

Mustermann AG
Musterstraße 9
01234 Musterhausen

**Muster-Gefährdungsbeurteilung für Explosionsgefahren durch brennbare Stoffe
für einen horizontalen Zwangsmischer mit normal zündempfindlichen Stäuben
in der Nahrungsmittelindustrie**

Bearbeiter:

Datum:

geprüft und freigegeben

erstellt

Inhalt

1	Veranlassung	3
2	Grundlagen	3
3	Kurzbeschreibung der Anlage	3
4	Explosionstechnische Beurteilung der vorhandenen Stoffe	4
5	Explosionsgefährdete Bereiche und Zoneneinteilung	5
6	Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung und Festlegung von Schutzmaßnahmen.....	6
7	Zusammenfassung.....	8
Anhang 1 Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen.....		10

1 Veranlassung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Staubexplosionsrisiko an Mischern mit bewegten Werkzeugen zur Erstellung und Abgrenzung möglicher Explosionsschutzkonzepte“ gilt es, die Staubexplosionsrisiken in Mischern systematisch zu untersuchen. Ziel ist es dabei, Muster-Gefährdungsbeurteilungen für verschiedene Mischer in unterschiedlichen Branchen mit divergierenden Betriebsparametern zu erarbeiten, um Herstellern sowie Betreibern von Mischern die Erstellung von geräte- sowie betriebsspezifischen Risiko- und Gefährdungsbeurteilungen zu erleichtern.

In der vorliegenden Muster-Gefährdungsbeurteilung wird beispielhaft das Staubexplosionsrisiko beim Betrieb eines horizontalen Zwangsmischer mit organischen Schüttgütern in der Nahrungsmittelindustrie betrachtet. Über die dargelegte Gefährdungsbeurteilung werden Maßnahmen aufgezeigt, die einen sicheren Betrieb mit normal zündempfindlichen Stäuben gewährleisten.

2 Grundlagen

Grundlage für diese Muster-Gefährdungsbeurteilung bilden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen und Informationen:

- Sicherheitsdatenblatt für Zucker
- Sicherheitsdatenblatt für Dextrose
- Betriebsanleitung Mischer Typ NahInd

3 Kurzbeschreibung der Anlage

Bei der zu betrachtenden Anlage handelt es sich um einen horizontalen Zwangsmischer mit 3 m³ Volumen, der zur Homogenisierung staubexplosionsfähiger Nahrungsmittel in Schüttgutform dient. Die Homogenisierung der Mischgüter erfolgt innerhalb des Mischbehälters durch rotierende, auf einer Welle versetzt angeordnete Mischwerkzeuge, die in Größe, Anzahl, Anordnung, geometrischer Form und Umfangsgeschwindigkeit derart auf die Geometrie des Mischbehälters abgestimmt sind, dass sie das Mischgut in eine dreidimensionale Bewegung zwingen. Der Antrieb der Welle erfolgt über einen außen aufgesetzten Getriebemotor. Zur Vermeidung einer Agglomeration sowie zur Steigerung der Homogenisierungswirkung des Mischprozesses ist der Mischer mit 6 Messerköpfen ausgestattet, die unterhalb der Mischerwelle angeordnet sind.

Das Schüttgut wird in einem vorgeschalteten Behälter vorgelegt und verwogen. Anschließend gelangt die Schüttgutvorlage schwerkraftgestützt über ein kurzes Fallrohr und zwei auf der Oberseite angeordnete Befüllöffnungen in den Mischer. Das Befüllen erfolgt bei einer maximalen Umfangsgeschwindigkeit der Mischwerkzeuge von $< 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ und abgeschalteten Messerköpfen. Der Füllgrad steht hierbei in Abhängigkeit zur Rezeptur und wird über die zentrale Rezeptursteuerung zwischen 30 % und 80 % geregelt. Ist der Befüllvorgang abgeschlossen, werden die Befüllöffnungen durch eine geeignete Absperrarmatur verriegelt, der Antrieb wird auf Nenndrehzahl entsprechend einer Relativgeschwindigkeit der Mischwerkzeuge von $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ geregelt und die Messerköpfe werden zugeschaltet. Nach Ablauf der Mischzeit von maximal 5 Minuten werden die Antriebe der Messerköpfe ausgeschaltet und die Drehzahl des Mixers abgesenkt, so dass sich eine maximale Umfangsgeschwindigkeit der Mischwerkzeuge von $< 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ einstellt. Anschließend erfolgt das Entleeren über eine Entleeröffnung an der Unterseite des Mixers. Für eine bessere Zugänglichkeit zu Reinigungs- und Wartungsarbeiten besitzt der Mischer zwei Revisionsklappen, deren Verschluss über Endlagenschalter mit den Antrieben der Mischwerkswelle und der Messerköpfe verriegelt ist.

