



## **Erläuterungen zur Datenbank zum Staubbildungsverhalten von Einzelfuttermitteln, Zusatzstoffen und Futtermischungen**

<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Explosionsgefährdungen durch Getreide- und Futtermittelmischstäube... 2</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Kennzeichnung von stofflichen Eigenschaften und des Staubbildungsverhaltens von Stoffen der Getreide- und Futtermittelwirtschaft .....</b>	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>Physikalische Stoffeigenschaften und Stoffkenngrößen .....</b>	<b>4</b>
4.1	Partikelgrößenverteilung .....	4
4.2	Schüttdichte .....	4
4.3	Rütteldichte .....	4
4.4	Feuchtigkeit .....	5
4.5	Staubbildungsverhalten .....	5
4.5.1	Staubbildungsverhalten in Fallapparaturen .....	5
4.5.2	Staubbildungsverhalten in Rotationstrommeln .....	7
<b>5.</b>	<b>Grenzen der Anwendbarkeit.....</b>	<b>8</b>
<b>6.</b>	<b>Nutzung und Haftung .....</b>	<b>9</b>

## **1. Einleitung**

Während der Verarbeitungsprozesse von Getreide und Getreideprodukten fällt in den einzelnen Prozessstufen sowie beim Umschlag der Stoffe unweigerlich Staub an, der aus Anhaftungen von feinen Partikeln an Getreidekörnern sowie als Abrieb bei Umschlagprozessen und produktionsbedingt aus Getreide- oder Futtermehl freigesetzt wird.

Getreide- und Futtermittelmischstäube sind brennbar und können bei Dispergierung in Luft explosionsfähige Staub-Luft-Gemische bilden. Explosionsereignisse können schwerwiegende Konsequenzen haben. Der vorbeugende Staubexplosionsschutz stellt damit für die Unternehmen der Getreide- und Futtermittelwirtschaft eine elementare Voraussetzung für den sicheren Betrieb von Umschlags- und Verarbeitungsanlagen und den Arbeitnehmerschutz dar.

Stäube sind definitionsgemäß Feststoffpartikel mit Partikelgrößen  $< 500 \mu\text{m}$  in Gasen, die sich aufgrund ihres Eigengewichtes absetzen, aber noch einige Zeit als Staub-Luft-Gemisch in der Atmosphäre erhalten bleiben.

## **2. Explosionsgefährdungen durch Getreide- und Futtermittelmischstäube**

Der durchschnittliche natürliche Staubanteil in Getreide beträgt zwischen ca. 0,1 – 3 % und besteht zu ca. 85 % aus organischen Getreideanteilen. Der feinkörnige Zustand von Mischfuttermitteln ist gewünscht, um die geforderte Stabilität pelletierter Mischfutterprodukte zu erzielen. Die Partikelgrößenverteilung von Mischfutter wird wesentlich durch die Zerkleinerungscharakteristika der vorwiegend eingesetzten Hammermühlen bestimmt und liegt zwischen ca.  $20 \mu\text{m}$  und ca.  $1.300 \mu\text{m}$ . Etwa 30 – 40 % des Futters ist mit Partikelgrößen  $< 500 \mu\text{m}$  Staub, womit das latente Staubexplosionsrisiko bei der Mischfutterproduktion

deutlich wird. In Deutschland werden ca. 80 % der hergestellten Mischfuttermittel pelletiert. Der Hauptanteil der Staubquellen bei der Mischfutterproduktion ist vor dem Pelletierprozess. Nach dem Pelletieren sind Staubfreisetzungen durch Pelletabrieb zu berücksichtigen.

Voraussetzungen für eine Staubexplosion sind ein ausreichendes Sauerstoffangebot von mindestens 8 Vol.-%, das in Luft immer gegeben ist, dispergierter brennbarer Staub innerhalb der Explosionsgrenzkonzentrationen und das Vorhandensein einer wirksamen Zündquelle.

