mehrere Messstellen über das gesamte Silo verteilt (z. B. Decke, Boden, Wände) angeordnet werden. Mit speziellen Mess-Gehängen, die in den Späne-Lagerraum und das Schüttgut hineinreichen, kann eine weitgehend lückenlose Überwachung erzielt werden.

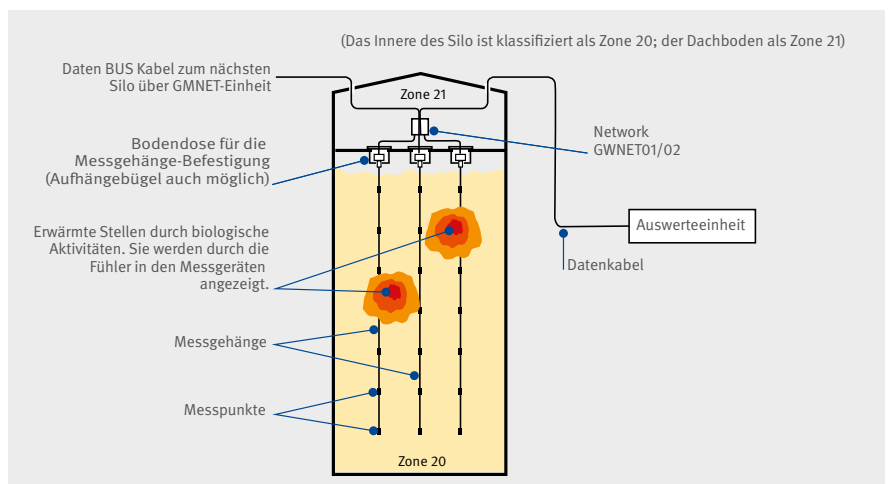
Um die Brandgefahr zu minimieren, muss bei Überschreitung einer kritischen Temperatur das Schüttgut möglichst schnell ausgetragen, gekühlt oder umgelagert werden.

Wegen der Neigung zur Brücken- und Stockbildung und der erhöhten Gefahr von Selbstentzündung in der Folge von Gärprozessen wird dringend empfohlen, feuchtes Material nicht gemeinsam mit trockenem Material im selben Silo zu lagern!

**Hinweis:**  
Silos zur Lagerung von sogenannten feuchten Waldhackschnitzeln (Grünschnitzeln) sind in der Schweiz im Suva-Merkblatt 66050 ([www.suva.ch/waswo](http://www.suva.ch/waswo)) behandelt.



**Abb. 6.21**  
Silopilot (Elektromechanisches Lotsystem)



**Abb. 6.22** Messtechnische Einrichtung zur Temperaturüberwachung

## 6.6 Siloaustrag zur Feuerung

Automatische Späne-Feuerungsanlagen stehen über eine mechanische Siloaustragung in Verbindung mit Absauganlagen. Diese Späne-Feuerungsanlagen reagieren empfindlich auf Druckunterschiede zwischen Brennkammer und Siloinnerem. Besteht im Silo Überdruck gegenüber der Brennkammer, so kann der Luftvolumenstrom in Richtung Brennkammer das Brennstoff-Luft-Gemisch so beeinflussen, dass der Anlagen-Wirkungsgrad sinkt und der Schadstoffausstoß zunimmt. Im Extremfall kann die Feuerung auch gelöscht werden.

Besteht Unterdruck im Silo gegenüber der Brennkammer, kann es zu Rückbränden in das Silo oder zum Eintrag von Rauchgasen in den Späne-Lagerraum kommen.

Um Rückbrände in das Silo und in der Folge Explosionen zu vermeiden, sind folgende technische Maßnahmen erforderlich:

- *Vor der Feuerung:* Branderkennungs- und Löscheinrichtung im Stoker-Kanal (sogenannte Wasservorlage) als Sicherung gegen Rückbrand; über einen Temperaturfühler wird eine eventuelle stärkere Erwärmung (in der Regel 70°C) des geförderten Späne-Materials erkannt und anschließend Wasser in den Stoker-Kanal eingeleitet.
- *Am Silo:* Einbau von Zwangs-Belüftungseinrichtungen (z. B. Ventilen) im Bereich oberhalb des maximalen Füllstandes zur Gewährleistung des Druckausgleiches im Siloinneren. Diese Maßnahme kann auch wirkungsvoll gegen Überdruck im Silo angewandt werden.

Detailliertere Anforderungen an die Beschickungseinrichtungen von Holzspäne- und Holzstaub-Feuerungen können Anhang 8 entnommen werden.



Abb. 6.23 Fallschacht von einer Siloaustragung zur Stoker-Schnecke



Abb. 6.24 und 6.25 Belüftungsventil

# 7 Konzepte zur Vorgehensweise bei Störungen

Trotz der bisher beschriebenen Maßnahmen muss erfahrungsgemäß immer mit folgenden Störungen gerechnet werden:

- Bildung von Späne-Stöcken und Späne-Brücken im Siloinnenen, sodass Stauungen entstehen und kein Material mehr ausgetragen werden kann.
- Entstehen von Bränden/Explosionen im Siloinnenen bei Eintrag von Zündquellen über die Befüll- oder Austrageinrichtungen oder
- durch biologische Verrottungsprozesse bedingte Selbstentzündung.
- Defekte an der Austrageinrichtung selbst, die von außerhalb des Späne-Lageraumes nicht behoben werden können (z. B. Bruch der Austragschnecke) und deshalb eine vollständige Entleerung des Silos erforderlich machen.

Für das weitgehend gefahrlose Beseitigen dieser Störungen muss eine Strategie entwickelt, dokumentiert und durch bauliche, anlagentechnische und betriebliche Maßnahmen umgesetzt werden.

Dabei sind folgende grundsätzliche Vorgehensweisen bei der Störungsbeseitigung zu unterscheiden:

**ohne** Zugang zum Siloinnenen (siehe Abschnitt 7.1)

**mit** Zugang zum Siloinnenen (siehe Abschnitt 7.2)

- durch Einfahren von oben (siehe Abschnitt 7.2.1) bzw.
- zum Entleeren durch seitliche Türen (siehe Abschnitt 7.2.2)

in den Späne-Lageraum einfahren (müssen), nicht zur Anwendung kommen dürfen.

- Ausnahmsweise können Silos mit einer lichten Grundfläche mit bis max. 45 m<sup>2</sup> (entsprechend 7,5 m Siloinnendurchmesser) mit seitlichen Zugangstüren versehen werden, durch die das Material unten von außerhalb des Silos entnommen werden kann.

Aus Gründen der Arbeitssicherheit ist auch bei bereits bestehenden Silos der Variante „**ohne** Betreten des Siloinnenen“ eindeutig der Vorrang einzuräumen, da in diesem Fall eine Gefahr für Leib und Leben erst gar nicht entstehen kann. Allerdings sind entsprechende bauliche, anlagentechnische und organisatorische Vorbereitungen zur Durchführbarkeit dieser Variante zwingend erforderlich.

Auch für die Durchführbarkeit der Varianten „**mit** Einfahren in das Siloinnere“ sind – mit gewissen Einschränkungen – bauliche, und anlagentechnische Vorbereitungen notwendigerweise zu treffen. Darüber hinaus sind in diesen Fällen besonders hohe Anforderungen an die Organisation, die Zuverlässigkeit und Ausbildung des eingesetzten Personals sowie die Bereitstellung von Hilfsmitteln und Schutzausrüstungen gefordert.

## 7.1 Maßnahmen zur Störungsbeseitigung ohne Zugang zum Siloinnenen

### 7.1.1 Störungen im Materialfluss

Bei neu errichteten Silos sind die Anforderungen nach DIN EN 12 779:2013 anzuwenden. Das bedeutet:

- Oberhalb des maximalen Füllstandes sind Kontrollöffnungen vorgeschrieben. Diese Öffnungen müssen so ausgelegt werden, dass es nicht möglich ist durch sie in das Silo einzusteigen oder einzufahren. Andererseits dürfen aber durch diese Kontrollöffnungen mechanische Hilfsmittel z. B. zur Reinigung des Späne-Lageraumes oder zur Beseitigung von Fließstörungen eingebracht werden.
- Generell ist das Betreten von Späne-Lagerräumen, die nicht technisch leer sind (vorhandene Füllhöhe < 1m), nicht vorgesehen. Dies bedeutet, dass Methoden, bei denen Personen von oben oder von der Seite

Stauungen im Materialfluss dürfen grundsätzlich nur von außerhalb des Späne-Lageraumes beseitigt werden.

Sind aufgrund der Beschaffenheit und Zusammensetzung des gelagerten Späne-Gutes Fließstörungen zu erwarten oder treten beim praktischen Betrieb häufig Störungen im Materialfluss auf, die nicht von Hand beseitigt werden können, sollten technische Lösungen von vorneherein eingeplant oder ggf. auch nachgerüstet werden. Druckluftkanonen, die von Hand oder automatisch ausgelöst werden können, stellen eine mögliche Maßnahme dar, um den inneren Zusammenhalt des Späne-Konglomerates aufzulösen und so die Fließfähigkeit wieder herzustellen.

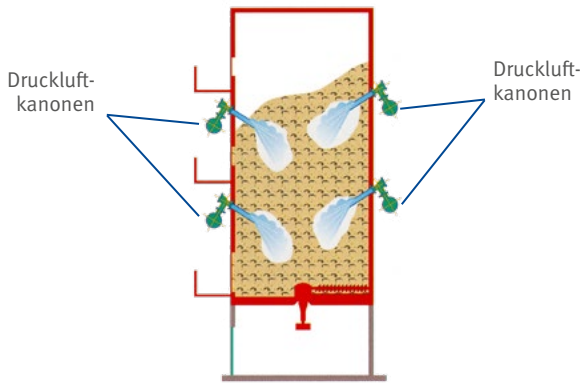


Abb. 7.1 Prinzip-Skizze eines Silos mit Druckluftkanonen

Bereits eingetretene Fließstörungen, wie Späne-Brücken, Schächte bzw. sog. Rattenlöcher, aber auch Anbackungen an den Silowänden, können über eine Zugangsöffnung im Silodach mittels pneumatischer oder mechanischer Reinigungsverfahren ohne Betreten des Späne-Lagerbereiches beseitigt werden.

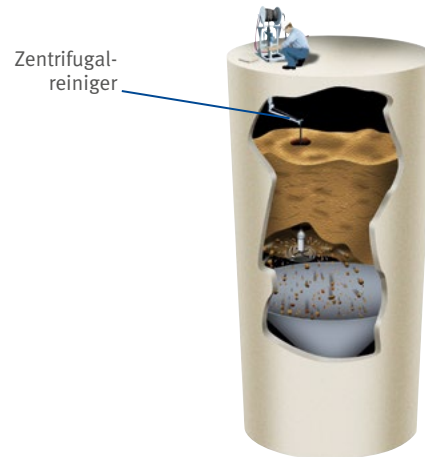


Abb. 7.3 Prinzip-Skizze zum Vorgehen mit einem Zentrifugalreiniger

Brücken müssen zunächst mit einem Bohrer durchstoßen werden, um so die Bedingungen eines schmalen Schachtes zu schaffen. Anschließend kann das Material, wie oben beschrieben, durch stetige Aufweitung des Schachtes abgeschlagen und der Austragung zugänglich gemacht werden.

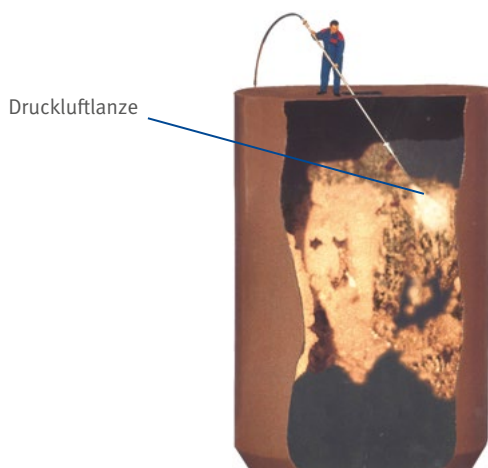


Abb. 7.2 Prinzip-Skizze zum Vorgehen mit einer Druckluftlanze

Für die Beseitigung von Anbackungen an den Silowänden eignen sich Druckluftlanzen recht gut.

Schächte lassen sich durch Verfahren beseitigen, bei denen ein rotierender Druckluftmotor mit mehreren Ketten bestückt wird und dann wie der Rotor eines Hubschraubers die Schächte durch Abschlagen des verfestigten Materials vom Zentrum her vergrößert.

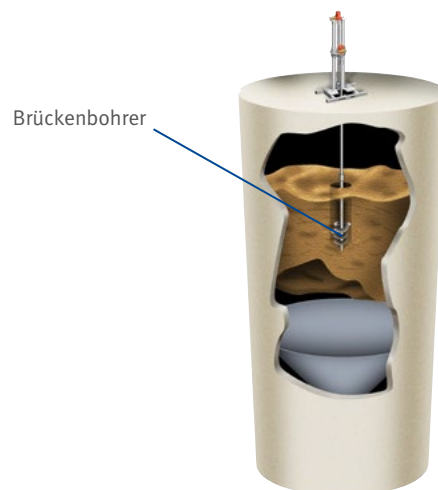


Abb. 7.4 Prinzip-Skizze zum Vorgehen mit einem Brückenbohrer

Die Einzelheiten der Vorgehensweise und der dafür notwendigen baulichen Voraussetzungen sollten bereits in der Planungsphase des Silos mit der Anbieter-/Lieferfirma der Reinigungssysteme abgeklärt werden.

Zum manuellen Beseitigen von Stauungen oder zum Lockern des Späne-Materials von außen können Stocher-Stangen verwendet werden. Voraussetzung für den Einsatz von Stocher-Stangen ist das Vorhandensein einer ausreichenden Anzahl von Revisions- bzw. Stocher-Öffnungen mit vorgelagerten Podesten. Dazu muss an jedem Podest vor einer Revisionsöffnung eine Steigleiter (max. 6 m Abstand untereinander) vorhanden sein.

Die oberste Revisionsöffnung sollte oberhalb des maximalen Füllstandes angeordnet sein.

Revisionsöffnungen müssen so ausgeführt werden, dass durch sie nicht in das Siloinnere eingestiegen werden kann (siehe auch Abschnitt 5.6).

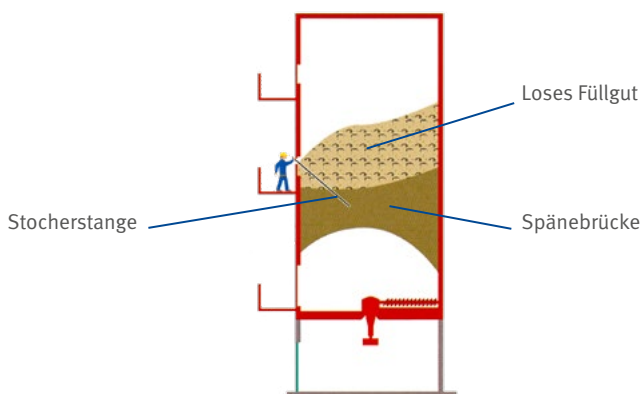


Abb. 7.5 Prinzip-Skizze eines Silos mit Revisionsöffnungen zum Stochern

### Achtung

Die Methode der Beseitigung von Materialstauungen durch Stochern mit menschlicher Muskelkraft – wie sie nach DIN EN 12 779 für Silos mit einer Querschnittsfläche bis maximal 45 m<sup>2</sup> zulässig ist – hat sich im praktischen Einsatz als zumindest fragwürdig erwiesen. Die Reichweite mit der handbetätigten Stocher-Stange beträgt nach praktischen Erfahrungen max. 1,50 m. Die Muskelkraft reicht nicht aus, um die Stauungen zu lösen. Es sollten andere Methoden der Störungsbeseitigung bevorzugt werden!

Lassen sich Stauungen von außerhalb des Späne-Lagerraumes nicht beseitigen, muss wie in Abschnitt 7.2 beschrieben verfahren werden. Dabei gilt der Grundsatz:

**Niemals unter Späne-Brücken treten!  
Gefahr des Verschüttet-Werdens!**

### 7.1.2 Störungen durch Überfüllen

Um bei Überfüllung, sei es, weil der Späne-Anfall die vorhandene Lagerkapazität des Silos übersteigt oder weil die drohende Überfüllung nicht rechtzeitig bemerkt wurde, eine sichere und gleichzeitig leistungsfähige Entnahme zu gewährleisten, sollte die Austragung mit mehreren (mindestens 2) Ausfallstützen ausgestattet werden. Wenn – wie im Sommer häufig der Regelfall – keine Späne-Abnahme durch die Feuerungsanlage erfolgt, kann so jederzeit – ohne größere Umbaumaßnahmen und Betriebsstillstände – das überschüssige Material aus dem Silo gefahren werden. Außerdem wird dabei die Austragung „bewegt“, was einem späteren Festsitzen vorbeugt.



Abb. 7.6 und 7.7 Austrageeinrichtung mit 2 Ausfallstützen zum wahlweisen Späne-Transport in eine Heizungsanlage (7.6 oben) oder eine externe Transportanlage/Späne-Entsorgung (7.7 unten)

Mit der Transportanlage können die Späne dann bequem in ein weiteres Silo, einen temporär aufgestellten Container oder – wie in den Abbildungen 7.8, 7.9 und 7.10 zu sehen – über den Anschluss einer LKW-seitig montierten Absauganlage (zum gefahrlosen „Abzapfen“) durch einen Späne-Händler entsorgt werden.



Abb. 7.8 Außerhalb des Silokörpers gelegene Anschlussstutzen für eine Transportanlage mit Umschaltweiche für die Austrageinrichtung (befindet sich hinter der verschlossenen Tür)

Wenn Silos für Holzstaub und -späne mit Saugfahrzeugen geleert werden sollen, darf die Leistung der im Silo eingebauten Austrageinrichtung nicht wesentlich kleiner sein als die Saugleistung des Saugfahrzeuges. Andernfalls ergeben sich für alle Beteiligten unakzeptabel lange Standzeiten dieser Fahrzeuge vor Ort. Die maximale Austragleistung für das Entleeren des Silos muss mit den Kapazitäten der Abnehmenden abgesprochen werden.



Abb. 7.9 LKW mit eigener Absauganlage

Saugfahrzeuge zum Entleeren von Silos haben üblicherweise eine Förderleistung von min. 60 m<sup>3</sup>/h.



Abb. 7.10 Späneentnahme über Anschluss an gesonderten Entnahmestutzen

### 7.1.3 Störungen an der Austrageinrichtung

Gelegentlich ist die Austrageinrichtung so beschädigt, dass eine Reparatur von außerhalb des Späne-Lagerbereiches nicht möglich ist. Dies ist z. B. beim Bruch der Austragschnecke der Fall.

Die erste Möglichkeit, das Silo ohne Gefährdung der Beschäftigten zu entleeren, wenn die Austrageinrichtung ausgefallen ist, ist der Einsatz mobiler Austragsysteme.



Abb. 7.11 Notentleerung eines Silos über transportable Austragschnecke in einen Container

Die Einzelheiten sollten bereits in der Planungsphase des Silos mit der Herstellfirma des vorgesehenen Notentleerungssystems abgeklärt werden.

Kann das Notentleerungssystem wegen Fehlens der baulichen und organisatorischen Voraussetzungen nicht eingesetzt werden, muss wie in Abschnitt 7.2 beschrieben verfahren werden.

#### 7.1.4 Brände und Explosionen im Siloinneren

Bei einem Brand oder auch nach dem Ansprechen der Druckentlastung in der Folge einer Staubexplosion muss zunächst umgehend die Feuerwehr verständigt werden. Außerdem sollten die weitere Späne-Zu- und -Abfuhr sowie die Abreinigung eventuell mit dem Silo verbundener Filteranlagen wirksam unterbunden werden.

Eine Explosion innerhalb eines Silos muss bei Neuanlagen nach DIN EN 12779 mit geeigneten Sensoren detektiert werden (z. B. mit Drucksensoren oder einer Überwachung der Explosionsdruckentlastung). Nach Erkennung einer Explosion muss sowohl das Beschickungs- als auch das Austragssystem automatisiert ausgeschaltet werden. Wegen der massiven Gefahren bei unsachgemäßer Vorgehensweise sollten eigene Löschruche in jedem Fall unterbleiben.



**Keinesfalls die Türen oder Zugänge ins Siloinnere öffnen!**

**Es besteht akute Staubexplosionsgefahr!**

Daher müssen bauliche und/oder anlagentechnische sowie organisatorische Maßnahmen schon in der Planungsphase vorgesehen werden, um eine möglichst gefahrlose und schadensmindernde Ablösung des Brandes und anschließende Austragung des brennenden oder glimmenden Späne-Materials zu ermöglichen.

Zunächst muss das Silo mit einer Sprühwasserlöscheinrichtung nach Abschnitt 9.1 und/oder einer Anschlussmöglichkeit für eine Inertisierungs-Anlage nach Abschnitt 9.2 ausgerüstet sein.

Im Brandfall kann die Feuerwehr die Sprühwasser-Löscheinrichtung mit Wasser, die Inertisierungs-Anlage mit Inertgas beaufschlagen.

Im Regelfall kann aber weder mit der Sprühwasser-Löscheinrichtung noch mit der Inertgas-Zufuhr alleine ein Brand vollständig abgelöscht werden; es ist lediglich möglich, ihn einzudämmen. Das liegt darin begründet, dass z. B. das Wasser mehrere Meter dicke Staub-/Späne-Schichten nicht

durchdringen kann. Auch in Lagerbereichen im Inneren des Silos, die noch nicht offen brennen, können sich Glimmester verbergen, die den Brand immer wieder neu anfachen würden. Das Späne-Material muss daher in jedem Fall vollständig aus dem Silo ausgetragen werden.