4 Explosionstechnische Beurteilung der vorhandenen Stoffe

In der nachstehenden Tabelle 1 sind die sicherheitstechnischen Kennzahlen der verwendeten Schüttgüter aufgeführt.

Tabelle 1: sicherheitstechnische Kennzahlen der verwendeten Rohstoffe

brennbare Stoffe	Explosionsfähigkeit	UEG ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	MZE (mJ)	Zündtemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Glimmtemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Brennzahl
Dextrose	staubexplosionsfähig	30	360	380	450	2
Zucker	staubexplosionsfähig	60	10 ($< 63 \mu\text{m}$) > 100 (Median $350 \mu\text{m}$)	360	420	2

Anhand der beim Prozess verwendeten Rohstoffe wird deutlich, dass diese explosionsfähige Staub/Luft-Gemische bilden können. Es ist ersichtlich, dass die verwendeten Produkte auf-

grund der zur Zündung ihrer explosionsfähigen Staub/Luft-Gemische notwendigen Energien als normal zündempfindlich einzustufen sind ($MZE \geq 10$ mJ). Entzündliche, leicht- oder hochentzündliche Flüssigkeiten werden nicht verwendet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Brenn- und Explosionskenngrößen der hier gehandhabten Schüttgüter keine signifikanten Hinweise auf eine überdurchschnittliche Reaktivität und erhöhte Zündempfindlichkeit geben.

5 Explosionsgefährdete Bereiche und Zoneneinteilung

Explosionsgefährdete Bereiche sind gemäß § 5 BetrSichV abhängig von Häufigkeit und Dauer des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen einzuteilen. Bei den eingesetzten Stoffen können explosionsfähige Staub/Luft-Gemische auftreten, für die folgende Zoneneinteilung gilt:

- **Zone 20** ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Stäuben ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
- **Zone 21** ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Stäuben bilden kann.
- **Zone 22** ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Stäuben normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Dementsprechend lassen sich die explosionsgefährdeten Bereiche der Anlage in folgende Zonen einteilen:

Mischerinneres

Durch die betrieblich bedingte Aufwirbelung von Schüttgütern und die sich beim Mischprozess einstellende inhomogene Staubverteilung ist trotz der gemittelt betrachteten hohen Staubkonzentration im gesamten Mischervolumen partiell von einem Auftreten explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische auszugehen. Diese können dabei örtlich und zeitlich variierend über die gesamte Dauer des Mischvorganges vorliegen. Somit wird das Innere des Mixers in die Zone 20 eingeteilt.

Aufstellungsraum

Aufgrund der während Reinigungs- und Wartungsarbeiten nicht auszuschließenden Staubaustritte über die vorhandenen Revisionsöffnungen kann es zu Staubablagerungen im Aufstellungsbereich des Mixers kommen. Da diese jedoch grundsätzlich gering sind, und unmittelbar nach ihrer Entstehung durch geeignete und im Rahmen von Betriebsanweisungen festgelegte Maßnahmen entfernt werden, entfällt eine Zoneneinteilung in die Zone 22 für den Aufstellungsraum.

Da der Aufstellungsraum einen geschlossenen Boden besitzt, sind Staubverschleppungen in darunter liegende Geschosse ausgeschlossen.

6 Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung und Festlegung von Schutzmaßnahmen

Gemäß Kapitel 5 ist für die Betrachtung möglicher Zündquellen im Inneren des Mixers die Zone 20 zu berücksichtigen. Daher ist für das Innere zu bewerten, ob und inwieweit im Normalbetrieb, bei üblicherweise zu erwartenden Betriebsstörungen und zusätzlich auch bei seltenen Betriebsstörungen wirksame Zündquellen auftreten können und durch welche Schutzmaßnahmen deren Wirksamkeit auf ein tolerierbares Maß reduziert werden kann.