Die Auswirkungen einer Staubexplosion hängen von den explosionstechnischen Kenngrößen eines Staubes ab, die wiederum durch die Partikelgrößenverteilung beeinflusst werden. Zu diesen zählen

- der maximale zeitliche Druckanstieg ( $dp/dt$ ),
- der  $K_{St}$ -Wert,
- die Staubexplosionsklasse (St 1 bis St 3) und
- der maximale Explosionsüberdruck.

Für die typischerweise in der Getreide- und Futtermittelwirtschaft eingesetzten Stoffe treffen allgemein  $K_{St}$ -Werte  $< 200 \text{ bar}\cdot\text{m/s}$  und die Staubexplosionsklasse St 1, aber auch St 2 zu. Der maximale Explosionsüberdruck ist  $< 10 \text{ bar}$ .

### **3. Kennzeichnung von stofflichen Eigenschaften und des Staubbildungsverhaltens von Stoffen der Getreide- und Futtermittelwirtschaft**

Für viele Stoffe der Getreide- und Futtermittelwirtschaft existieren Untersuchungswerte zu explosionstechnischen Kenngrößen, die in Datenbanken zur Verfügung gestellt werden. Die Untersuchungen beziehen sich auf konkrete Proben, so dass für Stoffe mit gleicher Bezeichnung unterschiedliche Kenngrößen angegeben sein können. Die explosionstechnischen Kenngrößen werden ausschlaggebend von der Partikelgrößenverteilung beeinflusst und können im Rahmen einer Gefährdungsanalyse nur zugeordnet werden, wenn die Partikelgrößenverteilung bekannt und angegeben ist.

Entscheidend für die Dauer des Vorhandenseins einer explosionsfähigen Atmosphäre und deren zeitliche Veränderung ist die Schwebefähigkeit von Partikeln. Diese ist nur für Partikel  $< 35 \mu\text{m}$  gegeben; größere Partikel sedimentieren, sofern nicht eine anhaltende Dispergierung erfolgt. Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften, insbesondere der Partikelgrößenverteilung und des Staubbildungsverhaltens eingesetzter disperser Stoffe sind für eine Beurteilung möglicher Staubexplosionsgefährdungen erforderlich, da das Staubbildungsverhalten der gehandhabten Stoffe wesentlich die Höhe der auftretenden Staubkonzentration, deren Häufigkeit und zeitliche Veränderung beeinflusst. Die Charakterisierung der Stoffe anhand der Partikelgrößenverteilung, insbesondere der schwebefähigen Feinanteile  $< 35 \mu\text{m}$ , lässt Rückschlüsse auf die Dispergierfähigkeit und damit das Gefährdungspotenzial im Betrieb zu.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden typischerweise in der Getreide- und Futtermittelwirtschaft eingesetzte Stoffe systematisch auf die physikalischen Stoffeigenschaften und Stoffkenngrößen untersucht. Die Untersuchungsergebnisse werden in einer Online-Datenbank auf der Internetpräsenz des IFF-Forschungsinstitutes Futtermitteltechnik (<http://www.iff-braunschweig.de/staub.php>) zur Verfügung gestellt.

#### **4. Physikalische Stoffeigenschaften und Stoffkenngrößen**

Zur relevanten Kennzeichnung der untersuchten Stoffsysteme werden folgende Parameter ermittelt:

##### **4.1 Partikelgrößenverteilung**

Prüfsiebung gemäß DIN 66 165 mit einer Analysesiebmaschine (Retsch, Typ AS 200 control) unter Verwendung von Analysesieben nach DIN/ISO 3310 und mit Laserbeugungsspektrometer zur Ermittlung schwebefähiger Partikelanteile

##### **4.2 Schüttdichte**

Bestimmung mittels Einlaufgerät nach Böhme gemäß DIN 1061

##### **4.3 Rütteldichte**

Bestimmung mittels Stampfvolumeter nach Becker-Rosenmüller gemäß DIN 53 194

#### **4.4 Feuchtigkeit**

Die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes erfolgt durch die Ermittlung des nach vierstündigem Trocknen bei 103 °C bewirkten Feuchtigkeitsverlusts.