Dazu sollte wie folgt vorgegangen werden:

Mit der am Silo befindlichen Austragung wird das Material

- entweder über die am Silo angeschlossene Förderlinie zur Feuerung
- oder über einen zweiten Entnahmestutzen an der Siloaustragung (siehe Abb. 7.12)

in brennendem Zustand aus dem Silo heraus gefördert. Im ersten Fall ist die Förderlinie zur Feuerung zu unterbrechen und in den Außenbereich zu verlängern. Im zweiten Fall wird ein zusätzlicher Förderer (Förderschnecke oder Förderband) an den zweiten (bisher nicht anderweitig genutzten) Entnahmestutzen montiert. Außerhalb des Silogebäudes kann das brennende Späne-Material dann relativ gefahrlos von der Feuerwehr abgelöscht werden.



**Aber Achtung: Auch Förderbänder können brennen!**



Abb. 7.12 Austrageinrichtung mit 2 gleichzeitig oder alternativ zu nutzenden Entnahmestutzen

Die geschilderte Vorgehensweise setzt voraus, dass eine Siloaustragung höherer Festigkeit eingesetzt ist, welche darüber hinaus mit mindestens einem zusätzlichen Notentleerungstutzen ausgerüstet ist. Eine eventuelle Beschädigung der

Silouustragung infolge der Hitzeeinwirkung wird dabei bewusst in Kauf genommen.

Das Silo ist grundsätzlich komplett zu leeren, das im Silo gelagerte Späne-Material ist immer verloren! Zugangstüren und Öffnungen ins Siloinnere dürfen keinesfalls geöffnet werden! Um die Explosionsgefahr zu minimieren, sollte beim Austragen des Späne-Materials aus dem Silo das Innere des Späne-Lager-raumes während des gesamten Austragvorganges mit Wasser benetzt werden (z. B. über die vorhandenen Sprühwasser-löscheinrichtung) bzw. sollte eine vorhandene Inertisierung aufrechterhalten bleiben.

## 7.2 Maßnahmen zur Störungsbeseitigung mit Zugang zum Siloinneren

Das Einfahren in Silos ist nur durch entsprechend ausgebildete und mit den Risiken vertraute Spezialisten, sogenannte befähigte Personen, zulässig. Diese Fachleute besitzt der Einsatzbetrieb in der Regel nicht!

*Es wird daher empfohlen, im Rahmen der Erstellung des Konzeptes zur Störungsbeseitigung einen entsprechend auf das Befahren von Silos oder Behältern spezialisierten Fachbetrieb (z. B. Industriekletterer) hinzu zu ziehen!*

Bei jeder Späne-Entnahme und bei Stocher-Arbeiten ist eine Person während der gesamten Dauer **ausschließlich** mit der Überwachung der Arbeiten (Aufsichtführende(r)) zu beauftragen.

Vor Beginn der Arbeiten sind die Späne-Zufuhr, vorhandene Auflockerungseinrichtungen und die mechanische Austrageinrichtung außer Betrieb zu setzen und gegen ungewolltes Einschalten zu sichern.

Das Personal, das mit der Entleerung befasst ist, hat sich vor Beginn der Arbeiten über den Füllstand und die Verteilung der Späne im Silo zu orientieren.

### Tätigkeiten im Inneren von Silos, z. B.

- Beseitigen von Späne-Brücken
- Arbeiten an (Austrag-)Einrichtungen
- Absaugen von Späne-Material

dürfen nur mit Erlaubnis der Betriebsleitung und im Erlaubnisscheinverfahren durchgeführt werden.

Aus Gründen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes ist vor dem Einfahren in den Späne-Lagerbereich mit transportablen Messgeräten mit Alarm- und Warnfunktionen das Vorhandensein von Kohlenmonoxid (CO) bzw. Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zu messen. Die mit dieser „Freimessung“ beauftragte Person muss die erforderliche Sachkunde besitzen. Diese Sachkunde bezieht sich auf:

- die verwendeten Messgeräte und das Messverfahren
- das Verhalten, einzuhaltende Grenzwerte und die typischen Gefährdungen beim Auftreten von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid
- die betrieblichen Verhältnisse wie z. B. die Beschaffenheit des Silos und möglicher Einbauten, welche die Probenahme beeinflussen können

Unabhängig von der Gerätewartung ist vor jedem Einsatz des Messgerätes von der nutzenden Person ein Test gemäß Herstellerangaben auf sichere Funktion durchzuführen. Dieser Test umfasst:

- den Ladezustand der Batterie
- die richtige Anzeige der Gaswarneinrichtung durch Beaufschlagung mit Nullgas und Prüfgas

Wird in das Silo eingefahren, sind die Messungen nach dem Einsteigen in das Silo kontinuierlich weiterzuführen.

Über die geschilderte Maßnahme „Freimessung“ hinaus kann es sinnvoll sein, vor dem Einfahren in das Silo mit einer Wärmebildkamera nach im Späne-Material versteckten Glutnestern zu suchen.

Ein Sicherungsposten muss **während des gesamten Aufenthalts** einer Person im Inneren des Silos anwesend sein und die eingefahrene Person beobachten. Der Sicherungsposten und die einfahrende Person müssen unterwiesen sein. Beide müssen zuverlässig sowie geistig und körperlich fit sein. Der Sicherungsposten muss außerdem mindestens 18 Jahre alt sein.

Für den Einfahrtvorgang muss eine **zugelassene Siloeinfahrt-  
richtung** verwendet werden.

Wenn die Störungsbeseitigung im Silo nur durch Einfahren  
bzw. Betreten des Innenraumes durchzuführen ist, ist unbeding-  
t folgender Grundsatz zu beachten:

**Niemals unter Späne-Brücken treten!**  
**Gefahr des Verschüttet-Werdens!**



Abb. 7.13  
Unzulässige, lebensgefährliche  
Arbeitssituation!

Die DGUV Regel 113-004 „Arbeiten in Behältern, Silos und  
engen Räumen“ erläutert mögliche Gefährdungen und gibt die  
im jeweiligen Einzelfall zu beachtenden Schutzmaßnahmen  
beim Arbeiten in Behältern und Silos vor.

Zur Beseitigung von Störungen mit Betreten des Siloinneren  
gibt es verschiedene Strategien der Vorgehensweise. Diese sind  
in den Abschnitten 7.2.1 und 7.2.2 im Einzelnen beschrieben.

Je nach der in der **Gefährdungsbeurteilung** vorgesehenen Vor-  
gehensweise sind unterschiedliche bauliche Voraussetzungen  
zu schaffen!

Auch das Einsteigen in ein gefülltes Silo von oben oder erst  
recht seitlich stellt immer eine große Gefahr für die einstei-  
gende Person dar, weil Späne-Brücken zusammenbrechen  
können und in der Folge die Person verschüttet werden kann.  
Trotzdem ist es in manchen Fällen die einzige Möglichkeit, um  
Störungen in einem Silo zu beseitigen oder das Silo im  
Störfalle zu entleeren.

Einfahrende Person mit Einfahrtrose ausstatten!



Abb. 7.14  
Prinzip-Skizze zum Befahren  
eines Silos



Abb. 7.15  
Ausstattung mit  
Siloeinfahrtrose

Das Einfahren in das Silo ist nur mit einer geeigneten Siloein-  
fahreinrichtung gestattet. Da ein üblicherweise vorhandener  
Arbeitssitz für die Arbeiten im Silo verlassen werden müsste  
und damit die einfahrende Person im Falle eines Versinkens  
nicht mehr rechtzeitig herausgezogen werden kann, ist sie mit  
einer speziellen Siloeinfahrtrose auszustatten.

**Anmerkung:**

*Wenn der Mitarbeiter oder die Mitarbeiterin nicht mit einer Ein-  
fahrtrose ausgestattet ist und mit einem Sitz einfährt, muss die  
Person zusätzlich mit einer entsprechenden Persönlichen  
Schutzausrüstung gegen Absturz (siehe Abschnitt 8.7 dieser  
DGUV Information) ausgestattet sein. Sie schlägt sich an der  
Einfahreinrichtung an. Wenn sie die Einfahreinrichtung verlässt,  
muss das Anschlagseil durch Anziehen der Winde der Siloein-  
fahreinrichtung stets straff gehalten werden, so dass ein Versin-  
ken im Schüttgut vermieden wird. Dieses Vorgehen ist – wegen  
der mannigfaltigen Fehlermöglichkeiten – sehr problematisch  
und daher wenig empfehlenswert.*

Nach DGUV Regel 113-004 dürfen Personenaufnahmemittel  
(z. B. Arbeitssitze) nur verlassen werden, wenn eine Gefähr-  
dung durch das Schüttgut ausgeschlossen ist. Dies kann dann  
der Fall sein, wenn das Schüttgut im Rahmen der durchzufüh-  
renden Arbeiten nicht betreten werden muss oder wenn das  
Silo „technisch leer“ (Füllhöhe < 1m) gefahren ist und Restmen-  
gen beseitigt oder Reinigungs- und Wartungsarbeiten durchge-  
führt werden müssen.



Beim Einfahren in das Siloinnere verwendete elektrische Betriebsmittel (z. B. Leuchten) und nichtelektrische Betriebsmittel (z. B. mit Druckluft betriebene Werkzeuge) müssen mindestens der **Kategorie 3** entsprechen.

Bei Arbeiten mit häufigen oder längerfristigen Staubaufwirbelungen können die Verhältnisse sogar eine höhere Betriebsmittel-Kategorie (z. B. Kategorie 2) erfordern!

Daneben ist die Verwendung

- eines Helms mit Beriemung für Arbeiten in der Höhe (siehe Abschnitt 8.7),
- einer Schutzbrille (siehe Abschnitt 8.7),
- geeigneten Atemschutzes (siehe Abschnitt 8.7),
- eines Schutzanzuges (siehe Abschnitt 8.7),
- geeigneter Sicherheitsschuhe (siehe Abschnitt 8.7) und
- ggf. persönlicher Schutzausrüstung (PSA) gegen Absturz (siehe Abschnitt 8.7)

beim Einfahren in Silos und Arbeiten in nichtleeren Silos obligatorisch.

### 7.2.1 Entleerung durch Absaugen des Füllgutes

Um ein Silo durch Absaugen des Späne-Materials zu leeren, muss eine separate Absaugleitung gelegt und an einen leistungsfähigen Ventilator angeschlossen werden. Die abgesaugten Späne können dann in einen Container zum Abtransport oder auch in ein anderes Silo auf dem Betriebsgelände gefördert werden. Die Rohrleitung sollte aus glatten Metallrohrteilen bestehen, da flexible Absaugschläuche einen deutlich höheren Strömungswiderstand haben als glatte Rohrleitungen. Lediglich die letzten wenigen Meter bis zum Absaugstutzen können wegen der notwendigen Bewegungsfreiheit flexibel gestaltet werden. Auf durchgängige Erdung der gesamten Leitung ist zu achten!

Die Rohrleitung muss außerdem ausreichenden Querschnitt haben, um eine Verstopfung zu verhindern. Je eingesetzten Absaugstutzen sollte die Leitung mindestens DN 250 mm aufweisen. Gegebenenfalls müssen Falschlufföffnungen und Revisionsöffnungen in der Leitung vorgesehen werden. Abbildung 7.16 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer solchen temporären Anlage. Sinnvollerweise können wesentliche Leitungsbestandteile und der Ventilator als Festinstallation vorgehalten werden.

Vom Boden aus über die untere(n) Zugangstür(en) darf nur in den Fällen vorgegangen werden, in denen die Gefährdungsbeurteilung unter Berücksichtigung der Materialeigenschaften und des Lagerzustandes eindeutig ergeben hat, dass Personen durch abbrechende Späne-Stöcke oder durch Versinken in ausfließendem Späne-Material nicht gefährdet werden können.

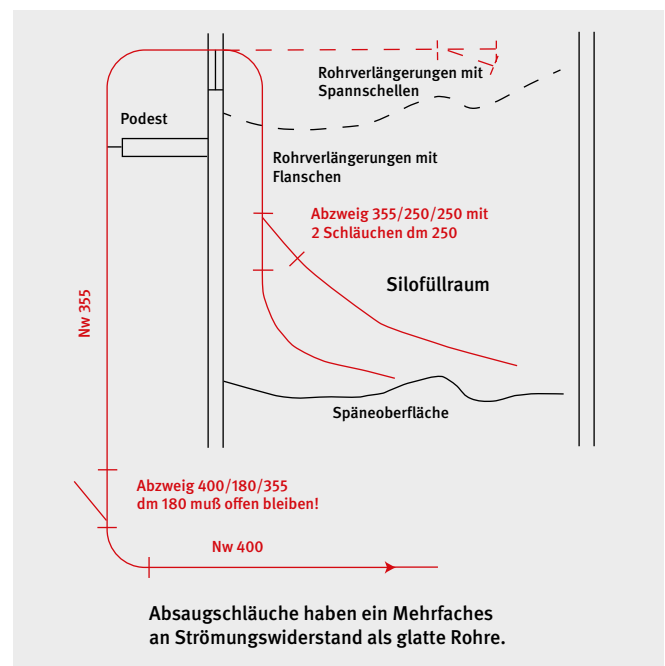


Abb. 7.16 Prinzipielles Vorgehen beim Absaugen des Siloinhaltes

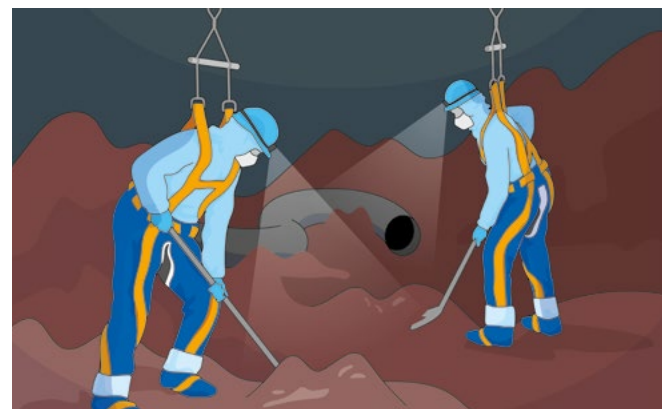


Abb. 7.17 Beispiel einer Arbeitssituation vor Ort im Silo

#### Anmerkung:

Eine Gefährdung ist im Regelfall vermieden, wenn das Silo „technisch leer“ ist und die verbliebene Schütthöhe des Füllgutes im Silo weniger als 1,00 m beträgt.

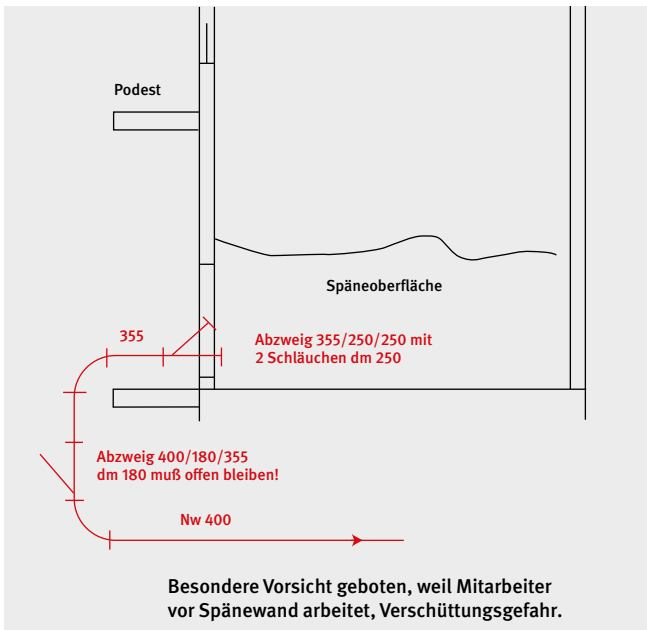


Abb. 7.18 Absaugen der Späne von der unteren Zugangstür

### 7.2.2 Entleeren durch seitliche Türen im Bodenbereich

Für den Abbau eines Späne-Stockes sind geeignete Grab- und Stocher-Werkzeuge, wie z. B. Zinkengabeln (Kräuel) und Stocher-Stangen, zu verwenden.

Die Jalousiebretter werden von unten aus nach und nach entfernt; so können die Späne durch die Türöffnungen ausgezogen werden. Durch Abgraben der Späne über dem Türrahmen von außerhalb des Silos muss der Durchbruch durch die Späne nach oben ermöglicht werden. Bei größerer Füllhöhe muss mit Stocher-Werkzeugen von oberhalb der Zugangstüren über die Stocher-Öffnungen der Durchbruch oberhalb der Türen herbeigeführt werden.

Um das Unfallrisiko beim Ausräumen für die Beschäftigten zu reduzieren, muss das Silo mit einer ausreichenden Zahl von Zugangstüren versehen sein, damit von außerhalb des Lager-raumes gearbeitet werden kann und ein Eintreten in das Silo-innere möglichst vermeidbar bleibt.

Deshalb enthält EN 12779:2013 entsprechende Anforderungen für Öffnungen in Silos in Abhängigkeit von Grundrissform und -abmessungen des Silos (bis 45 m<sup>2</sup> Grundfläche).

Sind in breiten Silos mehrere nebeneinanderliegende Türen vorhanden, muss von allen Türen her vorgegangen werden, bis der Durchbruch durch das Späne-Material auf der ganzen Silobreite erfolgt ist.



Abb. 7.19 und Abb. 7.20 Abziehen und Absaugen der Späne, Arbeiten außerhalb des Späne-Lager-raumes

Es ist eine schräge Halde zu bilden. Dazu sind die Späne mit langstieligen Werkzeugen möglichst hoch oben abziehen. Beim weiteren Abbau sind die Späne so abziehen, dass sich die schräge Halde gleichmäßig auf der ganzen Silobreite bildet.

Das Graben von Höhlen mit mehr als 0,5 m Tiefe in den Späne-Stock, mit der Absicht größere Mengen von Spänen abbrechen zu lassen, ist verboten!

Am Arbeitsort müssen die Späne laufend wegbe-fördert werden, damit eine größtmögliche Bewegungsfreiheit erhalten bleibt.

Sofern sich bei stark verdichteten Späne-Stöcken stehende Wände nicht mehr abziehen lassen oder bestehende Höhlen freigelegt wurden, muss versucht werden, die sich durch die Materialverfestigungen gebildeten Widerlager am Grund aus sicherer Entfernung zu zerstören.

Anzahl von Türen in Silos mit einem Querschnitt bis 45 m <sup>2</sup>			
	<b>Rundes Silo:</b>		
	Innerer Durchmesser	Anzahl Türen	
	$\le 5,0$ m	1	
	<b>Quadratisches Silo:</b>		
	Innere Seitenlänge a	Anzahl Türen	
	$\le 4,0$ m	1	
	<b>Rechteckiges Silo:</b>		
	Innere Seitenlängen (a, b), Länge a in Austragsrichtung gemessen		
	a $\le 6,5$ m	Innere Seitenlänge b	Anzahl Türen
		$\le 4,0$ m	1
		$4,0 \text{ m} \le 6,5 \text{ m}$	2
	$6,5 \text{ m} \le 8,0 \text{ m}$	3	

Abb. 7.21 Anforderungen für Öffnungen nach EN 12779:2013

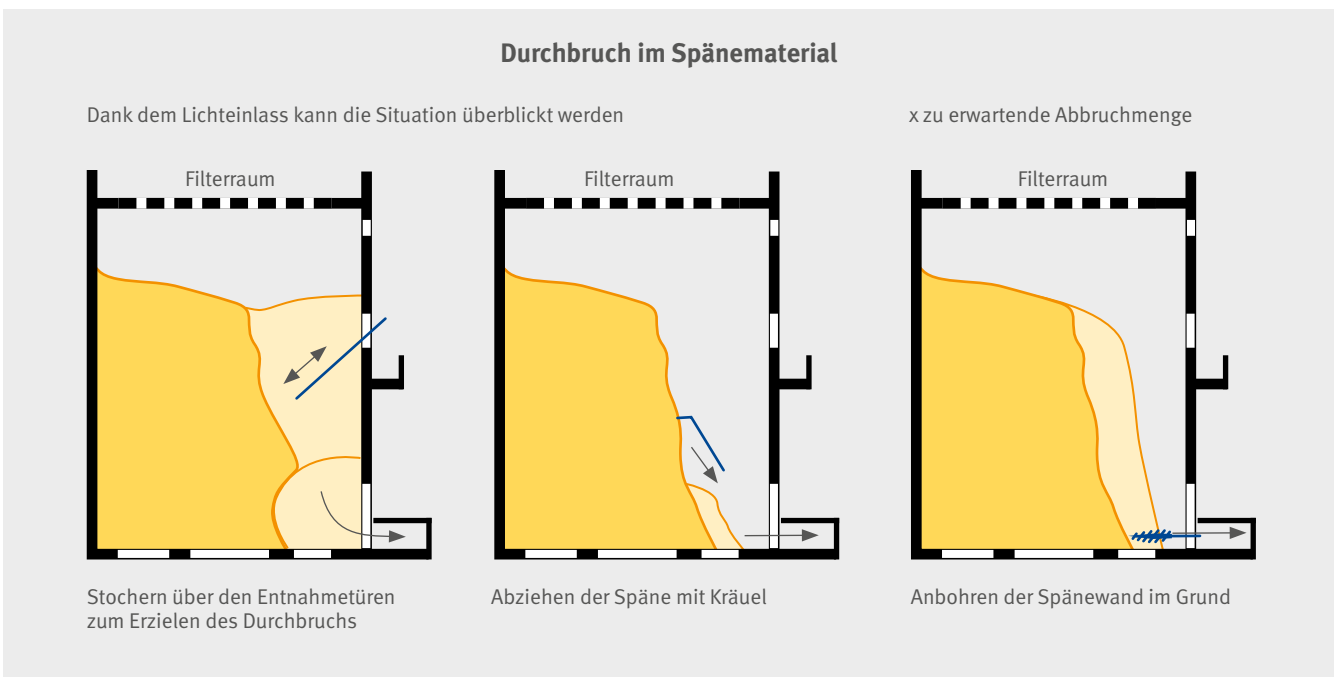


Abb. 7.22 Prinzipielle Vorgehensweise beim Abbau des Späne-Stockes vom unteren Silozugang

# 8 Einrichtungen zum Beseitigen von Störungen

## 8.1 Fließhilfen bzw. Geräte zur Fluidisierung

Druckluftkanonen dienen der Sicherstellung des Materialflusses. Dabei werden Material-Konglomerate und -adhäsionen mittels Druckluftstoßwellen aufgelöst, sodass sich der gewünschte Massenfluss im Silo wieder einstellt. Druckluftkanonen können sowohl zur regelmäßigen Fließunterstützung als auch zur Stauauflösung eingesetzt werden.