Unter Berücksichtigung der in der DIN EN 1127-1 bzw. in der TRBS 2152 Teil 3 genannten Zündquellenarten, kommen demnach folgende wirksame Zündquellen in den Arbeitsbereichen in Betracht:

- heiße Oberflächen
- mechanisch erzeugte Funken
- elektrische Anlagen
- statische Elektrizität
- Exotherme Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben

Das hierfür zugrunde liegende Explosionsschutzkonzept basiert auf Maßnahmen zur Vermeidung von explosionsfähiger Atmosphäre in Verbindung mit Maßnahmen zur Vermeidung von wirksamen Zündquellen. Die getroffenen Schutzmaßnahmen unterteilen sich dabei in technische und organisatorische Maßnahmen, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Zur Vermeidung des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre im Bereich des Mischeraufstellungsraumes werden mögliche Staubablagerungen umgehend durch Absaugen über einen für den Betrieb in staubexplosionsgefährdeten Bereichen geeigneten mobilen Staubsauger (Kennzeichnung II 3D) beseitigt. Die Einhaltung der Reinigungsmaßnahmen wird im Rahmen eines organisatorisch festgeschriebenen Reinigungsplanes geregelt und protokolliert.

Da die dem Mischer vorgeschalteten Apparate bestimmungsgemäß zur Handhabung der vorliegenden Stäube geeignet sind und keine Verfahrensschritte, die zu gefährlichen Temperaturerhöhungen innerhalb des Schüttgutes führen könnten, vor dem Mischprozess stattfinden, kann ein Eintrag von Glimmnestern in den Mischer ausgeschlossen werden. Im Rahmen der Inbetriebnahme hat sich zudem gezeigt, dass keine nennenswerte Erwärmung des Mischgutes innerhalb der Mischzeit stattfindet.

Die Rohstoffe werden grundsätzlich nach den Qualitätsanforderungen vorgesiebt. Hierfür ist dem Mischer eine Siebanlage vorgeschaltet. Die Maschenweite des Schwingsiebes beträgt 6 mm. Aufgrund der Rohstoffvorsiebung und des Minimalabstandes von 8 mm zwischen bewegten Mischwerkzeugen und dem Mischbehälter, ist ein Eintrag von Fremdkörpern, die zur Zündquelle werden könnten, auszuschließen. Im Inneren des Mixers befinden sich keine Schraubverbindungen, so dass das Lösen und Anschlagen von Schrauben und Muttern ausgeschlossen werden kann.

Das Auftreten zündwirksamer mechanisch erzeugter Funken infolge des Anlaufens oder Anschlagens der Mischwerkzeuge wird durch regelmäßige Wartung und Instandhaltung vermieden. Des Weiteren kommen geeignete Materialpaarungen, wie bspw. Edelstahl-Edelstahl, zum Einsatz, die bei Eintritt von einzelnen Schlägen nicht zur Funkenbildung neigen.

Reibungsbedingte heiße Oberflächen an den Lagern und Wellendurchführungen des Mischwerkzeuges und der Messerköpfe werden durch Temperaturüberwachung vermieden. Zur Vermeidung eines Staubeintrittes sind die Dichtungen luftgespült. Die Luftspülung ist durchflussüberwacht. Die Temperatur- und Durchflussüberwachung sind hartverdrahtet und schalten sämtliche Antriebe bei Überschreitung einer Temperatur von 240 °C respektive bei Unterschreitung des Mindestvolumenstromes von $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ spannungsfrei.

Die im Mischer eingesetzten elektrischen Betriebsmittel weisen eine maximale Oberflächentemperatur von 240 °C auf und sind für den Betrieb in Zone 20 geeignet. Bezüglich der Aus-

wahl und Errichtung der elektrischen Betriebsmittel wurden die Vorgaben der DIN EN 60079-14 beachtet.

Zur Vermeidung von gefährlichen Aufladungen sind sämtliche leit- und ableitfähigen Anlagenteile in den betrieblichen Potenzialausgleich eingebunden und weisen einen Ableitwiderstand von $< 10^6 \Omega$ auf. Isolierende Beschichtungen mit einer Durchschlagsspannung $> 4 \text{ kV}$ werden nicht verwendet. Die infolge des Mischguthandlings zu erwartenden Büschelentladungen sind für Stäube nicht zündwirksam.

Zur Vermeidung eines Lager- oder Dichtungsschadens erfolgen eine Verschleißprüfung sowie die Wartung des Mixers entsprechend den Herstellervorgaben in Intervallen von höchstens 8 Wochen je nach Anlagenauslastung. Hierbei werden die Lagerschmierung sowie der Mindestabstand zwischen dem Mischbehälter und den einzelnen Mischwerkzeugen kontrolliert.