#### **4.5 Staubbildungsverhalten**

Für die Charakterisierung des Staubbildungsverhaltens von Schüttgütern als Grundlage einer Beurteilung möglicher Staubkonzentrationen im bestimmungsgemäßen Betrieb liegen derzeit keine genormten Festlegungen vor. Zur Ermittlung des Staubbildungsverhaltens von Schüttgütern existieren in Abhängigkeit von der zu simulierenden Beanspruchung verschiedene Verfahren, die hauptsächlich für den vorbeugenden Arbeitsschutz zur Kennzeichnung des Anteils einatembarer Partikel beim Umgang mit Stäuben eingesetzt werden. Die Anforderungen, die an ein Verfahren zur Charakterisierung des Staubbildungsverhaltens von Schüttgüter zu stellen sind, ergeben sich aus den Prozessen, bei denen Staub freigesetzt und aufgewirbelt wird. Für die Getreideverarbeitung sind dies überwiegend Prall- und Scherbeanspruchungen infolge von Förder- und Transportprozessen. Untersuchungen des Staubbildungsverhaltens von eingesetzten Stoffen der Getreide- und Futtermittelwirtschaft müssen daher auf diesen Beanspruchungsarten beruhen.

Die Untersuchungen des Staubbildungsverhaltens werden mittels Heubach-Dustmeter Typ 1 (Stauber-Heubach-Methode) sowie Palas Dustview durchgeführt, da diese die Hauptbeanspruchungen abbilden können.

##### **4.5.1 Staubbildungsverhalten in Fallapparaturen**

Das Staubbildungsverhalten von Schüttgütern hervorgerufen durch Prallbeanspruchungen kann mit **Fallapparaturen** ermittelt werden. Fallapparaturen bestehen generell aus einem Staubungskasten mit einem aufgesetzten Fallrohr, das mit einer Klappe verschlossen ist. Die Probe fällt durch das Fallrohr in den Staubungskasten, dispergierbare Partikel werden aufgewirbelt und verteilen sich in der Messkammer. Über Laser und Detektor wird die Staubkonzentration als Opazität (Abschwächung der Intensität gegenüber der Ausgangsintensität) gemessen. Die Fallhöhe beträgt bauartspezifisch zwischen 0,5 und 1 m.

Für die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes wird die in **Abbildung 1** schematisch dargestellte Fallapparatur Bauart „Dustview“ der Firma Palas, die dem Stand der

Technik zur Ermittlung des Staubbildungsverhaltens von Pulvern und Schüttgütern durch Prallbeanspruchungen entspricht, eingesetzt.

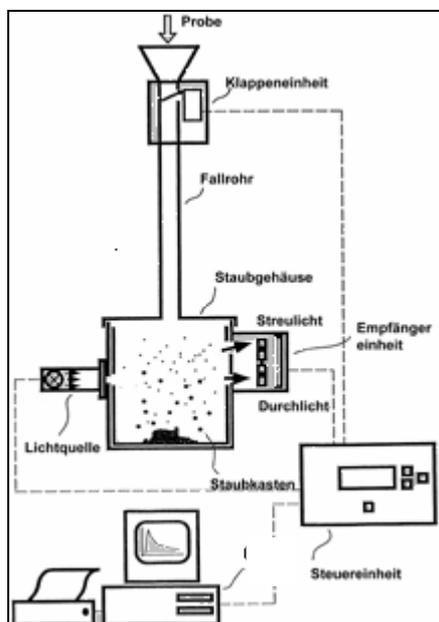


Abbildung 1: Fallapparatur „Dustview“ [Quelle: Palas GmbH]