Die Luftkanonen bestehen aus einem Druckbehälter und einer Ventileinheit mit Schnellentlüftungssystem. Dabei wird die im Behälter gespeicherte Druckluftmenge schlagartig in das aufgestaute Material expandiert. Die ausgeblasene Druckluftmenge erhöht den Druck im Verhältnis zum Gesamtvolumen des Silos aber nur sehr gering, sodass dieses System bei vielen Silobauformen eingesetzt werden kann. Durch Einsatz von Druckminderern kann die Druck-Belastung außerdem an die Silofestigkeit angeglichen werden. Die Luftkanonen können von Hand oder vollautomatisch auf elektronischem Wege angesteuert werden. Zur Befüllung der Behälter mit Druckluft ist eine Kompressor-Anlage erforderlich. Die Druckbehälter der Luftkanonen können permanent gefüllt sein oder erst zum Zwecke des bevorstehenden Einsatzes befüllt werden.

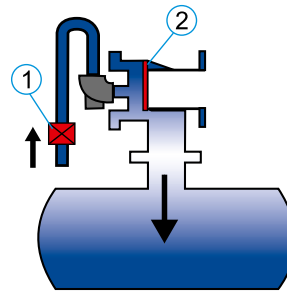
Das Funktionsprinzip ist in Abb. 8.1 dargestellt.

Größe, Leistung, Anzahl und Montageorte müssen im Einzelfall festgelegt werden. Diese Parameter hängen im Wesentlichen von Lage und Stärke der zu erwartenden bzw. bekannten Materialverfestigungen ab.

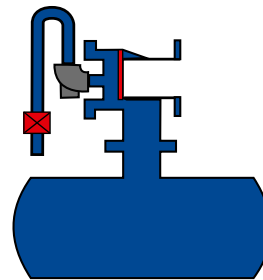
Prinzipiell kann das System auch mit Inertgas wie z. B. Stickstoff betrieben werden. Dies ist aus explosionstechnischen Gesichtspunkten auch vorteilhaft.

Vor dem Betreten des Siloinneren muss in jedem Fall das Befüll-Ventil der Druckluftkanonen geschlossen und die Druckluftkanonen müssen abgeschossen, d. h. entspannt werden.

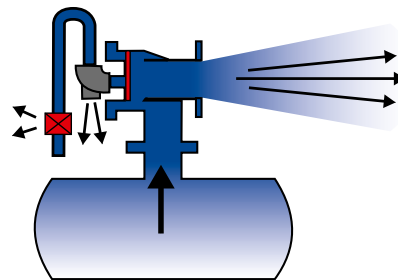
Sind mehrere Druckluftkanonen zu einer Einheit zusammengefasst, sollte die komplette Steuerung an einem gut zugänglichen Ort konzentriert werden. Bei der Anbringung der einzelnen Druckluftkanonen am Siloumfang sollte darauf geachtet werden, dass eine gute Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten und Prüftätigkeiten (Druckbehälter!) gewährleistet ist. Wenn keine festen Arbeitspodeste, die über entsprechende Leitern zu erreichen sind, vorgesehen werden, können auch fahrbare Hebebühnen o. ä. zum Einsatz kommen.



Die Druckluft strömt über das Dreifachventil (1) ein, schiebt den Kolben (2) vor und füllt den Behälter auf Bereitschaftszustand



Der Behälter ist aufgefüllt. Es gibt keinen Druckluftverbrauch mehr. Um den Luftstoß auszulösen, wird das Dreifachventil entlüftet.



Die gespeicherte Luft strömt schlagartig durch das Ausblasrohr der Luftkanone ins Siloinnere

Abb. 8.1 Funktionsweise einer Druckluftkanone



Abb. 8.2 Beispiel für eine am Silokörper montierte Druckluftkanone

## 8.2 Geräte zur Reinigung von Silos und Trichtern

Für die Beseitigung von Späne-Brücken, Material-Anbackungen an den Siloinnenwänden und das Speichervolumen einschränkende sogenannte Rattenlöcher (Schachtbildungen) stellen auf die Siloreinigung spezialisierte Firmen seit ca. 30 Jahren Geräte und Bedienpersonal zur Verfügung, die diese aufwändigen und für das im Siloinneren beteiligte Personal riskanten Tätigkeiten gefahrlos und effizient von außerhalb des Späne-Lagerraumes durchführen lassen.

Sämtliche bei dieser Tätigkeit eingesetzten Geräte werden über Druckluft betrieben und bestehen komplett aus Aluminium (Magnesium-Anteil < 7,5%).

Dies bietet folgende Vorteile:

- Die Geräte können auch innerhalb von Ex-Zonen eingesetzt werden.
- Die Gefahr, Silowände beim Reinigungsvorgang zu beschädigen, ist minimiert.
- Das Gewicht der Geräte ist reduziert, folglich sind Handhabung und Transport erleichtert. Die Traglast des Silodaches muss aber mindestens 300 kg/m<sup>2</sup> betragen.
- Die Geräteoberflächen sind antistatisch, es besteht also keinerlei Risiko von Funkenbildung durch das Siloreinigungsgerät selbst.



Es empfiehlt sich, schon in der Bauphase des Silos eine entsprechende Druckluftleitung für einen Betriebsdruck von mindestens 6 bar und eine Druckluftmenge von mindestens 360 m<sup>3</sup>/h mit einem Kupplungs-Anschluss 20/27 bis auf das Silodach zu verlegen.

Das Gleiche gilt für einen elektrischen Anschluss mit 230 Volt für die Versorgung einer Halogenlampe.

Anbackungen an den Innenwänden kleinerer Silos können über Druckluftlanzen durch eine Öffnung im Silodach angegangen werden. Die Reichweite dieser Lanzen beträgt etwa 10 m. Bei einem Betriebsdruck von 5 bis 7 bar beträgt der Druckluftverbrauch etwa 360 m<sup>3</sup>/h. Um alle Bereiche der Siloinnenwände erreichen zu können, müssen – insbesondere bei Silos mit größerem Innendurchmesser – mehrere Öffnungen im Silodach vorhanden sein. Dies sollte mit dem Systemlieferanten vorab abgestimmt werden.

Haben sich Brücken, Dome oder Bögen im Späne-Material gebildet, die das Abfließen zum Siloboden und damit eine Austragung des gespeicherten Materials verhindern, müssen diese zunächst – in der Regel von oben – durchbohrt werden. Dazu gibt es spezielle Bohrgeräte, mit denen Brücken bis zu 45 m Tiefe mittels Druckluft durchbohrt werden können und so eine erste durchgängige Öffnung für das abfließende Späne-Material geschaffen werden kann. Die Geräte benötigen für ihre Aufstellung einen allseitigen Freiraum (Länge/Breite/Höhe) von ca. 2 m.



Abb. 8.3 Im Dach zum Speicherraum angesetzte Bohreinrichtung

In das so vorgebohrte Loch kann – wieder von oben über ein Mannloch – ein pneumatisch betriebener Motor eingeführt und über ein bewegliches Gestänge von außerhalb des Späne-Lagerraumes bedient werden.



Abb. 8.4 Gelenkarm mit pneumatisch betriebenen Rotationsmotor

An diesem Motor werden Ketten aus unterschiedlichen Materialien (z. B. Gusseisen, Edelstahl oder Messing) eingehängt. Der Motor kommt über Druckluftbeaufschlagung in Rotation und die Ketten werden durch die Zentrifugalkräfte gestreckt.

Die Auswahl der Reinigungswerkzeuge (Ketten, Bürsten) richtet sich nach:

- den Stoffeigenschaften (z. B. Härte und Zähigkeit) des aufzubrechenden Materials
- der geforderten Schnelligkeit für den gesamten Reinigungsvorgang
- dem Risiko von Beschichtungs- und Wandbeschädigungen des Baukörpers,
- den Explosionsgefährdungen im Reinigungsumfeld (Eignung für die jeweilige Ex-Zone, im Regelfall Zone 20/21)

Beim Reinigungsvorgang schlagen die rotierenden Ketten gegen das verfestigte Material (z. B. Holzspäne), so dass dieses abgeschlagen wird und durch die geschaffene Öffnung nach unten zum Siloboden fällt. Der Motor wird außerhalb des Gefahrenbereiches von oberhalb des Speicherraumes ferngesteuert, sodass niemand das Siloinnere betreten muss. Die maximale Reichweite beträgt etwa 45 m.

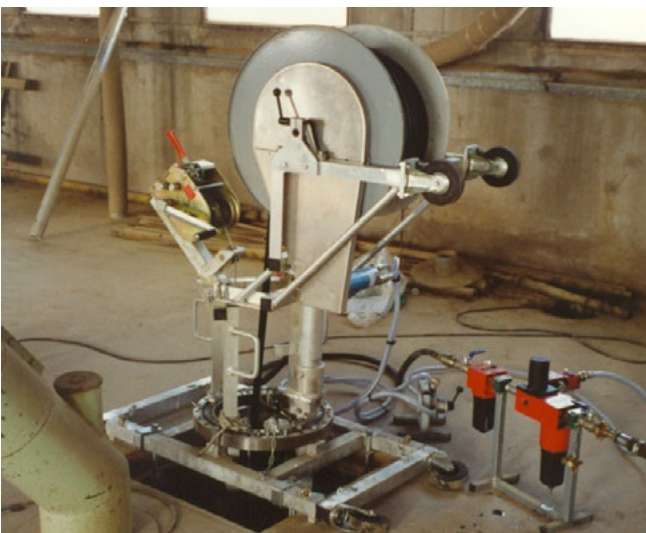


Abb. 8.5 Bedieneinrichtung, Energiezufuhr und Steuerung außerhalb des Späne-Lagerraumes

Nach dem Reinigungsvorgang ist das Silo wieder betriebsfähig. Das Späne-Material kann über die Austragung abgefördert werden. Ist auch die Austragung defekt, kann das Material gefahrlos mit den in Abschnitt 7.2 dieser DGUV Information beschriebenen Methoden extrahiert werden.

Um die Arbeiten im Falle einer Störung im Silo möglichst zügig beginnen zu können, sollte schon bei der Planung Kontakt mit einer auf die Siloreinigung spezialisierten Firma aufgenommen werden, um benötigte bauliche Voraussetzungen abzuklären und die organisatorischen Grundlagen zu besprechen.

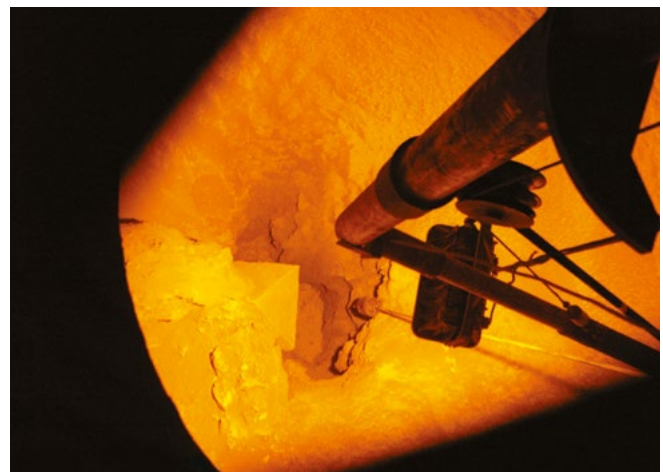


Abb. 8.6 Reinigungsmotor beim Einsatz in einem Zementsilo

Besprechungspunkte hierbei sind:

- Die benötigten Hebemittel zum Transport der Geräte auf das Silodach
- Dimensionierung und Ausführung bereitzustellender pneumatischer und elektrischer Versorgungsanschlüsse
- Größe und Lage von erforderlichen Zugangsöffnungen im Silodach
- Voraussetzungen für und Durchführung von Entstaubungsmaßnahmen während des Reinigungsvorganges
- Zustand und Weiterverwendung des anfallenden Holzstaub- und Holzspäne-Materials
- Versorgungsinfrastruktur für das eingesetzte Fremdpersonal während des Arbeitseinsatzes
- Parallel zum Reinigungsvorgang durchführbare Tätigkeiten im Betrieb

*Hinweis:*

*Im Rahmen der Reinigung bietet sich im Allgemeinen die Möglichkeit, das Siloinnere mit einer Kamera zu besichtigen. Diese Gelegenheit sollte im Hinblick auf die Aufklärung des Zustandes der Siloinnenwände (z. B. Beschichtung) oder der Einrichtungen innerhalb des Späne-Lagerraumes (Füllstands-Kontrolle, Temperaturüberwachung, Austragung) und damit zur Abklärung von Maßnahmen zur vorbeugenden Instandhaltung wahrgenommen werden.*



**Hinweis:**

Sämtliche Bauteile der Reinigungsgeräte, die innerhalb des Späne-Lagerraumes zum Einsatz kommen, müssen – wegen der Staubentwicklung beim Reinigungsvorgang – die Eignung für Zone 20 (Kategorie 1 D) besitzen. Dies ist vom durchführenden Unternehmen nachzuweisen!

**8.3 Stocheröffnungen zur Wiederherstellung des Materialflusses**

Über die Höhe des Silos müssen ausreichend viele Öffnungen vorgesehen werden, z. B. Stocherluken im Abstand von höchstens 6 m übereinander. Diese Öffnungen sollten über jeder Zugangstür auf Bodenniveau angeordnet werden.

Die Öffnungen zum Stochern müssen so gestaltet sein, dass durch sie nicht eingestiegen werden kann.

Bei Betonsilos werden Öffnungen von mindestens 0,80 m x 0,80 m empfohlen, die durch senkrechte Gitterstäbe bündig zur Innenseite der Stocher-Öffnung gesichert sind.

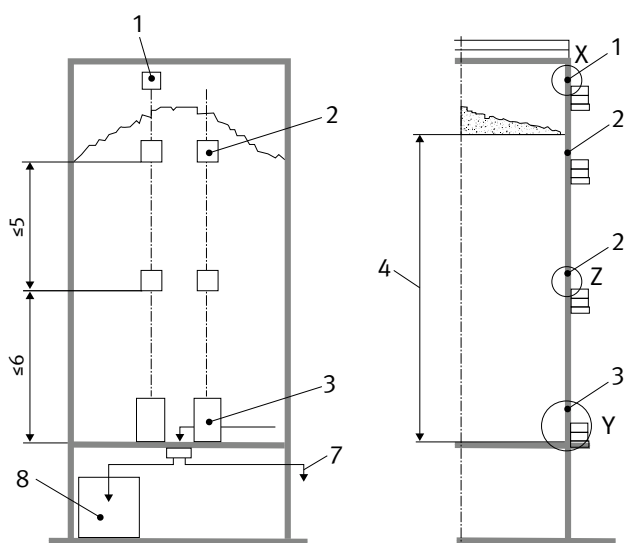


Abb. 8.7 Anordnung von Stocher-Öffnungen über die Silohöhe

**8.4 Transportable Austrageinrichtungen**

Die Hersteller von Austrageinrichtungen haben mobile, auf LKW transportable Austragschnecken als Notentleerungssysteme entwickelt. Diese Systeme ermöglichen die gefahrlose Entleerung von außen. Sie brauchen nicht vorrätig gehalten zu werden und können im Bedarfsfall beim Hersteller einschließlich Bedienungspersonal angefordert werden. Die Förderleistung solcher Systeme erreicht derzeit (Stand 2014) ca. 60 m<sup>3</sup>/h.

Um dieses Notaustragsystem im Bedarfsfall auch einsetzen zu können, müssen schon bei der Errichtung des Silos Vorkehrungen getroffen werden. So müssen am Siloumfang im Bereich des Bodens Rahmen um 120° versetzt zur Aufnahme der Schnecke einbetoniert werden. Alternativ können auch entsprechende zusätzliche Zugangstüren vorgesehen werden.

Diese Austragsysteme unterliegen gewissen Beschränkungen in Abmessungen und Leistung, damit Transport und Handhabung möglich sind. So ist die Schneckenlänge derzeit auf ca. 6 m begrenzt, die bestreichbare Segmentgröße beträgt 120° (siehe Abb. 8.8).

Um eine vollständige Räumung des Siloquerschnittes zu ermöglichen, ist daher eine von der Querschnittsgröße des Silos abhängige Zahl von möglichen Angriffspunkten für das Notentleerungssystem erforderlich. Zahl und Anordnung dieser zusätzlich für die Notentleerung zu schaffenden Öffnungen hängen wesentlich vom Silodurchmesser z. B. wie folgt ab:

- bis 6 m Silodurchmesser: 1 Öffnung
- mehr als 6 m Silodurchmesser: 3 Öffnungen

Die näheren Einzelheiten sind mit dem Systemlieferfirma schon in der Planungsphase abzustimmen.

Der Einsatz des Notentleerungssystems erfolgt in der Praxis wechselseitig durch die verschiedenen Öffnungen. Diese Öffnungen können durch Aufschrauben von Stahlplatten verschlossen werden. Sind sie als begehbar anzusehen – wie es in der Regel der Fall ist –, dürfen sie sich nur mit Werkzeug öffnen lassen. Andernfalls müssen die Zugänge – wie in Abschnitt 6.2 beschrieben – gegen unbefugte Benutzung gesichert und mit dem Antrieb der Austrageinrichtung verriegelt sein.

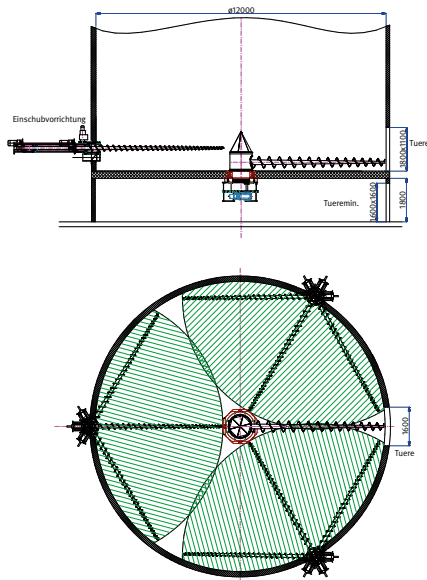


Abb. 8.8 Prinzipielle Funktionsweise und Reichweite des Notentleerungssystems



Abb. 8.10 Siloaustragung mit zwei Entnahmestutzen



Abb. 8.9 Vorgefertigte Öffnung für den Einsatz eines Notentleerungssystems

### 8.5 Notentnahmestutzen

Um die Möglichkeit zur Entleerung des Silos auch in Sonder-situationen oder bei Störungen zu haben, ist es unbedingt erforderlich, dass die Austrageinrichtung über mindestens 2 Ausfallstutzen verfügt. Außerdem sollte zwischen den beiden Ausfallstutzen eine Weiche oder Umschaltmöglichkeit bestehen. Der für den Normalbetrieb nicht benötigte Ausfallstutzen kann auch mit einem Blechdeckel verschlossen werden.

### 8.6 Einfahreinrichtungen

Im Silo muss mindestens eine Öffnung zur Wartung bzw. Störungs-beseitigung von oben vorhanden sein. Diese sollte mög-lichst zentral im Deckenbereich des Späne-Lager-raumes ange-ordnet sein.

Wenn das Konzept zum Entleeren des Silos im Notfall oder das Konzept zur Störungs-beseitigung das Einfahren von oben vor-sieht, was nach EN 12779:2013 bei neu errichteten Silos nicht zulässig ist, muss die Verfügbarkeit einer Siloeinfahreinrich-tung vor Ort im Bedarfsfalle sichergestellt werden.



Siloeinfahreinrichtungen brauchen nicht vorrätig gehalten zu werden und sollen im Bedarfsfall bei einer auf das Einfahren in ein Silo spezialisierten Fachfirma einschließlich Bedienungspersonal angefordert werden.

**Das Einfahren in Silos ist nur durch entsprechend ausgebildete und mit den Risiken vertraute Fachleute, sog. befähigte Personen, zulässig. Diese Fachleute gibt es im Einsatzbetrieb in der Regel nicht!**

Neben und über Einfahröffnungen für die Aufstellung bzw. Montage der Siloeinfahreinrichtung sollte so viel Platz vorgesehen werden, dass diese ohne Schwierigkeiten eingesetzt werden kann.