Halbjährlich werden die Funktionsfähigkeit und das Ansprechverhalten der MSR-Einrichtungen mit Sicherheitsfunktion, wie die Temperaturüberwachung, die Verriegelung der Revisionsklappe sowie die Spülluftüberwachung, geprüft. Festgeschrieben und protokolliert werden die Wartungen im Rahmen des betriebseigenen Wartungsplans.

Nach dem Austausch einer Dichtung wird der Mischer grundsätzlich zunächst ohne Mischgut betrieben und die Temperaturentwicklung im Bereich der neuen Dichtung sowie die technische Dichtheit des Mixers hinsichtlich der normalen Betriebsparameter überprüft.

Zur Verhinderung von wirksamen Zündquellen ist für die Durchführung von Heißenarbeiten, wie bspw. der Einsatz von Winkelschleifern oder Schweißgeräten, eine schriftliche Arbeitsfreigabe erforderlich. Heißenarbeiten werden im Bereich des Mixers grundsätzlich erst nach Beseitigung sämtlicher Staubablagerungen und nur mit einer Brandsicherheitswache durchgeführt. Die organisatorische Regelung zur Durchführung von Heißenarbeiten ist in einer Betriebsanweisung dargelegt.

Eine tabellarische Zusammenfassung der Gefährdungsanalyse und der entsprechend angewandten technischen sowie organisatorischen Schutzmaßnahmen ist im Anhang 1 in Tabelle 2 aufgeführt.

7 Zusammenfassung

Das auf Basis der vorliegenden Gefährdungsbeurteilung umgesetzte Explosionsschutzkonzept ist im betrieblichen Explosionsschutzdokument nach § 6 BetrSichV beschrieben.

Die Prüfung vor Inbetriebnahme nach § 14 (1) sowie Anhang 4 A Nr. 3.8 BetrSichV wurde durch eine befähigte Person mit besonderer Kenntnis auf dem Gebiet des Explosionsschutzes gemäß TRBS 1203 nach den Vorgaben der TRBS 1201 mit dem Teil 1 durchgeführt.

Die Wirksamkeit der Explosionsschutzmaßnahmen wird im Rahmen der ermittelten Prüffrist von 3 Jahren durch eine befähigte Person gemäß TRBS 1203 nach den Vorgaben der TRBS 1201 mit dem Teil 1 überprüft. Die Prüfergebnisse werden in Form von Prüfaufzeichnungen dokumentiert.

Musterhausen, den

Bearbeiter

Anhang 1 Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen

Tabelle 2: Zündgefahren und Schutzmaßnahmen

Zündgefahr			Bewertung der Häufigkeit des Auftretens ohne Einleitung einer zusätzlichen Maßnahme				Gründe für die Bewertung	Eingeleitete Maßnahmen zur Verhinderung des Wirksamwerdens der Zündquelle	Häufigkeit des Auftretens einschließlich der eingeleiteten Maßnahmen				
Nr.	Potentielle Zündquelle	Primäre Ursache	Im Normalbetrieb	Bei zu erwartender Störung	Bei seltener Störung	Nicht zu berücksichtigen			Im Normalbetrieb	Bei zu erwartender Störung	Bei seltener Störung	Nicht zu berücksichtigen	Notwendige Einschränkungen
1.	Heiße Oberfläche	Lagerschaden			x		Infolge von seltenen Störungen, wie vorzeitiger Verschleiß oder Materialfehlern, kann ein Lagerschaden auftreten. Daraus können unzulässig hohe Temperaturen am Lager resultieren, was infolge von Wärmeleitung auch im Mischerinneren zu gefährlichen Zuständen führen kann.	Unzulässige Lagererwärmungen werden über je eine Temperaturüberwachung an den Wellendurchführungen der Mischerwelle und den Messerköpfen erfasst und direkt durch Hart-Verdrahtung zur Abschaltung der Antriebe geführt. Regelmäßige Wartung und Verschleißprüfung entsprechend den Herstellerangaben.				x	T _s ≤240°C
2.	Heiße Oberflächen, mechanisch erzeugte Funken	Erwärmung oder Funkengarben durch Reibung zwischen den Mischwerkzeugen und dem Mischbehälter		x			Unzulässige Erwärmung oder Funkengarben hervorgerufen durch schleifende Fremdkörper oder Mischwerkzeuge infolge von Fremdkörpereintrag oder Lagerschäden.	Regelmäßige Wartung und Verschleißprüfung sowie Kontrolle des Mindestabstandes zwischen Mischwerk und Mischbehälter sowie Vermeidung des Fremdkörpereintrages durch Rohstoffsiebung. Keine Schraubverbindungen im Inneren.			x	-	T _s ≤240°C