In einen Probetrichter (Staubvorlage mit Klappe) werden 30 g des zu untersuchenden festdispersen Stoffes eingegeben. Nach Aufgabe der Probe wird die Staubklappe geöffnet; die Probe fällt durch ein 50 cm langes Rohr in die Staubkammer. Diese wird, wie aus der schematischen Darstellung deutlich, von einem Laserstrahl durchstrahlt. Die Abschwächung (Transmissionssignal) des von der Laserquelle ausgesandten Signals durch die beim Aufprall freigesetzten Staubpartikel des eingebrachten dispersen Feststoffs wird von einer Empfängereinheit photometrisch erfasst. Die Messwertaufnahme dauert 40 Sekunden, der zeitliche Verlauf der Schwächung der Lichtintensität durch den dispergierten Staub wird erfasst. Als charakteristischer Kennwert wird die Staubzahl SF gebildet. Die Staubzahl berechnet sich aus den Staubwerten bzw. Opazitäten zum Zeitpunkt  $t = 0,5 \text{ s}$  und  $t = 30 \text{ s}$ . Die Staubzahl kann Werte zwischen 0, d.h. der Transmissionsgrad ist 1, die Opazität 0, oder 100, d.h. der Transmissionsgrad ist 0 und die Opazität 1, annehmen. In Anlehnung an die DIN 55992-2 „Bestimmung einer Maßzahl für die Staubeentwicklung von Pigmenten und Füllstoffen, Teil 2: Fallmethode“ werden fünf aufeinanderfolgende Messungen mit jeweils einem Stoff durchgeführt. Die Staubzahl wird als Mittelwert dieser Messreihe ausgegeben. Zusätzlich wird die Standardabweichung der fünf Einzelmessungen berechnet und angegeben.

Zur weiteren Charakterisierung der Stoffe bezüglich ihrer Schwebefähigkeit wird der Sedimentationsverlauf als Änderung der Staubzahl über die Messwertaufnahme von 40 Sekunden erfasst und ausgewertet. Die Schwebefähigkeit von dispergierten Partikeln gibt Hinweise über die zeitliche Änderung der Staubkonzentration und die Dauer des Vorhandenseins eines Staub-Luft-Gemisches.

#### 4.5.2 Staubbildungsverhalten in Rotationstrommeln

Scherbeanspruchungen von Schüttgütern werden mit **Rotationsverfahren** simuliert, denen die mechanische Beanspruchung einer Schüttgutprobe in einer luftdurchströmten Trommel zugrunde liegt. In einer rotierenden Trommel werden Staubpartikel durch Mitnehmerbleche aufgewirbelt und über einen Luftstrom ausgetragen. Die Rotationstrommeln können mit Filtern, Impaktoren oder optischen Partikelzählern ausgestattet werden, um die freigesetzten Stäube abzuscheiden bzw. auszuwerten. **Abbildung 2** zeigt den Versuchsaufbau einer Rotationstrommel nach Stauber-Heubach, die im IFF-Forschungsinstitut Futtermitteltechnik verfügbar ist (Dust-Meter Typ 1).