Abb. 8.11 Aufbau einer Siloeinfahreinrichtung



Abb. 8.12 Beispiel für das Einfahren in ein Silo mit Siloeinfahreinrichtung

Die Siloeinfahreinrichtungen bestehen aus:

- Arbeitssitz oder **Einfahrhose**
- Anschlagmittel (z. B. Öse)
- Tragmittel (z. B. Seil)
- Hebezeug (z. B. Winde)
- Aufhängung (z. B. Schwenkarm, Dreibock)

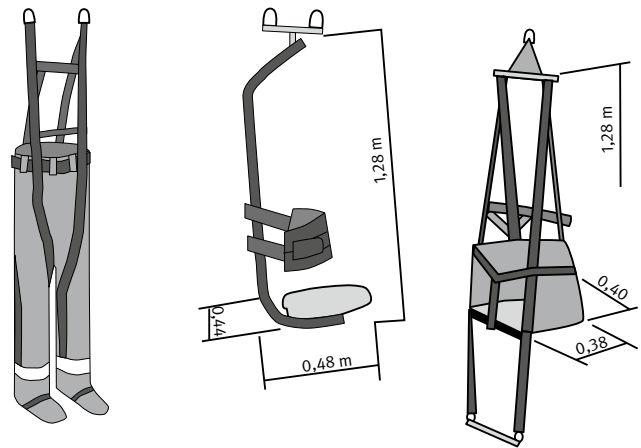


Abb. 8.13 Einfahrhose und Arbeitssitze

Arbeiten mehrere Beschäftigte gleichzeitig im Silo und besteht die Gefahr des Versinkens bzw. Verschüttet-Werdens, muss eine entsprechende Anzahl von Sicherungsposten vorhanden sein und es müssen komplette Siloeinfahreinrichtungen und Siloeinfahrhosen sowie zahlenmäßig ausreichende Sätze von persönlichen Schutzausrüstungen bereitgestellt und benutzt werden!

### 8.7 Persönliche Schutzausrüstung

Eine besondere Gefährdung in Silos für Holzstaub und -späne geht von den Eigenschaften des Schüttgutes aus: Beschäftigte können im Holzstaub versinken oder von herabfallenden Anhaftungen verschüttet werden. Besonders schwierig ist die Rettung: Ein auch nur teilweise im Schüttgut versunkene Person kann ohne geeignete Sicherung nicht mehr aus dem Schüttgut herausgezogen werden! Unterschätzen Sie deshalb nie die Gefährdungen bei Arbeiten in Silos! Klären Sie Ihre Beschäftigten über die Gefährdungen auf. Legen Sie wirksame Schutz- und Rettungsmaßnahmen fest und achten Sie darauf, dass die Schutzmaßnahmen konsequent eingehalten werden.

Der mit den Arbeiten im Silo beauftragte Unternehmer muss für seine Beschäftigten eine persönliche Schutzausrüstung (PSA)

gegen die jeweiligen Gefährdungen zur Verfügung stellen. Soll in ein mit Holzstaub- und -spänen gefülltes Silo eingefahren werden, ist die Bereitstellung und Verwendung folgender PSA unumgänglich:

- (1) **Geeigneter Schutzhelm:** Herkömmliche Industriehelme sind beim Befahren von Behältern nicht gut geeignet. Es sollten spezielle Helme für Höhenarbeit mit sicherer Beriemung getragen werden. Sie fallen beim Herunterbeugen nicht vom Kopf und lassen sich auf dem Kopf auch nicht nach vorne verschieben. Außerdem haben sie kein störendes Schild. Auch der Sicherungsposten muss einen Helm tragen, der sicher auf dem Kopf bleibt!
- (2) **Geeigneter Atemschutz:** Beim Einsturz von Späne-Brücken, beim Absturz von überhängendem Material, aber auch durch einfaches Arbeiten im Späne-Haufen können große Staubmengen frei werden, die die Atmung extrem beeinträchtigen und in kurzer Zeit den Erstickungstod herbeiführen können. Deshalb ist beim Einfahren in nicht vollständig entleerte Silos grundsätzlich Atemschutz zu tragen. Geeigneter Atemschutz für den Umgang mit Holzstaub- und -spänen sind:

- Vollmasken mit Partikelfilter P2 nach DIN EN 143 oder FFP2 nach DIN EN 149
- Halbmasken mit Partikelfilter FFP2 nach DIN EN 149

Sobald im Verlauf der Arbeiten auch kleinere Späne-Brücken zusammenbrechen können, ist mit dem Auftreten sehr hoher Staubkonzentrationen zu rechnen. In diesen Fällen ist daher die Verwendung von fremdbelüftetem Atemschutz zwingend erforderlich.



Abb. 8.14 Vollmaske mit Partikelfilter

*Hinweis:*

*Bei gleichzeitiger Benutzung von Atemschutz und persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz (siehe Punkt (7)) sind beide Systeme so einzusetzen, dass eine gegenseitige Beeinträchtigung vermieden wird. Eine Beeinträchtigung des Atemschutzgerätes (z. B. Abreißen des Schlauches oder Herunterreißen des Atemschutzes) kann durch einen Fangstoß erfolgen. Deshalb sind in diesem Fall bei der PSA gegen Absturz der Anschlagpunkt und die Einstellung des Verbindungsmittels so zu wählen, dass eine möglichst geringe Auffangstrecke wirksam wird. Mittlerweile sind kombinierte/integrierte Ausrüstungen – bestehend aus PSAgA und Atemschutz verfügbar. Diese sollten vorzugsweise verwendet werden.*



Abb. 8.15 Fremdbelüftete Atemschutzmaske

- (3) **Geschlossener Arbeitsanzug:** Dieser schützt – mit langen Ärmeln ausgestattet – vor Schmutz und oberflächlichen mechanischen Verletzungen. Bei der Brandbekämpfung sollte vom unmittelbar beteiligtem Personal vorzugsweise flammenhemmende Schutzkleidung getragen werden.
- (4) **Sicherheitsschuhe:** Feste, geschlossene Sicherheitsschuhe sorgen für ausreichende Trittsicherheit und vermeiden elektrostatische Aufladungen. Zu empfehlen sind Schuhe mit besonderer Rutschhemmung (Symbol SRC) und antistatischer Ausführung (Symbol A). Die eingenähte Stahlkappe schützt den Zehenbereich außerdem vor herunterfallenden Gegenständen. Mit durchtrittsicherer Einlage bieten die Schuhe außerdem Schutz vor spitzen Gegenständen (z. B. Flügelspitzen an der Austragschnecke wie in Abb. 6.10)

Um ein Eindringen von Spänen in die Schuhe zu verhindern, sollte eine geschlossene Verbindung zwischen Arbeitsanzug und Sicherheitsschuhen bestehen, z. B. durch Gamaschen.

- (5) **Schutzbrille:** Zur Grundausstattung gehört auch die genormte Gestell-Brille mit Seitenschutz. Sie wehrt Fremdkörper und Spritzer von vorne und von der Seite ab. Auf eine Schutzbrille kann verzichtet werden, wenn Atemschutz als Vollmaske mit Partikelfilter oder fremdbelüftet getragen wird. Dies ist immer dann der Fall, wenn ein Versinken im Späne-Material oder das Herunterfallen von Späne-Anbackungen nicht absolut sicher ausgeschlossen werden kann!
- (6) **Handschuhe:** Handschuhe schützen die Hände vor oberflächlichen mechanischen Verletzungen und verhindern die Austrocknung der Haut durch den Holzstaub.
- (7) **Persönliche Schutzausrüstung (PSA) gegen Absturz:** PSA gegen Absturz ist grundsätzlich immer dann zu verwenden, wenn die einfahrende Person nicht während der gesamten Einfahrzeit jederzeit wieder aus dem Siloinneren herausgezogen werden kann (z. B. durch eine mit der Siloeinfahreinrichtung fest verbundene Siloeinfahrhose). Das System besteht aus einem Verbindungsmittel (Anschlagseil) und einem Auffanggurt. Der Auffanggurt ist mit einem Verbindungselement des Verbindungsmittels (Anschlagseil) verbunden. Das Verbindungsmittel wird an der Arbeitssitz-Aufhängung der Siloeinfahreinrichtung angeschlagen und beim Verlassen des Arbeitssitzes durch Anziehen der Winde straff gespannt und während der ganzen Zeit der Arbeiten straff gehalten. Dadurch wird sowohl das Versinken der einfahrenden Person im Schüttgut als auch deren Absturz nach Einstürzen einer Späne-Brücke vermieden.



Da die einfahrende Person im Falle eines Absturzes infolge abbrechenden Schüttgutes beim „Sturz“ hohen körperlichen Belastungen mit der Gefahr von Verletzungen durch den Auffanggurt ausgesetzt wird und eine schonende Rettung u. U. deutlich erschwert ist, wird dringend empfohlen, beim Einfahren in Späne-Lagerräume nur Siloeinfahreinrichtungen in Verbindung mit Siloeinfahrhosen zu verwenden!

# 9 Brand- und Explosionsschutz

In Silos besteht die Gefahr von Bränden und Explosionen durch Funken, glimmende Teilchen oder Glimmnester, die über mechanische oder pneumatische Fördereinrichtungen eingetragen werden können oder als Folge einer Selbstentzündung des gelagerten Spänematerials entstehen.



Geschlossene Silos dürfen zur Brandbekämpfung weder geöffnet noch darf mit einem Wasser- oder Löschpulverstrahl vorgegangen werden, weil durch Lufteintritt und Aufwirbelungen ein explosionsfähiges Holzstaub-Luft-Gemisch entstehen und durch den Brand gezündet werden kann.

Daher müssen in geschlossenen Silos geeignete ortsfeste Brandeindämmungs-Einrichtungen wie Sprühwasser-Löscheinrichtungen oder Feuerlöschanlagen (z. B. Inertgas-, Schaum-, Wasserdampf-Löschanlagen) und Druckentlastungseinrichtungen (z. B. Explosionsklappen, Berstscheiben, Reißfolien) vorgesehen werden.

Diese Forderungen gelten auch für alle Container, ausgenommen solche mit Plane.



Abb. 9.1 Späne-Container mit Löscheinrichtung und Druckentlastung (Druckentlastung im Deckelbereich nicht sichtbar)

Die richtigen Brandbekämpfungsmaßnahmen sollten mit der Feuerwehr abgestimmt sein.



Im Bereich von Siloaufsatzfiltern sind zusätzlich zum Silo/Späne-Sammelbereich ortsfeste Löscheinrichtungen notwendig.

Wenn Sammel- oder Lagereinrichtungen im oberen Bereich ständig offen sind und im Brandfall aus sicherer Entfernung vom Boden aus Löschwasser auf das Lager-Gut von oben aufgegeben werden kann, z. B. bei offenen Silos in Sägewerken, ist der Einbau einer ortsfesten Löscheinrichtung nicht erforderlich.

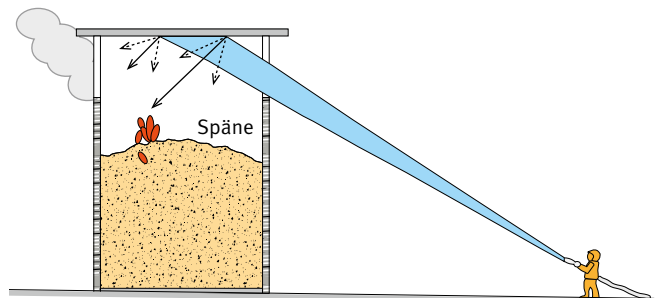


Abb. 9.2 Löschen eines Brandes im oberen Bereich des offenen Silos

## 9.1 Sprühwasserlöscheinrichtung

Eine Sprühwasserlöschung dient im Brandfall zur Staubbindung und Brandeindämmung. Eine Löschung von Glimmnestern in der Materialschüttung ist mit einer Sprühwasserlöscheinrichtung nicht möglich. Das Material muss in jedem Fall ausgetragen und das mögliche Aufflammen von Glimmnestern gelöscht werden.

Durch Sprühwasser-Löscheinrichtungen oder Sprühwasser-Löschanlagen wird im Brandfall das Löschwasser durch geeignete Düsen gleichmäßig und in kleinen Tröpfchen über den gesamten Querschnitt des Silos verteilt (Quellwirkung von Holzstaub und -spänen beachten!). Dadurch wird auch Schwebstaub im Silo niedergeschlagen, wodurch die Explosionsgefahr erheblich reduziert wird. Filmbildende Zusätze, die dem Löschwasser beigegeben werden, können die Löschwirkung verbessern. VdS 2109 (siehe Anhang 1) gibt Hinweise für die Planung und Errichtung von ortsfesten Sprühwasser-Löschanlagen mit offenen Düsen.

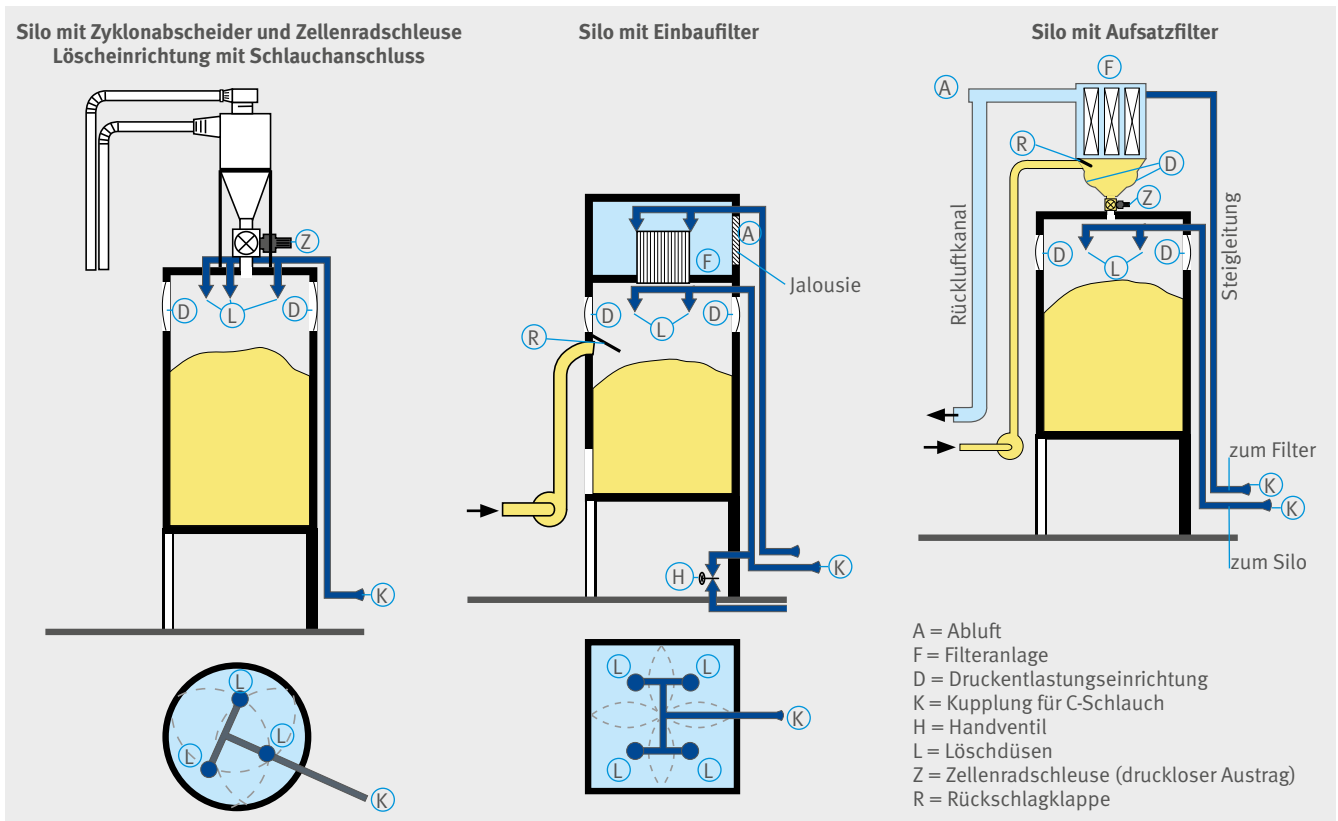


Abb. 9.3 Aufbau einer Löscheinrichtung bei unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen

Mögliche Ausführungen sind:

- Sprühwasser-Löscheinrichtungen mit Schlauchanschluss
- Sprühwasser-Löschanlagen mit Anschluss an ein Wasserversorgungsnetz mit
  - selbsttätiger Auslösung oder
  - Handauslösung

Ein zusätzlicher Schlauchanschluss kann vorgesehen werden. Selbsttätig auslösende Sprühwasser-Löschanlagen müssen auch von Hand auslösbar sein.

**Löschleitungsnetz**

Rohrleitungen sollten aus feuerverzinktem Stahl bestehen. Wegen der Gefahr von Frostschäden müssen die Rohrleitungen trocken bleiben oder entwässert werden können. Das bedeutet:

- Verlegung mit Gefälle
- Anbringung eines Entleerungsventils am Tiefst-Punkt

Erfolgt die Löschwasserversorgung über einen C-Anschluss, sollte für die Steigleitung bei Silohöhen bis 20 m mindestens

DN 50 verwendet werden. Der Anschluss – die sogenannte Festkupplung – für eine Schlauchleitung sollte zwischen 0,4 m und 0,8 m über dem Boden angebracht und vor Verschmutzung mit einer Kappe (Blindkupplung) geschützt werden. Die Auswahl der Schlauchanschlüsse sollte mit der Feuerwehr abgestimmt werden. Hauptleitungen (Steigleitungen) mit Schlauchanschluss müssen mit einem sogenannten Steinfänger (Maschenweite maximal 4 mm) ausgerüstet sein. Die Rohrleitungen des Betriebsnetzes und der Löschanlage müssen so bemessen sein, dass die in EN 12 779 geforderte Mindest-Löschwasserbeaufschlagung von 7,5 l/(m<sup>2</sup> · min) zur Verfügung steht.

Der Querschnitt der Hauptleitung sollte mindestens so groß sein wie die Summe der Querschnitte aller Verteilerleitungen. Bei Silobauhöhen über 20 m ist die erforderliche Rohrnennweite in Abhängigkeit von der Silohöhe zu vergrößern.

Die Verteilerleitungen im Silo bzw. in der Filteranlage sollten dann mindestens DN 25 haben. Sind Silos bzw. Filteranlagen in Gebäuden aufgestellt, muss der Anschluss für die Schlauchleitung ins Freie geführt werden und gut zugänglich sein. Schläuche bis zum nächsten Hydranten sollten vorgehalten werden.

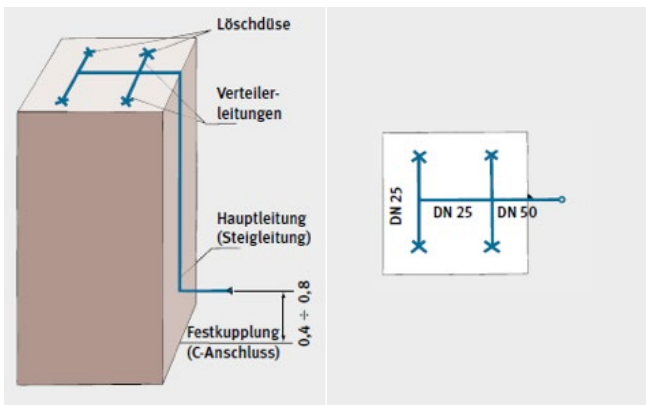


Abb. 9.4 Prinzipieller Aufbau eines Verteilernetzes

Löschdüsen in Silos sind so anzuordnen, dass eine gleichmäßige Wasserbeaufschlagung der Brandstoffe gewährleistet wird und die erforderliche Löschintensität (in  $l/m^2 \cdot \text{min}$ ) erreicht wird.

Moderne Löschdüsen verarbeiten das Löschwasser zu einem feinen Löschnebel. Die treibende Kraft ist der Wasserdruck vor den Löschdüsen. Der Wasserdruck öffnet das federbelastete Düsenventil und der übrig bleibende Wasserdruck wird in Geschwindigkeit umgewandelt. Durch diese starke Beschleunigung zerfällt der Wasserfilm in viele kleine Tröpfchen und bildet den Löschnebel.

Das Löschmedium ist in jedem Fall Wasser. Bei schwierig zu benetzenden Materialien können dem Löschwasser geeignete Zusatzstoffe hinzugefügt werden.

Düsen müssen unempfindlich gegen Verschmutzung sein. Der Düsenteller öffnet und schließt bei jedem Arbeitsspiel. Allein durch diese Bewegung werden kleinere Verkrustungen vom Düsenrand entfernt. Das ausströmende Wasser reinigt den Düsenkegel zusätzlich. Im Ergebnis werden so lange Wartungsintervalle erreicht.



Abb. 9.5 Löschdüse mit federbelastetem Düsenventil

Die von einer Löschdüse zu schützende Fläche darf  $12 \text{ m}^2$  nicht überschreiten. Der Abstand der Löschdüsen zueinander darf höchstens  $2 \text{ m}$  betragen.

## 9.2 Inertisierung

Bei der Inertisierung werden die Flammen nicht durch Wassereintrag bekämpft (Kühleffekt), sondern der Sauerstoffgehalt wird durch Einbringung von Stickgasen (z. B. Stickstoff  $\text{N}_2$  oder Kohlendioxid  $\text{CO}_2$ ) soweit reduziert, bis dem Feuer die Oxidationsgrundlage entzogen ist (Stickeffekt). In der nachfolgenden Tabelle sind die notwendigen Sauerstoff-Grenzkonzentrationen im Vergleich zur atmosphärischen Sauerstoffkonzentration für verschiedene Anwendungsbereiche zusammengefasst.