Zündgefahr			Bewertung der Häufigkeit des Auftretens ohne Einleitung einer zusätzlichen Maßnahme					Eingeleitete Maßnahmen zur Verhinderung des Wirksamwerdens der Zündquelle	Häufigkeit des Auftretens einschließlich der eingeleiteten Maßnahmen				
Nr.	Potentielle Zündquelle	Primäre Ursache	Im Normalbetrieb	Bei zu erwartender Störung	Bei seltener Störung	Nicht zu berücksichtigen	Gründe für die Bewertung	Beschreibung der eingeleiteten Maßnahmen	Im Normalbetrieb	Bei zu erwartender Störung	Bei seltener Störung	Nicht zu berücksichtigen	Notwendige Einschränkungen
3.	Heiße Oberflächen	Erwärmung an den Wellenabdichtungen		x			Unzulässige Erwärmung hervorgerufen durch Staubeintritt oder schadhafte bzw. falsch montierte Dichtungen.	Erfassung von unzulässiger Erwärmung an Dichtungen durch Temperaturüberwachung an den Wellendurchführungen. Überwachte Luftspülung an den Dichtungen zur Vermeidung eines Staubeintrittes. Kontrolle der Temperaturentwicklung an der Dichtung nach Austausch oder Wartung.				x	T _s ≤240°C
4.	Heiße Oberfläche	Überlastung von Betriebsmitteln mit Kontakt zu Zone 20				x	Auswahl und Errichtung ausschließlich für den Betrieb in Zone 20 geeigneter Betriebsmittel. Installation von elektrischen Betriebsmittel nach DIN EN 60079-14.	Keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.				x	T _s ≤240°C
5.	Heißarbeiten, Instandsetzung	Durchführung von Heißarbeiten oder Instandsetzungen				x	Die Durchführung von Heißarbeiten bedarf der schriftlichen Arbeitsfreigabe sowie der Stellung einer Brandsicherheitswache. Abgelagerte Stäube werden vor Beginn der Heißarbeiten saugend entfernt.	Keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.				x	-
6.	Elektrostatische Entladungen	Isolierte elektrisch leitende Anlagenteile	x				Isoliert gelagerte leitfähige Anlagenteile können gefährlich hoch aufgeladen werden. Funkenentladungen sind nicht auszuschließen.	Einrichtung von Potenzialausgleichs- und Erdungsmaßnahmen sowie Einbindung aller leitfähigen Anlagenteile.				x	-

Zündgefahr			Bewertung der Häufigkeit des Auftretens ohne Einleitung einer zusätzlichen Maßnahme					Eingeleitete Maßnahmen zur Verhinderung des Wirksamwerdens der Zündquelle	Häufigkeit des Auftretens einschließlich der eingeleiteten Maßnahmen				
Nr.	Potentielle Zündquelle	Primäre Ursache	Im Normalbetrieb	Bei zu erwartender Störung	Bei seltener Störung	Nicht zu berücksichtigen	Gründe für die Bewertung	Beschreibung der eingeleiteten Maßnahmen	Im Normalbetrieb	Bei zu erwartender Störung	Bei seltener Störung	Nicht zu berücksichtigen	Notwendige Einschränkungen
7.	Elektrostatische Entladungen	Nicht leitfähige Anlagenteile, isolierende Beschichtungen				x	Nicht leitfähige oder mit isolierenden Beschichtungen versehene leitfähige Anlagenteile werden nicht verwendet. Zündwirksame Gleitstielbüschelentladungen können daher nicht auftreten.	Keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.				x	-
8.	Exotherme Reaktionen, Selbstentzündung	Unzulässig hohe Erwärmung des Schüttgutes			x		Keine vorgeschalteten Prozesse, die zu gefährlichen Temperaturerhöhungen des Schüttgutes führen könnten.	Maßnahmen zur Vermeidung unzulässiger Erwärmungen gemäß Punkt 1., 2., 3. und 4.				x	T _s ≤240°C