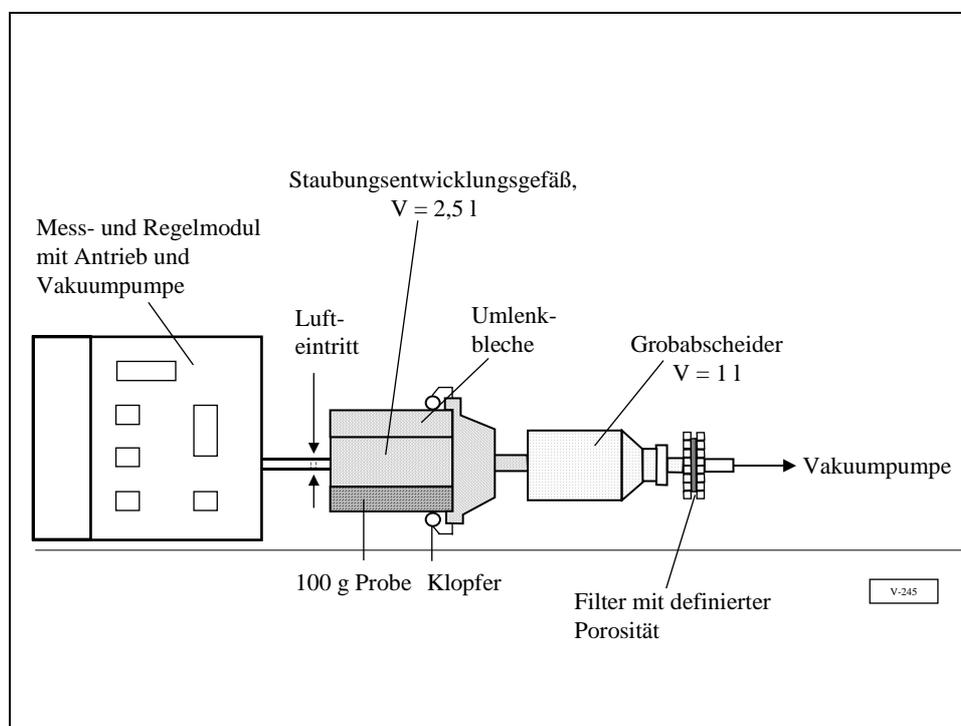


Abbildung 2: Rotationstrommel, Heubach Dust-Meter Typ 1



Forschungsinstitut Futtermitteltechnik der IFF, Braunschweig-Thüne

Bei dem abgeschiedenen Staub handelt es sich im Wesentlichen um die schwebefähigen Fraktionen  $< 35 \mu\text{m}$ .

Die zu untersuchende disperse Feststoffprobe mit einer Probengröße von 50 g in die Trommel (Volumen 2,5 l) eingegeben. Die Trommel rotiert mit einer Drehzahl von  $30 \text{ min}^{-1}$  über fünf Minuten und wird dabei mit einem Luftvolumenstrom von 20 l/min durchströmt. Die aus der rotierenden Trommel ausgetragenen Partikel werden in einem Vorabscheider (Grobstaub) und einem Filter (Feinstaub) gesammelt. Die auf dem Filter abgeschiedenen Partikel werden ausgewogen. Dieses Ergebnis wird zur dimensionslosen Kennzahl SR umgeformt. Die auf dem Filter abgeschiedene Staubmasse wird zudem auf eine Luftmenge von  $1 \text{ m}^3$  berechnet. Die Angabe des Ergebnisses zum Staubbildungsverhalten erfolgt in  $\text{g/m}^3$ .

## **5. Grenzen der Anwendbarkeit**

Der Anwendbarkeit der in der Datenbank bereitgestellten Stoffkenngrößen sind Grenzen gesetzt. Die Begrenzung der Anwendbarkeit beruht hauptsächlich auf den möglichen Unterschieden in der Beschaffenheit disperser Stoffe, auch mit gleicher Bezeichnung, (z.B. stoffliche Zusammensetzung, Partikelgrößenverteilung, Feuchtigkeit) sowie den tatsächlich wirkenden mechanischen Beanspruchungen, die im Betrieb einer Produktionsanlage zu einer Dispergierung von Staub führen können. Die stoffspezifischen Kenngrößen (u.a. Partikelgrößenverteilung, Feuchtigkeit) sind stets bei der Anwendung der ermittelten Staubzahlen zur Kennzeichnung eines Gefährdungspotenzials zu berücksichtigen. Die in der Datenbank angegebenen Staubzahlen sind dabei als Anhaltswerte zu betrachten.

Die Ermittlung des Staubbildungsverhaltens typischerweise in der Getreide- und Futtermittelwirtschaft eingesetzter Stoffe ist eine Ergänzung vorhandener Datenbanken zu brenn- und explosionstechnischen Kenngrößen von Stäuben, die bei einer betrieblichen Gefährdungsbeurteilung stets zu berücksichtigen sind.



## **6. Nutzung und Haftung**

Der Datenbestand darf zum Zwecke des Arbeitsschutzes bzw. zur Informationsgewinnung über die von Stoffen ausgehenden Gefährdungen genutzt werden. Eine kommerzielle Nutzung der Daten wie auch eine teilweise oder vollständige Übernahme in andere Informationssysteme ist ohne ausdrückliche Genehmigung der IFF nicht gestattet.

Die Daten in der Datenbank werden sorgfältig erstellt und gepflegt. Dennoch kann, gleich aus welchem Rechtsgrund, keine Haftung übernommen werden.