Notwendige Sauerstoffkonzentrationen:

- Atmosphäre ca. 21%
- Atemluft > 13 %
- Staubexplosion (Holz) > 8 %
- Brandausbreitung (Holz) > 6 %
- Vorgabe Inertisierung (Holz) < 5 %

Bautechnische Maßnahmen:

- A. Zum Inertisieren des Silos sollte ein C-Rohr-Anschluss (nach DIN 14 302) angebracht werden. Das Rohr sollte so eingebaut sein, dass die Gasaustrittsöffnungen nicht durch das Schüttgut verstopft werden können. Der Inertgas-Anschluss sollte  $1,00 \text{ m}$  bis  $1,50 \text{ m}$  oberhalb der Austrageinrichtung angebracht werden, um eine genügend große Schüttgutvorlage zur Abdichtung der Austragung gegen Sauerstoffeintrag zu bekommen. Die Rohrleitung zur Einbringung des Inertgases sollte als Ringleitung ausgebildet sein.
- B. Es sollten mindestens drei verschließbare  $1/2$  Zoll-Öffnungen für Messsonden in den folgenden Bereichen vorgesehen werden:
  - a. am Silofuß (und zwar zwischen Austrageinrichtung und Anschluss für die Inertgas-Einspeisung)
  - b. auf halber Silohöhe
  - c. am Silokopf
- C. Um ein gefahrloses Ausräumen des Silos zu ermöglichen, sollte eine Notaustrageinrichtung (siehe Abschnitt 8.4/8.5) vorgesehen werden.
- D. Um ein unkontrolliertes Abströmen des Inertgases zu vermeiden, sollte das Silo möglichst gasdicht sein. Zum Verschließen der anlagentechnisch notwendigen Öffnungen sollten Verschlusseinrichtungen (z. B. Absperrschieber) vorgesehen werden.

- E. Das Silo ist mit einem gut sichtbaren Schild in der Nähe des Inertgas-Anschlusses zu versehen, aus dem der maximal zulässige Innendruck ersichtlich ist. Eine Zeichnung des Silos mit allen notwendigen Konstruktionsdaten (z. B. Höhe, Durchmesser, Öffnungsformen, Öffnungsgrößen) ist an ständig besetzter Stelle bereitzuhalten.

### 9.3 Explosionsdruckentlastung

In Silos für Holzstaub und -späne können Staubexplosionen nicht ausgeschlossen werden. Da bei einer Holzstaubexplosion Überdrücke bis 9 bar auftreten können und eine Auslegung der Gebäude-, Anlagen- und Bauteilfestigkeiten auf solche Beanspruchungen in der Praxis kaum möglich ist, müssen Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes getroffen werden. Solche Maßnahmen sind z. B. Explosionsdruckentlastung und explosionstechnische Entkoppelung. Bei der Explosionsdruckentlastung müssen die Flammenausbreitung und Druckwirkungen im Außenraum beachtet werden.

Nach erfolgter Zündung eines Holzstaub-Luftgemisches würde der Druck im Silo in Sekundenbruchteilen bis zum maximalen Explosionsdruck ( $p_{max}$ ) ansteigen. Demgegenüber steht die wesentlich geringere Gebäudefestigkeit ( $p_{red,max}$ ) des Silos. Die Schutzmethode Explosionsdruckentlastung verhindert durch rechtzeitige Freigabe von Öffnungen (Berstscheiben oder Explosionsklappen mit geringem stationärem Ansprechdruck [ $p_{stat}$ ]) den Anstieg des bei der Explosion auftretenden Druckes über die Gebäudefestigkeit hinaus. Da solche Bauteile im Explosionsfall zuverlässig mit der notwendigen Geschwindigkeit (geringe Massenträgheit) öffnen müssen, um die Zerstörung des Silogebäudes mit allen daraus resultierenden Folgerisiken (z. B. Trümmerwurf, Flammenstrahlzündung mit nachfolgender weiterer Explosion) zu verhindern, müssen die Bauteile bei Neuanlagen geprüft sein (Baumusterprüfbescheinigung).

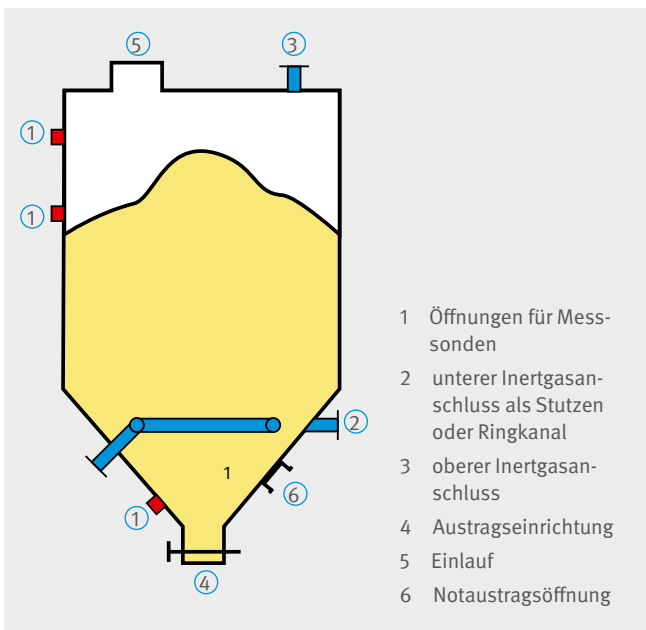


Abb. 9.6 Prinzipieller Aufbau für die Anwendung der Maßnahme „Inertisierung“ bei Silobränden

#### Vorgehensweise im Brandfall:

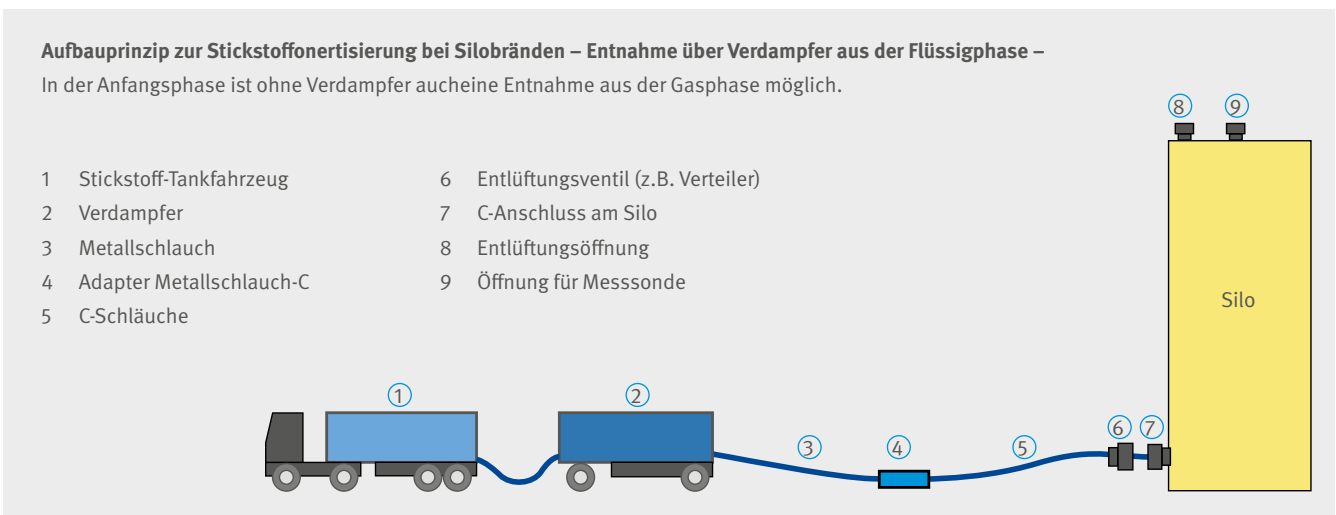


Abb. 9.7 Aufbauprinzip zur Stickstoff-Inertisierung bei Silobränden – Entnahme über Verdampfer aus der Flüssigphase –

Der nach der Freigabe der Öffnungen noch verbleibende Überdruck (als maximaler reduzierter Explosionsüberdruck  $p_{red,max}$  bezeichnet; entspricht der Gebäudefestigkeit) ist dann wesentlich kleiner als der maximale Explosionsüberdruck  $p_{max}$ .



Die Gebäudehülle von Silos muss so dimensioniert sein, dass sie  $p_{red,max}$  standhält. Dies gilt auch für Zugänge wie Türen und Klappen.

Öffnungen in Decken und Wänden zwischen Filterraum und Silo gelten nicht als wirksame Druckentlastungsflächen.

Die Druckentlastungseinrichtungen müssen nach DIN EN 14491 „Schutzsysteme zur Druckentlastung von Staubexplosionen“ ausgeführt sein.

Druckentlastungseinrichtungen können als Explosionsklappen, Berstscheiben oder Reißfolien konzipiert werden.

Bei einer Explosion und beim Ansprechen der Druckentlastungseinrichtung dürfen Personen durch fortgeschleuderte oder herabfallende Teile und durch mögliche Druck- und Flammeneinwirkungen nicht gefährdet werden können. Das Herabfallen der gesamten Entlastungseinrichtung oder das Fortschleudern von Klappen muss z. B. durch eine ausreichende Rahmenbefestigung und geeignete Ausführung der Scharniere verhindert werden. Die Entlastungsfähigkeit ist nachzuweisen.



Abb. 9.9 Explosionsklappen im Deckenbereich eines Silos

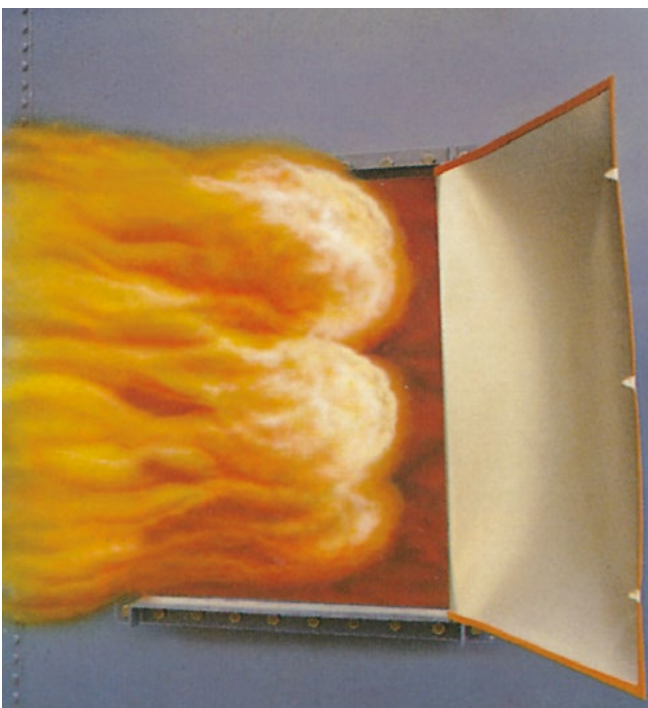


Abb. 9.8 Druckentlastung einer Staubexplosion durch Freigabe der Entlastungsöffnung. Dabei treten Flammen aus dem Inneren des Silos in den Außenbereich aus.



Abb. 9.10 Berstscheibe

Durch die Entlastungsvorgänge dürfen Personen nicht gefährdet und sicherheitstechnisch bedeutsame Anlagenteile nicht beeinträchtigt werden. Die Druckentlastungsöffnungen dürfen deshalb weder in andere Räume oder auf benachbarte, gefährdete Gebäude (z. B. Gebäude mit gegenüberliegenden Fenstern, Dachöffnungen) noch direkt auf Verkehrs- und Rettungswege gerichtet sein. Die anzunehmenden Flammenlaufweiten können nach DIN EN 14 491 abgeschätzt werden (siehe auch Abschnitt 9.4).

In der Umgebung von Abblas-Öffnungen dürfen keine brennbaren Materialien (z. B. Dachabdeckungen, Holzstapel) vorhanden sein.

In Silos müssen die Öffnungen für die Druckentlastungseinrichtungen im oberen Teil der Wände oder in der Decke angeordnet werden. Die Druckentlastungseinrichtungen dürfen nicht mit Schüttgut zugeschüttet werden können.

Bei Anordnung von Druckentlastungsöffnungen im Dach oder in der Decke müssen Witterungseinflüsse, z. B. Schneelasten, berücksichtigt werden.



Öffnungen von Druckentlastungseinrichtungen in Decken oder Dachflächen müssen gegen Absturz von Personen gesichert sein, z. B. durch Umwehrungen oder unmittelbar unter der Druckentlastungseinrichtung fest angebrachte, grobmaschige Gitter.

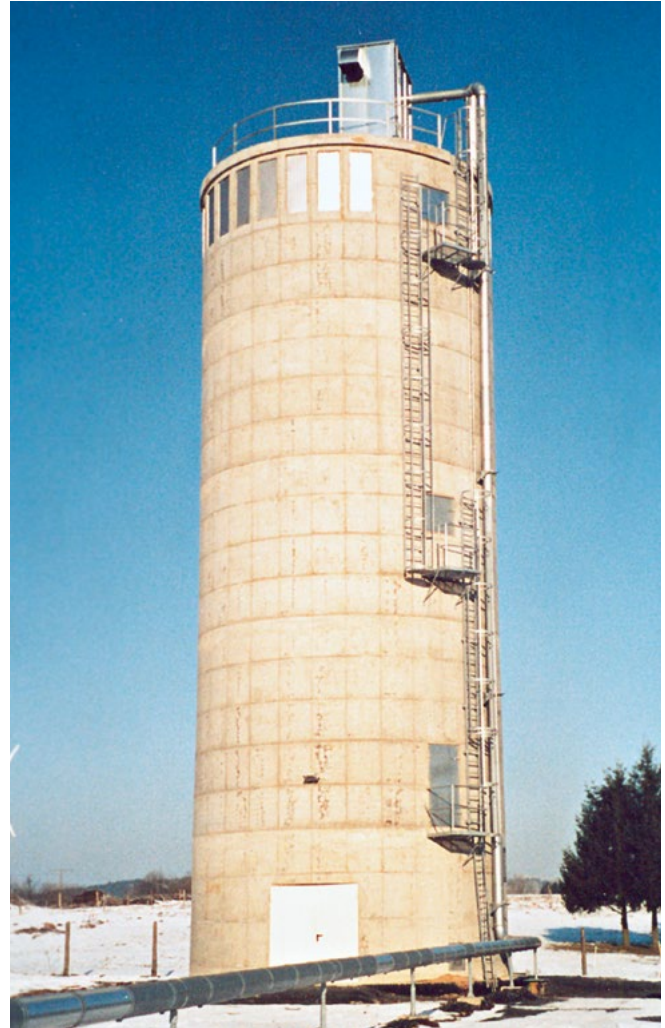


Abb. 9.11 Silo mit Berstscheiben oberhalb des max. Füllgutstandes

Weitere Einzelheiten und Berechnungsbeispiele sind der DGUV Information 209-045 zu entnehmen.

## 9.4 Flammenauswirkung

Beim Entlastungsvorgang treten im Außenbereich Flammenausbreitung und Druckwirkungen auf. Ursache hierfür ist der Ausschub von unverbranntem Material mit anschließender Entzündung des in der Folge des Ausschubes im Außenbereich entstehenden Staub-Luft-Gemisches durch den aus der Entlastungsöffnung austretenden Flammenstrahl. Der Flammenstrahl im Außenbereich kann bei Silos eine Länge bis etwa 60 m erreichen. Die maximale Reichweite (LF), die Flammenbreite (WF) der aus einem Behälter in den Außenbereich austretenden Flammen, der maximale Überdruck ( $p_{ext}$ ) im Außenbereich sowie der Abstand des maximalen äußeren Überdruckes von der Entlastungseinrichtung lassen sich nach den empirischen Gleichungen aus DIN EN 14 491 „Schutzsysteme zur Druckentlastung von Staubexplosionen“ ermitteln.

In der Tabelle sind die Werte für die Flammen- und Druckausbreitung für Behälter (Silos, Filteranlagen) mit einem maximalen reduzierten Explosionsdruck  $p_{red,max} = 0,5$  bar für ein Längen/Durchmesser-Verhältnis  $L/D < 2$  und mit unterschiedlichen Volumina dargestellt. Dabei ist die Flammenausbreitung bei vertikal angebrachten Druckentlastungseinrichtungen geringer als bei horizontal angebrachten.

Bei praktisch ausgeführten Anlagen können sich in Abhängigkeit vom Beschickungsverfahren geringere Flammenreichweiten ergeben (siehe hierzu auch DGUV Information 209-045).

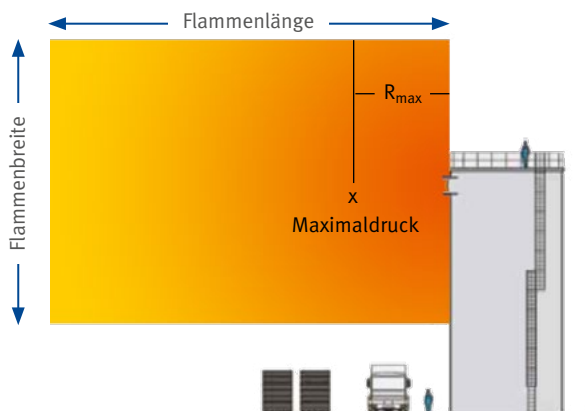


Abb. 9.12 Prinzip-Skizze zur Flammen- und Druckauswirkung im Entlastungsfall

V (m <sup>3</sup> )	Flammenausbreitung (m) Druckentlastung		Flammenbreite	Druckausbreitung für $p_{red,max} = 0,5$ bar und $L/D < 2$	
	horizontal	vertikal		Maximaldruck (bar)	Abstand zur Entlastungseinrichtung $R_{max}$ (m)
5	17	14	5	0,13	4,3
10	22	17	6	0,16	5,4
20	27	22	8	0,19	6,8
30	31	25	9	0,21	7,8
40	34	27	10	0,23	8,5
50	37	29	10	0,24	9,2
60	39	31	11	0,25	9,8
70	41	33	12	0,26	10,3
80	43	34	12	0,27	10,8
90	45	36	13	0,28	11,2
100	46	37	13	0,29	11,6
200	58	47	16	0,34	14,6
300	60	54	19	0,38	15,0
400	60	59	21	0,41	15,0
500	60	60	22	0,44	15,0
600	60	60	24	0,46	15,0
700	60	60	25	0,47	15,0
800	60	60	26	0,49	15,0
900	60	60	27	0,51	15,0
1000	60	60	28	0,52	15,0

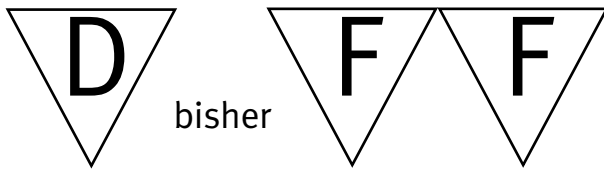
Tabelle 9.1 Flammen- und Druckausbreitung für  $p_{red,max} = 0,5$  und  $L/D < 2$

## 9.5 Elektrische Ausrüstung

Im Inneren von Silos sollten elektrische Einrichtungen vermieden werden, da hier in der Regel Zone 20 (bei kontinuierlicher, pneumatischer Beschickung) bzw. Zone 21 (bei diskontinuierlicher, pneumatischer oder mechanischer Beschickung) vorliegt. Elektrische Betriebsmittel müssen deshalb der Gruppe II, Geräteklasse 1D bzw. 2D nach der Richtlinie 2014/34/EU bzw. 94/9/EG (ATEX 95) bzw. Explosionsschutzverordnung (11. ProdSV) entsprechen.

Falls keine Zone vorliegt (z. B. im Heizraum unterhalb der Austragung), müssen elektrische Geräte mindestens der Schutzart IP 54 (staub- und spritzwassergeschützt) entsprechen.

Elektrische Leuchten in Schutzart IP 54 müssen außerdem mit der Kennzeichnung für die zulässige Oberflächentemperatur versehen sein.



An Stellen, an denen mit Staubablagerungen zu rechnen ist, darf die Oberflächentemperatur 135°C nicht überschreiten (entsprechend Temperaturklasse mindestens T4). Dies ist insbesondere an Motorengehäusen zu beachten.

Freistehende Silos müssen mit einer Blitzschutzanlage nach DIN V VDE V 0185 „Blitzschutzanlage (VDE-Richtlinie)“ ausgerüstet sein, wenn sie blitzschlaggefährdet sind. Zur Risikoorientierung siehe hierzu VdS 2010 „Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz – Richtlinien zur Schadenverhütung“. Dann müssen auch alle anderen metallischen Anlageteile wie Treppen, Steigleitern, Geländer elektrisch leitend verbunden und geerdet werden. Näheres entscheidet die für die Baugenehmigung zuständige Behörde.

Weitere Einzelheiten sind der DGUV Information 209-045 zu entnehmen.

# 10 Organisation und Dokumentation

## 10.1 Gefährdungsbeurteilung und Explosionsschutzdokument

Der Arbeitgeber hat nach § 3 Betriebssicherheitsverordnung die Gefährdungen zu beurteilen und die notwendigen Schutzmaßnahmen und organisatorischen Regelungen zu treffen. Die Beurteilung ist schriftlich zu dokumentieren. Beim Betrieb von Silos ergeben sich **Gefährdungen für Personen** insbesondere bei der Beseitigung von Fließstörungen, wenn in das Silo eingefahren werden muss, bei der Brandbekämpfung oder wenn das Siloinnere im Zugangsbereich zur Austrageinrichtung betreten werden muss.

Weil das Schüttgut „Holzstaub und -späne“ brennbar ist und – in Verbindung mit Luft – ein explosionsfähiges Gemisch bilden kann, muss der Arbeitgeber für den Späne-Lagerbereich unabhängig von der Zahl der Beschäftigten im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ein **Explosionsschutzdokument** (§ 6 Gefahrstoffverordnung) erstellen. Mit diesem Dokument soll der Arbeitgeber belegen, dass er die von dem zu beurteilenden Silo ausgehenden Explosionsgefahren ermittelt und einer Bewertung unterzogen hat. Außerdem soll er mithilfe dieses Dokumentes verdeutlichen, mit welchen Maßnahmen sichergestellt ist, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Explosion minimiert wird und deren eventuelle Auswirkungen auf ein möglichst ungefährliches Maß reduziert werden.

Um den sicheren Zustand auf Dauer zu gewährleisten, muss der Arbeitgeber im Explosionsschutzdokument außerdem festlegen, welche Bauteile regelmäßig einer Prüfung unterzogen werden. Dazu müssen Festlegungen zum Umfang und den Abständen der jeweiligen Prüfung, sowie der notwendigen Sachkunde der jeweils prüfenden Person (siehe auch Abschnitt 10.5) getroffen werden.



Das Explosionsschutzdokument ist vor der Inbetriebnahme von Silos zu erstellen und bei organisatorischen oder technischen Änderungen anzupassen.

Muster-Explosionsschutzdokumente siehe [www.bghm.de](http://www.bghm.de)

## 10.2 Betriebsanweisungen

Nachdem der Unternehmer die Gefährdungen ermittelt, die Schutzmaßnahmen festgelegt und notwendige Schutzausrüstungen und Werkzeuge beschafft hat, müssen die

Maßnahmen umgesetzt und den betroffenen Beschäftigten vermittelt werden. Dies geschieht in Form einer oder mehrerer Betriebsanweisungen und darauf aufbauender Unterweisungen.

Der Fahrschein für das Arbeiten im Silo heißt „Erlaubnisschein“ (siehe Anhang 3). Nur mit diesem Schein darf ein Silo befahren werden.

Im Erlaubnisschein trägt der Unternehmer bzw. der oder die Aufsichtführende (siehe hierzu Abschnitt 10.3) die Schutzmaßnahmen ein, die er oder sie auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung festgelegt hat.

Mit der Unterschrift der oder des Aufsichtführenden oder Unternehmers, des Sicherungspostens und ggf. einer beauftragten Partnerfirma werden die Schutzmaßnahmen bestätigt und die Arbeiten frei gegeben. Nach längeren Arbeitsunterbrechungen muss der Erlaubnisschein verlängert oder neu ausgestellt werden.

Die Arbeiten dürfen erst begonnen werden, wenn die Gefährdungen vom Unternehmer bzw. Aufsichtführenden ermittelt, die Schutzmaßnahmen schriftlich festgelegt und getroffen sowie die Beschäftigten entsprechend unterwiesen wurden.

Um ein sicheres Arbeiten im Silo zu gewährleisten, müssen Sie neben den allgemeinen organisatorischen Maßnahmen wie z. B. dem Erstellen eines Erlaubnisscheines auch folgende Punkte beachten:

### **Befüll-, Auflockerungs- und Austrageinrichtungen stillsetzen und gegen Wiedereinschalten sichern**

Befüll-, Auflockerungs- und Austrageinrichtungen müssen vor Aufnahme der Tätigkeit abgestellt und gegen unbeabsichtigtes oder unbefugtes Ingangsetzen gesichert sein. Auch wenn keine Gefährdungen durch Schüttgüter bestehen, sind mechanische Gefährdungen immer zu vermeiden. Bei automatischen Austragsystemen besteht die Gefahr des unerwarteten Anlaufs. Dabei können Beschäftigte erfasst, eingezogen oder aufgewickelt werden.

### **Anhaftungen oder Stauungen möglichst von außen beseitigen**

Halten Sie geeignete Geräte oder Einrichtungen zum Auflockern bzw. zum Beseitigen von Anhaftungen oder Stauungen bereit (z. B. Reinigungsgeräte, Stoßer-Stangen, langstielige Werkzeuge und Lanzen, Rüttel- und Stoßeinrichtungen, etc.).

### Nur oberhalb von Schüttgütern arbeiten

Beschäftigte dürfen sich nicht unterhalb von anstehenden oder anhaftenden Schüttgütern aufhalten, da sie verschüttet werden könnten. Anstehende oder anhaftende Holzstaubkonglomerate dürfen nur von oben beseitigt werden.

### Regeln zum Betreten von Schüttgütern festlegen

Schüttgüter, wie Holzstaub und -späne, dürfen nicht ohne Sicherung betreten werden.

Wesentliche Punkte, die unter Anderem daher in der Betriebsanweisung von Fall zu Fall geregelt werden müssen, sind:

- Abschalten der Befüll-, Auflockerungs- und gegebenenfalls auch der Austrageinrichtung
- Notwendigkeit der Alarmierung von Feuerwehr, Rettungsdiensten, gegebenenfalls Inertgas-Lieferanten
- Kundig-machen über Menge und Verteilung des Siloinhaltes über den Querschnitt und die Silohöhe (z. B. Brücken vorhanden?)
- Notwendigkeit des sogenannten Freimessens (z. B. CO-, CO<sub>2</sub>-Konzentrationen) vor dem Einfahren in das Silo
- Festlegung der Maßnahmen zur Störungsbeseitigung
- Festlegen des/der verantwortlichen Aufsichtführenden, der Sicherungsposten und des eingewiesenen Arbeitspersonals
- Verwendung der Siloeinfahreinrichtung, der Siloeinfahrhose und von anderen Hilfs- und Arbeitsgeräten
- Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung
- Einteilung der Arbeitsintervalle und Festlegung von Arbeitspausen: Insbesondere bei erhöhter körperlicher Belastung, z. B. durch schwere Arbeitsgeräte oder Atemschutzmasken, sind genügend Arbeitspausen anzuordnen.
- Bedingungen für die Aufhebung der Schutzmaßnahmen: Erst nach kompletten Abschluss der Arbeiten und nach Verlassen des Siloinneren dürfen die Schutzmaßnahmen wieder aufgehoben werden.

Beispiele für eine Betriebsanweisung zum sicheren Arbeiten in Silos sind Anhang 4 und zum Verhalten bei Bränden Anhang 5 zu entnehmen.

## 10.3 Personelle Organisation

Vor Beginn der Arbeiten muss der Arbeitgeber eine zuverlässige und weisungsbefugte Person benennen, die als **Aufsichtsführende(r)** fungiert. Der oder die Aufsichtsführende

- übernimmt die Gesamtaufsicht und sichert die gegenseitige Abstimmung aller Beteiligten
- muss die Einhaltung der Schutzmaßnahmen vor der Arbeit und in regelmäßigen Abständen überwachen
- muss kurzfristig verfügbar sein
- kann im Auftrag des Unternehmers den Erlaubnisschein (siehe Anhang 3) ausstellen.

Für diese verantwortungsvollen Aufgaben muss der oder die Aufsichtführende mit den zu tätigenen Arbeiten, den dabei auftretenden Gefährdungen und den zu ergreifenden Schutzmaßnahmen bestens vertraut sein.

Wenn in das Silo eingefahren werden muss, hat der Unternehmer – neben dem oder der Aufsichtführenden – mindestens einen **Sicherungsposten** einzusetzen. Der Sicherungsposten

- ist den einfahrenden Beschäftigten beim Zugang behilflich
- hält ständige Verbindung mit den Beschäftigten im Siloinneren
- darf neben den Sicherungsaufgaben keine andere Aufgabe verrichten
- ist mit den Notfall- und Rettungsmaßnahmen vertraut und kann jederzeit Hilfe holen.
- Sicherungsposten müssen mindestens 18 Jahre alt und vor allem geistig und körperlich fit sein.



Arbeiten in Silos für Holzstaub/-späne dürfen nie alleine durchgeführt werden. Es muss immer eine zweite Person anwesend sein.

## 10.4 Unterweisungen

Die Pflicht zur Unterweisung obliegt dem Unternehmer. Er muss alle Beteiligten vor Aufnahme der Arbeiten über die Gefährdungen und Schutzmaßnahmen aufklären. Der Unternehmer kann diese Verpflichtung auch an eine andere geeignete Personen, wie z. B. Aufsichtführende, delegieren.

Die Unterweisung findet auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung und des Erlaubnisscheines statt. Damit die Beschäftigten alle Maßnahmen genau verstehen und entsprechend handeln können, sollten praktische Übungen (z. B. zur Benutzung einer Siloeinfahreinrichtung und Siloeinfahrhose beim Einfahren in das Silo, zur Rettung von eingefahrenen Personen, zur Ersten Hilfe, zur Benutzung von Atemschutzgeräten und Handhabung von Feuerlöscheinrichtungen) und konkrete Erklärungen im Vordergrund stehen.

Bei regelmäßig wiederkehrenden und gleichartigen Arbeiten kann die Unterweisung in angemessenen Zeitabständen, muss jedoch mindestens einmal jährlich erfolgen.

Wichtige Unterweisungspunkte – z. B. im Brandfall – sind dabei:

- die weitere Zufuhr von Schüttgut unterbinden
- das Abreinigen einer eventuell oberhalb des Silos angeordneten Filteranlage verhindern
- in Anlagen, bei denen das Abreinigen mit dem Stillsetzen der Ventilatoren gekoppelt ist, den Hauptschalter für die gesamte Absauganlage betätigen

## 10.5 Prüfungen

Die Grundforderung nach der Prüfung von Arbeitsmitteln, zu denen auch Silos gehören, ergibt sich aus § 3 der Betriebssicherheitsverordnung. Dort wird gefordert, dass als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung insbesondere Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen zu ermitteln sind. Ferner muss der Arbeitgeber die notwendigen Voraussetzungen ermitteln und festlegen, welche die Personen erfüllen müssen, die von ihm mit der Prüfung beauftragt werden.

Zu diesen Voraussetzungen gehören im Falle von Silos für die Lagerung von Holzstaub- und -spänen auch detaillierte Kenntnisse im Bereich Brand- und Explosionsschutz. Wegen der mit der Explosionsgefahr verbundenen Zuordnung von solchen Silos zu den überwachungsbedürftigen Anlagen muss die befähigte Person den besonderen Anforderungen der TRBS 1203 (z. B. Ausbildung, Berufserfahrung, zeitnahe berufliche Tätigkeit) genügen.

Ziel der Prüfungen von überwachungsbedürftigen Anlagen, z. B. Anlagen im Ex-Bereich, ist die Kontrolle des ordnungsgemäßen Zustandes vor Inbetriebnahme der Anlagen und der Arbeitsplätze sowie hinsichtlich Montage, Instandhaltung, Aufstellungsbedingungen und der sicheren Funktion. Zu unterscheiden sind für überwachungsbedürftige Anlagen gemäß BetrSichV die Prüfungen:

- vor Inbetriebnahme
- nach Instandsetzung
- wiederkehrende Prüfungen

Weitere Einzelheiten sind der DGUV Information 209-045 zu entnehmen.

Grundvoraussetzung zur Prüfung durch befähigte Personen ist das Vorliegen einer Prüfliste. Diese sollte sich die Betreiberfirma bei neu errichteten Silos von der Herstellfirma liefern lassen. Alternativ kann die Betreiberfirma des Silos unter Zugrundelegung der BetrSichV, der GefStV, der behördlichen Genehmigung, Hinweisen aus Normen, den Betriebs- und Wartungsanleitungen der Komponenten-Herstellfirmen und eigenen Betriebserfahrungen eine geeignete Prüfliste erstellen.

Die Prüfliste sollte dabei mindestens Angaben zu folgenden Fragen enthalten:

- Soll-Zustand des Silos und seiner maschinellen Bestandteile
- Sicherheit eingebauter maschineller, elektrischer und drucktechnischer Einrichtungen
- Statik des Silos (Wandstärken, Deformationen/Beschädigungen tragender Teile, Rost-Grad)
- Verhalten des Schüttgutes
- Elektrische und elektrostatische Gefährdungen
- Brand- und Explosionsgefahren sowie Zündquelleneintrag



### Hinweis:

Auch die bei den Arbeiten verwendete persönliche Schutzausrüstung (PSA) ist bei Bedarf, jedoch mindestens einmal jährlich durch einen Sachkundigen zu prüfen. Darüber hinaus muss vor jeder Benutzung eine Sicht- und Funktionsprüfung vorgenommen werden.

## 10.6 Alarmpläne

Aus einem Alarmplan sollte hervorgehen, wer im Ernstfall zu alarmieren ist und wie diese Person zu erreichen ist (z. B. Adresse, Telefon, Handy, etc.), z. B.

- gefährdete Beschäftigte und/oder Nachbarn
- Firmenleitung
- Feuerwehr
- Inertgas-Lieferant
- Unfallversicherungsträger
- Gewerbeaufsicht/Staatliches Amt für Arbeitsschutz
- Feuerversicherer (Brandschutzabteilung)

# Anhang 1

## Vorschriften, Regeln, Veröffentlichungen

Wesentliche Forderungen für das sichere Errichten und Betreiben von Silos sind insbesondere gestellt in:

### 1 Gesetze/Verordnungen, Technische Regeln

- Bauordnungen der Länder
- Produktsicherheitsgesetz mit 9.ProdSV (Maschinenverordnung) und 11. ProdSV (Explosionsschutzverordnung)
- Störfallverordnung mit TAA-GS-33 Leitfaden „Explosionsfähige Staub/Luft -Gemische und Störfallverordnung“
- Arbeitsstättenverordnung
- ASR A1.8 Verkehrswege
- ASR A2.1 Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen
- Betriebssicherheitsverordnung
- TRBS 1201 Teil 1 (Prüfung von Anlagen und Überprüfung von Arbeitsplätzen in Ex-Bereichen)
- TRBS 1201 Teil 3 (Instandsetzung an Geräten usw. im Sinne 94/9/EG, Prüfnotwendigkeiten)
- TRBS 1203 (Befähigte Personen, besondere Anforderungen, Explosionsgefährdungen)
- TRBS 2152 (Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines)
- TRBS 2152 Teil 1 (Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Beurteilung der Explosions-Gefährdung)
- TRBS 2152 Teil 2 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- TRBS 2152 Teil 3 (Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- TRBS 2152 Teil 4 (Beschränkung der Auswirkung einer Explosion auf unbedenkliches Maß)
- TRBS 2153 (Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung)
- 7. BImSchV (Verordnung zur Auswurfbegrenzung von Holzstaub)
- Gefahrstoffverordnung
- TRGS 400 (Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen)
- TRGS 553 (Holzstaub)
- TRGS 720 (Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre)
- TRGS 721 (Beurteilung der Explosionsgefährdung)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- TRGS 800 (Brandschutzmaßnahmen)

### 2 Europäische Richtlinien und Normen

- 2014/34/EU bzw. 94/9/EG (ATEX 95) Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
- 1999/92/EG (ATEX 137) Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der

Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können

- DIN EN 303-5 Heizkessel für feste Brennstoffe – Manuell und automatisch beschickte Feuerungen, Nennleistung bis 500 kW, Prüfungen und Kennzeichnung
- DIN EN 617 Stetigförderer und Systeme – Sicherheits- und EMV-Anforderungen an Einrichtungen für die Lagerung von Schüttgütern in Silos, Bunkern, Vorratsbehältern und Trichtern
- DIN EN 618 Stetigförderer und Systeme – Sicherheits- und EMV-Anforderungen an mechanische Fördereinrichtungen für Schüttgut, ausgenommen ortsfeste Gurtförderer
- DIN EN 741 Stetigförderer und Systeme – Sicherheitsanforderungen an Systeme und ihre Komponenten zur pneumatischen Förderung von Schüttgut
- DIN EN 1127-1 Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz – Teil 1: Grundlagen und Methodik
- DIN EN 1991-4 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter
- DIN EN 12779 Holzbearbeitungsmaschinen – Sicherheit von ortsfesten Absauganlagen für Holzstaub und Holzspäne – sicherheitsbezogene Leistung und sicherheitstechnische Anforderungen
- DIN EN 13463-1 Nichtelektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen – Teil 1: Grundlagen und Anforderungen
- DIN EN 13501-1 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
- DIN EN 13501-2 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen
- DIN EN 13501-5 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 5: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus Prüfungen von Bedachungen bei Beanspruchung durch Feuer von außen
- DIN EN 14 491 Schutzsysteme zur Druckentlastung von Staubexplosionen
- DIN EN 60 079-17 Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen in Ex-Atmosphäre
- DIN EN 60 204-1 Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 61 241 Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub

### 3 Berufsgenossenschaftliche Richtlinien, Sicherheitsregeln, Merkblätter

- DGUV Regel 101-005 (bisher BGR 159): Hochziehbare Personenaufnahmemittel
- DGUV Regel 112-190 (bisher BGR/GUV-R 190): Benutzung von Atemschutzgeräten
- DGUV Regel 112-198 (bisher BGR/GUV-R 198) Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz
- DGUV Regel 112-199 (bisher BGR/GUV-R 199) Retten aus Höhen und Tiefen mit persönlichen Schutzausrüstungen
- DGUV Regel 113-001 (bisher BGR 104) Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)
- DGUV Regel 113-004 (bisher BGR/GUV-R 117-1) Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- DGUV Information 209-045 (bisher BGI 739-2) Absauganlagen und Silos für Holzstaub und -späne – Brand- und Explosionsschutz
- DGUV Information 213-055 (bisher BGI 5028): Retten aus Behältern, Silos und engen Räumen
- DGUV Information 213-056 (bisher BGI 836): Gaswarneinrichtungen für toxische Gase/Dämpfe und Sauerstoff – Einsatz und Betrieb

### 4 DIN-Normen

- DIN 4 102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- DIN 18 093 Feuerschutzabschlüsse; Einbau von Feuerschutz-türen in massive Wände aus Mauerwerk oder Beton; Ankerlagen, Ankerformen, Einbau
- DIN 18 230 Baulicher Brandschutz im Industriebau

### 5 Bestimmungen der Schadenversicherer

- VdS 2008 Feuergefährliche Arbeiten – Richtlinien für den Brandschutz
- VdS 2010 Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz – Richtlinien zur Schadenverhütung
- VdS 2029 Holzbearbeitende und Holzverarbeitende Betriebe – Richtlinien für den Brandschutz
- VdS 2093 Richtlinien für CO<sub>2</sub>-Feuerlöschanlagen – Planung und Einbau
- VdS 2106 Richtlinien für Funkenerkennungs-, Funkenausscheidungs- und Funkenlöschanlagen – Planung und Einbau
- VdS 2108 Richtlinien für Schaumlöschanlagen – Planung und Einbau
- VdS 2109 Richtlinien für Sprühwasser-Löschanlagen – Planung und Einbau

- VdS 2234 Brand- und Komplextrennwände – Merkblatt für die Anordnung und Ausführung
- VdS 2241 Betriebsbuch für Funkenlöschanlagen

### 6 VDMA-Einheitsblätter

- 24 178-4 Holzfeuerungen – Sicherheitsanforderungen
- 24 179 -1 Absauganlagen für Holzstaub und -späne Teil 1: Leistungsprogramm für die Wartung
- 24 179-2 Absauganlagen für Holzstaub und -späne Teil 2: Anforderungen für Ausführung und Betrieb

### 7 Literatur

- [1] Schreinerei-Betriebsbeispiele, Planungshilfen 10, Haus der Wirtschaft, Landesgewerbeamt Baden-Württemberg
- [2] Schwedes + Schulze Schüttguttechnik GmbH, Am Walde 3, D-38302 Wolfenbüttel
- [3] F. Kremers, A. Becker, B. Detering, G. Rauch, J. Wolf: Ermittlung der Ursachen von Bränden und Explosionen in Mitgliedsbetrieben der Holz-Berufsgenossenschaft; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 61/2001 Nr. 9, Springer-VDI-Verlag
- [4] BIA-Report 12/1997: Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
- [5] Praxisleitfaden zur Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes für Betriebe der Getreideverarbeitung, Getreidelagerung und des Handels, © Großhandels- und Lagerei-Berufsgenossenschaft, Forschungsstelle für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin.
- [6] M. Schmidt, F. Ferrero, M. Malow, U. Krause: Vermeidung der Brandentstehung bei der Lagerung von Biomasse, VDI-Berichte 2096, 2010

# Anhang 2

## Abschätzung der notwendigen Späne-Lagermenge über die Wärmebedarfssummenlinie

Allgemein kann die benötigte Späne-Lagermenge auch über die Wärmebedarfssummenlinie abgeschätzt werden. Diese Methode bietet sich insbesondere an, wenn zum Heizen zusätzlich zum selbst erzeugten Späne-Material auf Fremdenergeträger (z. B. Heizöl) zurückgegriffen werden muss oder der Späne-Anfall aus betrieblichen Gründen über das Jahr stark schwankt. Das benötigte Späne-Lagervolumen ergibt sich bei Betrachtung der Wärmebedarfssummenlinie als Maximum der Differenz zwischen Wärmeanfallssummenlinie aus den vorhandenen Spänen und der Wärmebedarfssummenlinie (Bild A2-1).

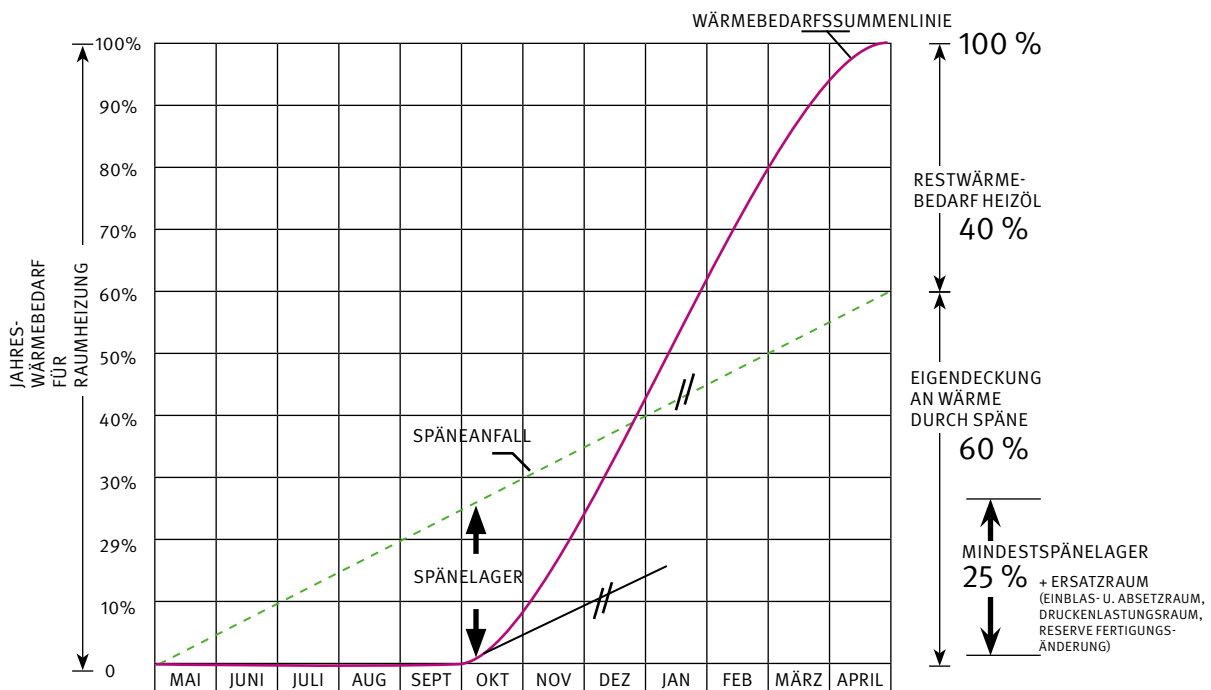


Bild A2-1: Wärmebedarfssummenlinien zur Abschätzung des Späne-Lagerraumes

### Wärmeeinheiten aus Späne-Volumen

Wärmeeinheit  
 = unterer Heizwert x Schüttgewicht x Volumen

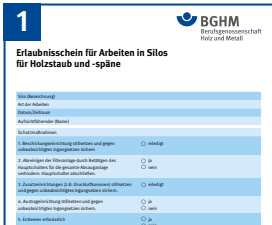
# Anhang 3

## Erlaubnisschein für Arbeiten in Silos für Holzstaub und -späne

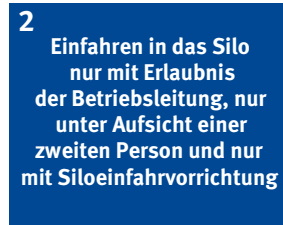
Silo (Bezeichnung)		
Art der Arbeiten		
Datum / Zeitraum der Arbeiten		
Aufsichtführende(r) (Name)		
<b>Schutzmaßnahmen</b>		
1. Beschickungseinrichtung stillsetzen und gegen unbeabsichtigtes Ingangsetzen sichern	<input type="radio"/> erledigt	durch: _____
2. Abreinigen der Filteranlage durch Betätigen des Hauptschalters für die gesamte Absauganlage verhindern. Hauptschalter abschließen.	<input type="radio"/> erledigt	durch: _____
3. Auflockerungseinrichtungen stillsetzen und gegen unbeabsichtigtes Ingangsetzen sichern	<input type="radio"/> erledigt	z. B. Druckluftkanonen durch: _____
4. Austragseinrichtung stillsetzen und gegen unbeabsichtigtes Ingangsetzen sichern	<input type="radio"/> erledigt	durch: _____
5. Entleeren erforderlich?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	wenn ja, durchgeführt am / von: _____
6. Bestehen genaue Kenntnisse über die Verteilung von Holzstaub und -spänen im Späne-Lagerbereich?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
7. Einfahren unumgänglich	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	wenn ja, Siloeinfahreinrichtung mit Siloeinfahrhose verwenden!
8. Ist durch Freimessen sichergestellt, dass sich keine gesundheitsschädlichen Gase (CO <sub>2</sub> , CO) im zu befahrenden Silobereich befinden ?	<input type="radio"/> erledigt	durch: _____
9. Falls Einfahren unumgänglich, Sicherungsposten an der Einfahreinrichtung (Name):		_____
10. Atemschutz erforderlich?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> Vollmaske Partikelfilter <input type="radio"/> Vollmaske fremdbelüftet
11. Folgende(s) für Zone 22 zugelassene(s) elektrische(s) Betriebsmittel (Kategorie 3 D oder höher) verwenden:	<input type="radio"/> entfällt	_____
12. Wer führt die Arbeiten im Silo aus? (Name/n)		_____
13. Unterweisung des/r Einfahrende(n) und des Sicherungspostens erfolgt:	am: _____	durch: _____
<b>Freigabe der Arbeiten</b>		
erfolgt am:		durch: _____ Unternehmer(in)/Beauftragte(r)

# Anhang 4

## Betriebsanweisung "Sicheres Arbeiten in Silos für Holzstaub und -späne"



Nur mit schriftlicher Erlaubnis in Silos einfahren.



Hinweisschild am Siloeinstieg.



Beseitigen von Fließstörungen im Silo nach Möglichkeit von außerhalb beseitigen, nur im Notfall einfahren.



Einfahren mit Siloeinfahrvorrichtung.



Einfahrhose



Vollmaske mit Partikelfilter P2

Bilder:  
 1, 2 und 6: BGHM  
 3: Fa. Standard Industrie GmbH  
 4: Fa. Benzenberg & Zemke GmbH  
 5: interlink GmbH  
 6: 3M Deutschland GmbH

### Vorbereitung

- Weitere Zufuhr von Spänegut in das Silo durch Abschalten der Beschickungseinrichtung (z. B. Transportventilator, Zellenrad-schleuse, Förderschnecke) verhindern.
- Abreinigen der auf/im Silo befindlichen Filteranlage durch Betätigen des Haupt-Schalters für die gesamte Absauganlage verhindern. (Bemerkung: Da die Abreinigung der Ventilators automatisch anläuft, genügt das Abschalten des Ventilators alleine nicht!). Anschließend gegen unbelegtes Wiedereinschalten sichern!
- Abschalten und Entlüften vorhandener Auflockerungseinrichtungen (z. B. Druckluftkanonen).
- Abschalten des Antriebes der Austrageinrichtung (z. B. Austragschnecke, Schubboden) und Sichern gegen Wiedereinschalten.
- Abklären des Füllstandes und der Verteilung der Späne innerhalb des Silos (z. B. Füllstandsanzeige, Einführen einer Videokamera, Öffnen von Revisionstüren).

### Arbeiten in Silos

- Tätigkeiten im Inneren von Silos nur mit schriftlicher Erlaubnis der Betriebsleitung durchführen (Erlaubnisschein). Die im Erlaubnisschein aufgeführten speziellen Schutzmaßnahmen unbedingt einhalten.
- Außer den im Erlaubnisschein benannten Personen dürfen keine weiteren Personen zu den Arbeiten im Inneren des Silos herangezogen werden. Nur mit schriftlicher Erlaubnis in das Silo einfahren.
- Tätigkeiten im Inneren des Silos nur unter ständiger Aufsicht einer zweiten Person (Sicherungs-posten) durchführen. Nie eigenmächtig und alleine in Silos einfahren.
- In nicht vollständig entleerte Silos nur von oben her und nur bis zur Oberkante des Füllgutes einfahren.
- Zum Einfahren in das Silo immer Siloeinfahrinrichtung mit Siloeinfahrhose verwenden. Einsteigen ohne diese Einrichtungen ist nicht zulässig!
- Die Bedienperson der Siloeinfahrinrichtung darf während der

Arbeiten im Silo die Einfahrinrichtung nicht verlassen.

- Die eingefahrene Person muss solange mit dem Personenaufnahmemittel (Siloeinfahrhose) und der Einfahrinrichtung verbunden bleiben, bis sie wieder ausgefahren ist.
- Nur für Zone 22 zugelassene ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (z. B. Handleuchte) in Schutzart IP 54 oder höher verwenden.
- Beim Einfahren in nicht entleerte Silos Atemschutz (Vollmaske mit Partikelfilter P2 oder fremdbelüftete Vollmasken) tragen. Nach Beendigung der Arbeiten alle Zugänge und Öffnungen wieder schließen.

### Beseitigen von Stauungen

- Stauungen im Füllgut (z. B. Spänebrücken) nur von oben oder von den dafür vorgesehene Podesten bzw. Öffnungen beseitigen.
- **Nie unterhalb von gestautem Füllgut aufhalten!**
- Zum Beseitigen folgende Hilfsmittel einsetzen (z. B. Druckluftlanzen, Druckluftbohrer, Stoßer-Stangen, etc.):

### Arbeiten an mechanischen Austrageinrichtungen

Beim Öffnen von Zugängen bzw. Klappen muss die mechanische Austrageinrichtung zwangsläufig abgeschaltet werden, z. B. über einen Verriegelungsschalter an der Zugangstür. **Achtung:** Bei geöffneter Zugangstür darf die Austrageinrichtung über die Brennstoffanforderung der Heizung nicht eingeschaltet werden können.

### Verhalten bei Bränden im Silo

Sofort Betriebsleitung bzw. Feuerwehr verständigen. Ventil für die Wasserzufuhr in die Sprühwasser-Löscheinrichtung öffnen bzw. Schlauchverbindung zur trockenen Löschleitung herstellen. **Türen und Klappen im Brandfall nicht öffnen,** weil durch Luftzutritt und Aufwirbelungen zusätzliche Explosionsgefahr besteht.

# Anhang 5

## Betriebsanweisung

### „Verhalten bei Bränden an Absauganlagen und Spänesilos“

Betriebsanweisung Nr.: 1

Fassung: 01/2009

## Verhalten bei Bränden an Absauganlagen für Holzstaub und in Spänesilos

### Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

Nur Feuerwehrleute und besonders ermächtigte und unterwiesene Personen dürfen im Brandfall zu Löscharbeiten herangezogen werden.

Folgende Regeln sind im Brandfall zu beachten:

- Sofort die Betriebsleitung bzw. die Feuerwehr verständigen.  
Feuerwehr-Notruf - 112 Betriebsleiter - 100 Sifa - 124
- Türen und Luken in Filteranlagen und Silos dürfen im Brandfall nicht geöffnet werden, weil durch den Lufteintritt zusätzliche Explosionsgefahr entstehen kann.
- Abreinigen der Filteranlage verhindern:  
durch Ausschalten des „Hauptschalters“ am **Schaltschrank der Filteranlage**.
- Bei pneumatischer Abreinigung: Hauptschalter für pneumatische Abreinigung schließen und absperren, Luftvorratsbehälter entlüften.
- Weitere Zufuhr von Spänegut in die Filteranlage/ das Silo durch Abschalten der Ventilatoren unterbinden.
- Mit dem Austragen der Filteranlage/ des Silos darf erst nach Freigabe durch die Feuerwehr begonnen werden. Die Feuerwehr legt fest, welche zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden müssen.

Nürnberg, den 04.01.2006



Unterschrift des Unternehmers

Dieser Entwurf muss noch durch verfahrensspezifische Angaben ergänzt und vom Unternehmer unterschrieben werden.

# Anhang 6

## Nachweis der Unterweisung zum Thema: „Sicheres Arbeiten in Silos für Holzstaub und -späne“

Die nachfolgend aufgeführten Beschäftigten und/oder Beschäftigten von fremd beauftragten Dienstleistern, die mit Arbeiten am und im Holzspäne-Silo beschäftigt sind, wurden durch Betriebsanweisung(en) darüber unterrichtet, dass bei diesen Arbeiten

- die erforderlichen Schutzmaßnahmen beachtet werden und den Anweisungen des hierfür speziell eingesetzten Führungspersonals Folge zu leisten ist und
- die zur Verfügung gestellten Sicherheitseinrichtungen und persönlichen Schutzausrüstungen (z. B. Atemschutz, Schutzanzüge, Schutzhandschuhe, etc.) zu benutzen sind.

§§ 7, 8, 15, 17 DGUV Vorschrift 1, § 12 Betriebssicherheitsverordnung

Über die Betriebsanweisung(en) bin ich vor Beginn der Arbeiten ausführlich unterrichtet worden.

Nr.	Name, Vorname	Datum	Unterweisung bestätigt

# Anhang 7

## Checkliste für die Planung bzw. Bestellung neuer Silos zum Lagern von Holzstaub und -spänen

Die folgende Checkliste für die Planung/Bestellung neuer Silos zum Lagern von Holzstaub und -spänen stellt für die Nutzer die wesentlichen Fragen für die bauliche Gestaltung, die (sicherheits-)technische Ausstattung, den späteren störungsarmen Betrieb und die Möglichkeit zur Realisierung von möglichst gefahrlosen Maßnahmen zur Behebung erfahrungsgemäß nicht auszuschließender Störungen beim Betrieb solcher Silos zusammen. Sie ist damit eine wesentliche Grundlage für:

- die nach § 3 Betriebssicherheitsverordnung vom Arbeitgeber durchzuführende Gefährdungsbeurteilung
- das nach § 6 der Gefahrstoffverordnung vom Arbeitgeber vor Inbetriebnahme zur erstellende Explosionsschutzdokument
- die Gespräche und vertraglichen Absprachen mit den Planern, Herstellern und Lieferanten einzelner Anlagen oder Bauteile

Kriterium / Fragestellung	Bemerkung / Ergänzung	
<b>A) Eigenschaften des Schüttgutes</b>		
1. Zusammensetzung des Schüttgutes (Körnung)  <i>Anmerkung: Im Regelfall beträgt der Staubanteil des Schüttgutes bei handwerklicher Holzbearbeitung ca. 40%!</i>	<input type="checkbox"/> % Staub <input type="checkbox"/> % Säge-/Frässpäne <input type="checkbox"/> % Hobelspäne <input type="checkbox"/> % Hackschnitzel <input type="checkbox"/> % Fremdmaterial (Kunststoff, Aluminium) <input type="checkbox"/> % Rinde, Waldhackschnitzel	
2. Schüttgewicht		kg/m <sup>3</sup>
3. Feuchtigkeit	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Holzfeuchte < 15% Holzfeuchte > 15%
4. Brand- und Explosionsgefährlichkeit	<input type="checkbox"/> Brennbar <input type="checkbox"/> Explosibel	<i>Anmerkung: Kenngrößen für übliche Holzstaub und -späne-Gemische siehe Tabelle Seite 4, DGUV Information 209-045</i>
<b>B) Schüttgutmengen und Silo-Regelbetrieb</b>		
1. Schüttgut – Einbringung	-----	m <sup>3</sup> wöchentlich / monatlich / jährlich
2. Einbringungsfrequenz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	kontinuierlich aus Eigenproduktion mit längeren Unterbrechungen sporadisch aus Fremdanlieferung
3. Schüttgut – Abzug	-----	m <sup>3</sup> wöchentlich / monatlich / jährlich

Kriterium / Fragestellung		Bemerkung / Ergänzung
4. Abzugsfrequenz	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	kontinuierlich zur Wärmeerzeugung mit längeren Unterbrechungen sporadisch durch Fremdbholung
5. Benötigtes Späne-Lagervolumen	_____	m <sup>3</sup>
6. Umschlag- bzw. Durchlaufzeit	_____	Monate
<b>C) Silokörper und Lage</b>		
1. Grundriss	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	rund (besonders empfehlenswert!) quadratisch (nachteilig) rechteckig (besonders nachteilig!)
2. Querschnittsfläche / Innenabmessungen	_____m <sup>2</sup>	D = _____m a/b = _____/_____ m / m
3. Maximale Schütthöhe	_____m	H / D = _____ < 2 ?
4. Gesamthöhe des Späne-Lagerbereiches	_____m	L / D = _____ < 2,5 ?
5. Konstruktion / Material des Baukörpers		<i>Baustoffklasse A1, Feuerwiderstandsklasse REI 90 nach DIN EN 13501 -1, z. B. Ortbeton, Betonfertigteile (siehe Anhang 6 DGUV Information 209-045)</i>
6. Horizontaler Abstand zum nächstliegenden Gebäude	_____m	Sicherheitsabstände beachten!
<b>7. Öffnungen für folgende Betriebseinrichtungen vorgesehen?</b> 1 = grundsätzlich erforderliche Öffnungen 2 = optional in Abhängigkeit vom gewählten Störungsbeseitigungskonzept erforderliche Öffnungen 3 = erforderliche Öffnung, wenn Siloboden oberhalb OK-Gelände angeordnet ist  <i>Anmerkung:                      Anzahl und Größe der jeweiligen Öffnungen muss mit dem Hersteller bzw. Lieferanten des jeweiligen Bauteiles abgestimmt werden!</i>	<input type="radio"/> <sub>1</sub> <input type="radio"/> <sub>1</sub> <input type="radio"/> <sub>1</sub> <input type="radio"/> <sub>1</sub> <input type="radio"/> <sub>2</sub> <input type="radio"/> <sub>1</sub> <input type="radio"/> <sub>2</sub> <input type="radio"/> <sub>2</sub> <input type="radio"/> <sub>2</sub> <input type="radio"/> <sub>3</sub>	Befüll-Einrichtung (Silodecke) Austrag-Einrichtung (Siloboden) Füllstandsüberwachung Hauptzugang auf Ebene Siloboden Einfahröffnungen in der Silodecke Öffnungen zur Druckentlastung Öffnungen für mechanische Fließhilfen Revisions-(bzw. Stocher-) Öffnungen in der Silowand (siehe I Ziffer 1) Öffnungen für mechanische Notentnahme Zugang Service- bzw. Feuerungsraum
8. Podeste vor den seitlichen Zugängen	_____m <sup>2</sup>	a/b = _____/_____ m / m
9. Aufstiege zu Podesten und das Silodach	<input type="radio"/> erledigt	Gesamtlänge: _____m
10. Sicherungen an Podesten und am Silodach gegen Absturz nach Außen	<input type="radio"/> erledigt	Geländer-Höhe: min. 1,10 m
11. Sicherungen gegen Absturz in das Siloinnere	<input type="radio"/> erledigt	z. B. senkrechte Stäbe, Durchlassbreite < 0,2 m
12. Sicherungen gegen Ausfließen des Späne-Gutes	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	wenn nein, dann Begründung:

Kriterium / Fragestellung		Bemerkung / Ergänzung
<b>D) Befülleinrichtung</b>		
1. Befüllsystem  <i>Anmerkungen:</i> zu 1: System wird nicht empfohlen, da hier zusätzliche Einbauten (z. B. Prallbleche, etc.) im Siloinneren erforderlich sind zu 2: System wird nicht empfohlen, da hier zusätzliche Einbauten (z. B. Prallbleche, etc.) im Siloinneren erforderlich sind und in der Praxis Funktionsprobleme bekannt geworden sind	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <sub>1</sub> <input type="radio"/> <sub>2</sub> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Direkt-Einblasung über Silodecke  Direkt-Einblasung über Silowand  Ringleitungssystem ohne Abscheider  Ringleitungssystem mit Abscheider und Zellenradschleuse  Mechanische Zuführung über Silodecke mittels Elevator (o. ä.), Schnecke, Zellenradschleuse
2. Art und Frequenz der Befüllung	<input type="radio"/>  <input type="radio"/>	kontinuierlich, d. h. parallel zum Betrieb der Holzstaub-Absauganlage  diskontinuierlich, d. h. zeitverschoben und mit Unterbrechungen gegenüber dem Absaugbetrieb
3. Erforderliche Maximal-Befüll-Menge	----	m <sup>3</sup> Schüttgut stündlich
4. Maßnahmen zur Verhinderung von Überdruck / Unterdruck durch die Befüllung	<input type="radio"/>  <input type="radio"/>	Filternder Abscheider im Bereich Silodecke  Ventil im Bereich oberhalb des maximalen Füllstandes
<b>E) Austrageinrichtung</b>		
1. Austragsystem  <i>Anmerkungen:</i> zu 1: System wird nicht empfohlen, da in der Praxis Funktionsprobleme bekannt geworden sind. zu 2: System nur für sehr spezifische Anwendungsfälle anwendbar.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <sub>1</sub> <input type="radio"/> <sub>2</sub>	Horizontalschnecke (runde Silos)  Schubbodenaustragung (eckige Silos)  Pendelschnecke (runde Silos)  Raumaustragung
2. Erforderliche Maximal-Austragsleistung	----	m <sup>3</sup> /h
3. Anzahl der erforderlichen Ausfallstutzen	----	<i>Empfehlung: 1. Stutzen für Regelentnahme (z. B. Feuerung), 2. Stutzen zur Entnahme in besonderen Fällen</i>
4. Variable Austragsgeschwindigkeit vorsehen?	<input type="radio"/> <sub>ja</sub> <input type="radio"/> <sub>nein</sub>	
5. Eignung für Zone 20 / 21 vorgesehen?	<input type="radio"/> erledigt	<i>Festlegung der Zone im Explosionsschutz-Dokument</i>
<b>F) Kontrolle von Füllstand und Füllgutverteilung</b>		
1. Überwachungs- / Kontrollsystem  <i>Anmerkungen zu 1:</i> Reine Vollmelder geben keine Auskunft über das aktuelle Füllniveau und bieten damit auch keine Vorwarnung. Sie zeigen nur den Zustand „Silo voll“ an. Mit Schaltfunktion können sie zusätzlich die Befüll- und Austrag-Einrichtung abschalten.	<input type="radio"/> <sub>1</sub> <input type="radio"/> <sub>1</sub> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Vollmelder ohne Schaltfunktion  Vollmelder mit Schaltfunktion  Elektromechanisches Lotsystem  Radarmesser
2. Eignung für Zone 20 / 21 vorgesehen?	<input type="radio"/> erledigt	<i>Festlegung der Zone im Explosionsschutz-Dokument</i>



Kriterium / Fragestellung		Bemerkung / Ergänzung
<p>2. Geplante Maßnahmen zur Beseitigung von Fließstörungen z. B. Späne-Brücken, Rattenlochbildung, Anbackungen</p> <p><i>Anmerkung:</i> <i>zu 1: Der Dienstleistungsbetrieb stellt die notwendigen Geräte und das qualifizierte Personal. Sämtliche baulichen und organisatorischen Voraussetzungen für den gefahrungsfreien und effizienten Einsatz sind mit dem Dienstleistungsbetrieb vor Baubeginn abgesprochen!</i> <i>zu 2: Mechanische Vorkehrungen und Methoden sind der händischen Manipulation wegen der damit verbundenen Risiken auch bei Silogrundflächen &lt; 45 m<sup>2</sup> eindeutig vorzuziehen! Praktische Erfahrungen haben außerdem gezeigt, dass „Stochern“ von Hand bei größeren Schichtdicken und/oder größeren Siloquerschnitten nicht funktioniert!</i></p>	<p><input type="radio"/><sub>1</sub></p> <p><input type="radio"/><sub>2</sub></p>	<p>Vertragliche Absprache mit einem auf Siloreinigung spezialisierten Dienstleister mit Verzicht auf Vorhaltung eigener Geräte</p> <p>Revisionsöffnungen zur händischen Manipulation (z. B. Stochern) mit zusätzlichen Entnahmetüren im Bodenbereich (Achtung: nach DIN EN 12779 nur bis zu einer Silogrundfläche von max. 45 m<sup>2</sup> zulässig! Siehe hierzu Abschnitt 7.2 dieser DGUV Information)</p>
<b>II) Maßnahmen bei Ausfall der Austragung</b>		
<p>1. Geplante Maßnahmen zur Notentnahme bei Ausfall der Austragung (z. B. Schneckenbruch)</p> <p><i>Anmerkungen:</i> <i>zu 1: Der Dienstleistungsbetrieb bringt die notwendigen Geräte und das qualifizierte Personal zur Einsatzstelle mit. Sämtliche baulichen und organisatorischen Voraussetzungen für den gefahrungsfreien und effizienten Einsatz sind mit dem Dienstleistungsbetrieb vor Baubeginn abgesprochen!</i> <i>zu 2.: Der Betrieb installiert und betreibt die für die Absaugung erforderlichen Anlagen in Eigenregie. Er hält Siloeinfahrgeräte, Personenaufnahmemittel und Schutzausrüstungen in ausreichender Zahl und Ausführung vor. Er organisiert den Späne-Abtransport selbst. Diese Voraussetzungen kann i. d. R. nur ein gut organisierter, größerer Betrieb mit einschlägigen Erfahrungen, mehreren Siloanlagen und eigener Werksfeuerwehr leisten.</i> <i>zu 3: Mechanische Vorkehrungen und Methoden sind der händischen Manipulation wegen der damit verbundenen Risiken auch bei Silogrundflächen &lt; 45 m<sup>2</sup> eindeutig vorzuziehen! Praktische Erfahrungen haben außerdem gezeigt, dass „Stochern“ von Hand bei größeren Schichtdicken und/oder größeren Silodurchmessern nicht funktioniert!</i></p>	<p><input type="radio"/><sub>1</sub></p> <p><input type="radio"/><sub>1</sub></p> <p><input type="radio"/><sub>2</sub></p> <p><input type="radio"/><sub>3</sub></p>	<p>Vertragliche Absprache mit einem auf Notentnahme mit mobilen Austrageinrichtungen spezialisierten Dienstleistungsbetrieb mit Verzicht auf Vorhaltung eigener Geräte</p> <p>Vertragliche Absprache mit einem auf Siloentleerung spezialisierten Dienstleistungsbetrieb mit Verzicht auf Vorhaltung eigener Geräte zum Einfahren in das Silo von oben (z. B. Siloeinfahreinrichtung mit Siloeinfahrhose) (Achtung: Einfahren nach DIN EN12779 bei neuen Silos nicht zulässig!)</p> <p>Absaugung des Siloinhaltes mit eigener (vorinstallierter) Holzstaubabsauganlage. Die für das Einfahren von oben erforderlichen Geräte (z. B. Siloeinfahreinrichtung und Siloeinfahrhose) sind vorhanden (Achtung: nach DIN EN 12779 bei neuen Silos nicht zulässig!)</p> <p>Revisionsöffnungen zur händischen Manipulation (z. B. Stochern) mit zusätzlichen Entnahmetüren im Bodenbereich (Achtung: nach DIN EN 12779 bei neuen Silos nur bis zu einer Silogrundfläche von max. 45 m<sup>2</sup> zulässig! Siehe hierzu Abschnitt 7.2 dieser DGUV Information)</p>
<p>2. Verriegelung der Zugangstür im Bodenbereich mit dem Antrieb der Austragung und Auslösung der Sicherheitsschaltkette</p>	<p><input type="radio"/> erledigt</p>	<p>Beim Öffnen der Zugangstür wird folgende Sicherheitsschaltkette ausgelöst:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stillsetzen des Antriebes der Austragung</li> <li>2. Unterbrechung der Späne-Zufuhr über die Beschickungseinrichtung</li> <li>3. Stillsetzen, Entspannen und Abriegelung der Energiezufuhr für evtl. vorhandene Auflockerungseinrichtungen</li> </ol>

Kriterium / Fragestellung		Bemerkung / Ergänzung
<b>III) Maßnahmen bei Überfüllung des Späne-Lagerbereiches und zur Notentnahme bei Bränden und Schüttgut-Erwärmungen</b>		
<p>1. Vorgesehene Maßnahme zur Notentleerung bei Überfüllung, Bränden oder Erwärmung des Füllgutes</p> <p><i>Anmerkung:</i>  <i>zu 1: Der 2. Stutzen ist erforderlich, wenn für den Regelbetrieb eine feste Verbindung zu einer Holzfeuerungsanlage installiert ist. Ein Umbau dieses Anschlusses ist häufig wegen der extremen Erwärmung im Brandfall nicht möglich!</i>  <i>zu 2: Mechanische Vorkehrungen und Methoden sind der händischen Entnahme auch bei Silogrundflächen &lt; 45 m<sup>2</sup> wegen der damit verbundenen Risiken eindeutig vorzuziehen!</i></p>	<input type="radio"/> <sub>1</sub>  <input type="radio"/> <sub>1</sub>  <input type="radio"/> <sub>2</sub>	<p>Austrageeinrichtung mit 2. (Zusatz-) Entnahmestutzen und zusätzlichem Förderer zur Übergabe ins Freie mit Anschluss für einen mobilen Späne-Entsorger</p> <p>Austrageeinrichtung mit 2. (Zusatz-) Entnahmestutzen und zusätzlichem Förderer zur Übergabe an zusätzlich vorhandene Siloanlagen</p> <p>Entnahmeöffnungen im Bodenbereich nach DIN EN 12779 mit Absaugung des Materials von außerhalb des Späne-Lagererraumes (Achtung: nach DIN EN 12779 bei neuen Silos nur bis zu einer Silo-grundfläche von max. 45 m<sup>2</sup> zulässig! Siehe hierzu Abschnitt 7.2 dieser DGUV Information).</p>
<p>2. Absprache der baulichen und anlagentechnische Notwendigkeiten zur Notentleerung im Brandfall und der organisatorischen Vorgehensweise für diesen Fall mit der örtlichen Feuerwehr</p>	<input type="radio"/> erledigt	
<b>I) Dokumentationen, Unterlagen, Prüf-, Wartung- und Serviceverträge</b>		
<p>1. Bauantrag, Baugenehmigung</p>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> erledigt	<p>Antrag an die Genehmigungsbehörde</p> <p>Geprüfte Statik für das Silogebäude</p> <p>Brandschutznachweis</p> <p>Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz, soweit erforderlich</p> <p>Lärmgutachten, soweit erforderlich</p> <p>Baugenehmigung liegt vor!</p>
<p>2. Explosionsschutz-Dokument</p>	<input type="radio"/> erledigt	<p><i>Liegt nach § 6 GefStoffV in der Verantwortung der Betreiberfirma und beinhaltet auch die Zonenbewertung nach Anhang 1 Nr. 1 GefStoffV</i>  <i>Siehe auch DGUV Information 209-045 (bisher BGI 739-2)</i></p>
<p>3. Gefährdungsbeurteilung für das Vorgehen beim Auftreten von Störungen einschließlich Konzept zur Störungsbeseitigung</p>	<input type="radio"/> erledigt	<p><i>Liegt nach § 3 BetrSichV in der Verantwortung der Betreiberfirma und beinhaltet auch die Vorgabe für die Prüfintervalle und die Anforderungen an die Person des Prüfers nach §§ 15, 16, 17 und Anhang 2 Abschnitt 3 BetrSichV</i></p>
<p>4. Konformitätserklärungen für alle Bauteile / Komponenten einschließlich der Nachweise für die Zonen-Eignung</p> <p><i>Anmerkung:</i>  <i>Die Auslieferung dieser Nachweise sollte bereits im Kaufvertrag mit den beteiligten Herstellfirmen fest vereinbart werden.</i></p>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<p>Pneumatische oder mechanische Befüll-Anlage</p> <p>Austrageeinrichtung einschließlich Transportanlage zur Feuerung</p> <p>Auflockerungseinrichtungen (z. B. Druckluftkanonen)</p> <p>Füllstands-Überwachung</p> <p>Druckentlastungseinrichtung</p> <p>Nachweis der Flammenreichweite (durch Siloherstellfirma)</p> <p>Silo-Löscheinrichtung bzw. Inertisierungs-Anlage (mit Nachweis der VdS-Eignung)</p>

Kriterium / Fragestellung		Bemerkung / Ergänzung
	<input type="radio"/>	Bauteile von pneumatischen und/oder mechanischen Fördereinrichtungen (z. B. Zellenradschleusen, Ventilatoren, Rückschlagklappen, etc.)
5. Betriebsanleitungen für alle Bauteile / Komponenten	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Pneumatische oder mechanische Befüll-Anlage  Austrag-Einrichtung einschließlich Transportanlage zur Feuerung  Auflockerungs-Einrichtungen (z. B. Druckluftkanonen)  Füllstands-Überwachung  Silo-Löscheinrichtung bzw. Inertisierungs-Anlage  Bauteile von pneumatischen und/oder mechanischen Fördereinrichtungen (z. B. Zellenradschleusen, Ventilatoren, Rückschlagklappen, etc.)  Pneumatische oder mechanische Befüll-Anlage
6. Protokoll der Prüfung vor Inbetriebnahme	<input type="radio"/> erledigt	<i>Liegt nach § 17 BetrSichV in der Verantwortung der Betreiberfirma (siehe auch DGUV Information 209-045)</i>
7. Wartungsverträge zur Aufrechterhaltung des ordnungsgemäßen, störungsfreien Betriebszustandes	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Befüll-Einrichtung  Austrag-Einrichtung  Auflockerungs-Einrichtung  Füllstands-Überwachung  Druckentlastungs-Einrichtung  Silo-Löscheinrichtung bzw. Inertisierungs-Anlage  Sonstige Bauteile von pneumatischen und/oder mechanischen Fördereinrichtungen (z. B. Zellenradschleusen, Ventilatoren, Rückschlagklappen, etc.)
8. Serviceverträge zur Umsetzung der im Störungskonzept vorgesehenen Maßnahmen	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Mobile Austrageinrichtung (Notentnahme)  Silo-Reinigung bei Fließstörungen  Inertgas-Lieferung  Siloeinfahreinrichtung und Einfahren zur Störungsbeseitigung (Achtung: nach DIN EN 12779 bei neuen Silos nicht zulässig!)  Späne-Entsorgung bzw. -Verkauf

# Anhang 8

## Anforderungen an die Beschickungseinrichtungen an Holzspäne- und Holzstaubfeuerungen (Originaltext ehem. ZH1 / 472)

### Vorbemerkung

Erfahrungsgemäß kann es beim Verfeuern von Holzspänen und Holzstaub zu Verpuffungen kommen; beispielsweise

- wenn Holzstaub/Luft-Gemische gezündet werden,
- wenn Schwelgas/Luft-Gemische gezündet werden,
- oder wenn in der Brennkammer vorhandenen Schwelgasen Luft zugeführt wird.

Kennzeichen einer Verpuffung sind Flammenrückschläge und Drucksteigerungen.

Diese Richtlinie führt Maßnahmen an, durch die gefährliche Auswirkungen und Folgen von Verpuffungen verhindert werden, z. B. auch das Entstehen eines Brandes im Aufstellungsraum, in der Späne-Förderleitung, im Späne-Lageraum usw.

### 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinien finden Anwendung auf Beschickungseinrichtungen an Feuerungsanlagen, in denen Holzstücke, Holzspäne, Holzstaub und ähnlich verbrennende Stoffe verfeuert werden, ausgenommen Feuerungsanlagen, deren Nennwärmeleistung weniger als 80 000 kJ/h beträgt.

Diese Richtlinien finden keine Anwendung auf derartige Einrichtungen an Feuerungsanlagen, die den "Sicherheitstechnischen Richtlinien für Holzspäne- und Holzstaubfeuerungen an Dampfkesseln (SR-Holz)" unterliegen.

### 2 Begriffsbestimmungen

#### 2.1 Beschickungseinrichtung

Die Beschickungseinrichtung ist eine Vorrichtung, durch die der Brennstoff in die Brennkammer eingebracht wird.

#### 2.2 Brennkammer

Die Brennkammer ist der Raum der Feuerungsanlage, in dem die Verbrennung stattfindet.

#### 2.3 Primärluft, Sekundärluft

Primärluft dient der Vergasung des Brennstoffes und wird dem Brennraum in der Regel unterhalb der Feuerungsroste zugeführt.

Sekundärluft dient der vollständigen Verbrennung des vergasteten Brennstoffes und wird in der Regel der Flamme zugeführt.

#### 2.4 Holzspäne

Holzspäne sind kleine Holzteilchen mit einer Korngröße von 0,5 mm und größer.

#### 2.5 Holzstaub

Holzstaub sind kleinste Holzteilchen mit einer Korngröße kleiner als 0,5 mm.

#### 2.6 Ähnlich verbrennende Stoffe

Ähnlich verbrennende Stoffe sind z. B. Schäben, Lohe, Lederabfälle, Lederstaub, Tabakrippen, Tabakstaub. Auch kann es sich um Abfälle aus der Spanplatten-, Sperrholz-, Pressholzherstellung usw. handeln. Für ähnlich verbrennende Stoffe gelten die unter Abschnitt 2.4 und 2.5 angegebenen Korngrößen.

#### 2.7 Holzspäne, Holzstaub und ähnlich verbrennende Stoffe

werden im nachfolgenden vereinfacht als Späne und Staub bezeichnet.

#### 2.8 S Staub/Späne-Gemenge

Ein Gemenge von Spänen und Staub liegt vor, wenn sie in beliebigem Verhältnis miteinander vermischt sind.

#### 2.9 Staub/Luft-Gemisch

Ein Staub/Luft-Gemisch liegt vor, wenn Staub in Luft verwirbelt ist.

#### 2.10 Flammenrückschlag

Ein Flammenrückschlag ist das Zurückschlagen von Flammen aus der Brennkammer in die Beschickungseinrichtung oder in den Aufstellungsraum der Feuerungsanlage.

#### 2.11 Verpuffung

Eine Verpuffung ist eine beschleunigt ablaufende Verbrennung unter Drucksteigerung.

### 3 Allgemeine Anforderungen

Beschickungseinrichtungen an Späne- und Staubfeuerungen müssen nach den Bestimmungen dieser Richtlinie und im Übrigen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet und betrieben werden.

Abweichungen sind zulässig, wenn die gleiche Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist.

## 4 Bau und Ausrüstung

### 4.1 Geeignete Beschickungseinrichtungen

Brennkammern müssen mit geeigneten Beschickungseinrichtungen ausgerüstet sein, die Flammenrückschläge und Brandgefahren als Folge von Verpuffungen verhindern.

Geeignete Beschickungseinrichtungen sind:

- Doppelverschluss
- Fächerrad

bei Bedienung der Brennkammer von vorne

- unterdruckgesteuerte Beschickungstür

bei mechanischer Beschickung mit Staub, Spänen oder deren Gemenge

- Einblaseeinrichtung

### 4.2 Einrichtungen für das Beschicken mit Spänen von Hand

#### 4.2.1 Doppelverschluss

4.2.1.1 Der äußere Verschluss muss gegenüber dem inneren Verschluss so verriegelt sein, dass der eine erst geöffnet werden kann, wenn der andere geschlossen ist.

4.2.1.2 Die Verschlüsse müssen bei der betriebsmäßig zu erwartenden thermischen Beanspruchung gegen Flammenrückschläge und den Durchtritt von Spänen dicht sein.

4.2.1.3 Die Beschickungseinrichtung muss so gestaltet sein, dass sie sich beim Beschickungsvorgang vollständig entleert.

4.2.1.4 Es muss eine gefahrlose Kontrolle des Abbrandes und des Füllstandes des in der Brennkammer befindlichen Brennstoffes möglich sein.

4.2.1.5 Die Ausführung des Doppelverschlusses muss eine Wartung der Brennkammer sowie der Beschickungseinrichtung ermöglichen.

#### 4.2.2 Fächerrad

4.2.2.1 Über dem Fächerrad muss ein Füllschacht angeordnet und so bemessen sein, dass die durch den Brennstoff gebildete Sperrschicht ständig in einer Stärke von mindestens 1 m gehalten werden kann.

4.2.2.2 Es ist ein Füllstandsanzeiger anzubringen, der den Füllstand im Füllschacht bei Unterschreiten der Mindeststärke der Sperrschicht deutlich anzeigt.

4.2.2.3 Der Füllschacht muss am oberen Ende eine dicht schließende Absperrvorrichtung haben.

#### 4.2.3 Unterdruckgesteuerte Beschickungstür

4.2.3.1 Die Beschickungstür muss so verriegelt sein, dass sie sich nur bei einem Unterdruck von mindestens 0,3 mbar in der Brennkammer öffnen lässt; dabei muss ein ständiger Zutritt von Sekundärluft gewährleistet sein.

4.2.3.2 Der den Unterdruck erzeugende Ventilator muss so gesteuert sein, dass er bei geöffneter Beschickungstür nicht abzuschalten ist.

4.2.3.3 Die Verriegelung der Beschickungstür muss über einen Unterdruckschalter, der in der Regel am Ventilator hinter der Brennkammer bzw. hinter dem Wärmeaustauscher angebracht ist, gesteuert werden.

4.2.3.4 Zwischen der Brennkammer und der Messstelle für den Unterdruck darf keine Absperrung oder Drosselung der Rauchzüge möglich sein.

4.2.3.5 Bei Stromausfall oder bei Störungen am Unterdruckschalter muss die Beschickungstür verriegelt bleiben.

### 4.3 Einblaseeinrichtungen für das Beschicken mit Staub, Spänen oder deren Gemenge

4.3.1 Das Luftgebläse für die Brennstoffförderung ist so einzurichten, dass es zwangsläufig vor der Zugabe des Brennstoffes anläuft und nach Beendigung der Brennstoffzufuhr noch so lange läuft, bis die Förderleitungen leergeblasen sind.

4.3.2 Das Gebläse ist so zu bemessen, dass ein Zurückbrennen in die Förderleitung nicht möglich ist.

4.3.3 Um Flammenrückschläge zu verhindern, sind in den Förderleitungen Rückschlagklappen anzubringen, deren Stellung von außen erkennbar sein muss.

4.3.4 Gefährliche Auswirkungen von Drucksteigerungen in der Förderleitung müssen durch Druckentlastungseinrichtungen, z. B. Berstscheiben, vermieden werden.

#### **4.4 Einrichtungen für das Beschicken mit festen Brennstoffen in Verbindung mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen**

4.4.1 Bei Feuerungsanlagen mit zusätzlicher Einrichtung zum Verfeuern von flüssigen Brennstoffen sind außerdem die DIN-Normen 4755 und 4787 zu beachten.

4.4.2 Bei Feuerungsanlagen mit zusätzlicher Einrichtung zum Verfeuern von gasförmigen Brennstoffen sind außerdem die DIN-Normen 4756 und 4788 zu beachten.

#### **4.5 Einrichtungen zur Verhinderung gefährlicher Auswirkungen von Drucksteigerungen**

Druckentlastungseinrichtungen müssen so angeordnet und gestaltet sein, dass sich der gesteigerte Druck bei Verpuffungen ausgleichen kann, ohne dass Personen gefährdet werden.

## **5 Betrieb**

### **5.1 Allgemeines**

5.1.1 Von Hand dürfen Holzspäne und -stücke nur über den Doppelverschluss, die unterdruckgesteuerte Beschickungstür oder das Fächerrad in die Brennkammer eingeführt werden.

5.1.2 Holzstaub darf nur eingeblasen werden.

5.1.3 Bei Brennstoffzufuhr muss der volle Durchgangsquerschnitt für den Abzug der Rauchgase in den Kamin freigegeben sein.

5.1.4 Die Betriebsanleitung des Herstellers ist zu beachten.

### **5.2 Fächerrad mit Füllschacht**

Der Füllschacht über dem Fächerrad muss mindestens 1m hoch gefüllt sein; anderenfalls ist er abzusperren.

### **5.3 Kombinierte Feuerungsanlagen für wechselweises Verfeuern fester und flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe**

Beim Wechsel von flüssigen oder gasförmigen auf feste Brennstoffe ist darauf zu achten, dass die Brennkammer abgekühlt ist oder dass der feste Brennstoff unmittelbar nach dem Einfüllen angezündet wird.



Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)