

Christian Füll, Potsdam-Bornim, Trygve Hjortaa, Frederikstadt/Norwegen und Gisle Enstad, Porsgrunn/Norwegen

# Massenfluß in Kraftfuttersilos

**Trockenmischfuttersilos müssen in der Praxis störungsfrei laufen, Entmischungen verhindern und vor allem unzulässige Pilz- und Toxinentwicklung unterbinden. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist eine exakte fließtechnische Optimierung und Dimensionierung, die Massenfluß bei der Entnahme sichert. In ursprünglichen Kernflußsilos kann Massenfluß durch das Installieren von Einbautrichtern nach dem „cone in cone“-Konzept erreicht werden. Dazu wurden experimentelle Untersuchungen durchgeführt.**

Trockenmischfuttersilos haben in Anlagen der Tierhaltung vor allem die Aufgabe, zwischen diskontinuierlicher Anlieferung und kontinuierlichem Verbrauch auszugleichen. Von der Funktion her wird besonders in größeren Anlagen mit automatisiertem Betrieb störungsfreie Entnahme gefordert. Aus der Sicht der Tierernährung darf die Entmischung wertbestimmender Inhaltsstoffe bestimmte Grenzen nicht überschreiten. Verderb des Futters muß aus tiergesundheitlichen Gründen und wegen schädigender Einflüsse auf die Qualität von Milch und Fleisch vermieden werden.

## Einflüsse auf die Entmischung

Die Entmischung in Silos wird durch die Guteigenschaften und durch die Silogestaltung beeinflusst [2]. Beim Füllen des Silos entmischt sich das Gut durch Vorgänge auf der Schüttkegeloberfläche, im Gutbett und durch Luftströmungen. Bei der Entnahme kann die eingetretene Entmischung durch Massenfluß reduziert oder durch Kernfluß sowie asymmetrisches Ausfließen erhöht werden.

## Das „cone in cone“-Konzept

Massenflußsilos für die Verminderung der Entmischung erfordern meist sehr geringe Trichterneigungswinkel zur Vertikalen. Damit erhält man sehr hohe Trichter und Stützen, die für die festigkeitsgerechte Di-

mensionierung ungünstige Lastfälle darstellen. Aus diesem Grund gibt es vielfältige Bemühungen, mit Hilfe von Einbauten in Kernfluß-Silotrichtern Massenfluß zu erzeugen.

Mit dem „cone in cone“-Konzept nach Johanson [1] ist dies möglich (Bild 1).

## Versuchsaufbau und -durchführung

In Zusammenarbeit zwischen dem Telemark-Technology-Centre und dem ATB Bornim wurden für das „Scaling up“ großtechnische Untersuchungen durchgeführt [3]. Der Versuchssilo hat eine Höhe von 8 m und einen Durchmesser von 2,4 m. Die Trichterhöhe beträgt 1,86 m und der Auslaufdurchmesser 250 mm. Auf Grund des Trichterwinkels zur Vertikalen von 30° und den entsprechenden Wandreibungswinkeln für Getreideschrot erfolgt das Ausfließen ohne Einbauten im Kernfluß. Der in den Versuchen verwendete Einbautrichter hat eine Höhe von 800 mm, einen oberen Durchmesser von

733 mm und einen Auslaufdurchmesser von 150 mm, der etwas größer als der aus den Scherversuchen berechnete Durchmesser von 130 mm ist. Er hängt an drei Seilen, die unter dem Silodach an einem Fachwerkträger befestigt sind (Bild 2). Die Zentrierung des Trichters geschieht durch drei radiale Streben zur Wand des Silotrichters. Die Belastung des Trichters messen Dehnmeßstreifen an der vertikalen

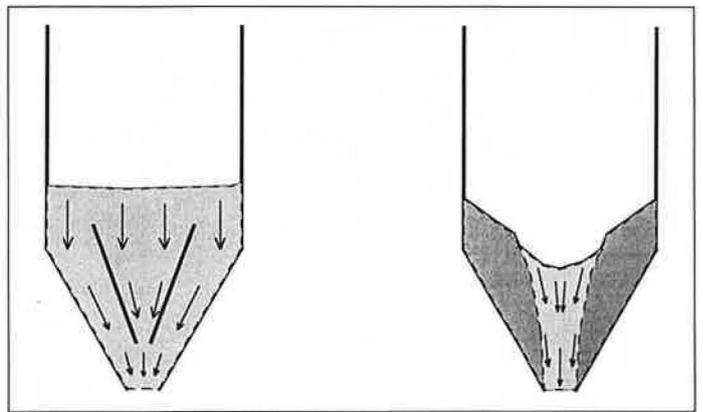


Bild 1: Erzeugen von Massenfluß mit Hilfe des „cone in cone“-Konzeptes (links) in ursprünglichen Kernflußsilos (rechts)

Fig. 1: Making a mass flow the „cone in cone“-concept (left) in an original 'core-flow'-silo (right)

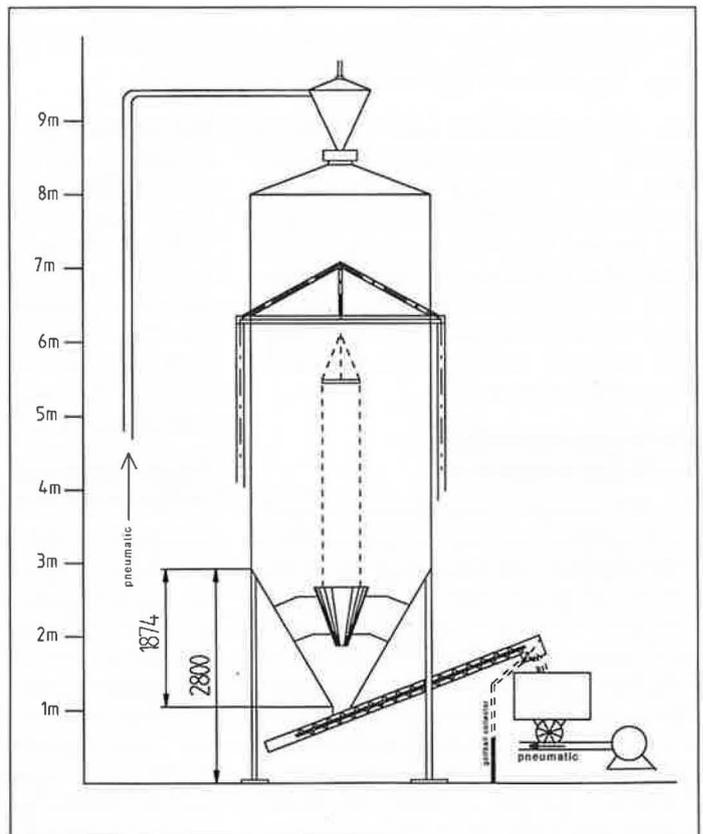


Bild 2: Aufbau der großtechnischen Versuchsanlage

Fig. 2: Design of large-scale experimental facility

Priv. Doz. Dr.-Ing. habil. Christian Füll leitet die Abteilung „Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung“ im ATB Potsdam-Bornim (Wiss. Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zasko). Prof. Dr. Gisle G. Enstad arbeitet am Technology Centre, Porsgrunn (N). Trygve G. Hjortaa war Diplomanand an der Telemark Hogskolen, Porsgrunn (N).  
Referierter Beitrag der Landtechnik.

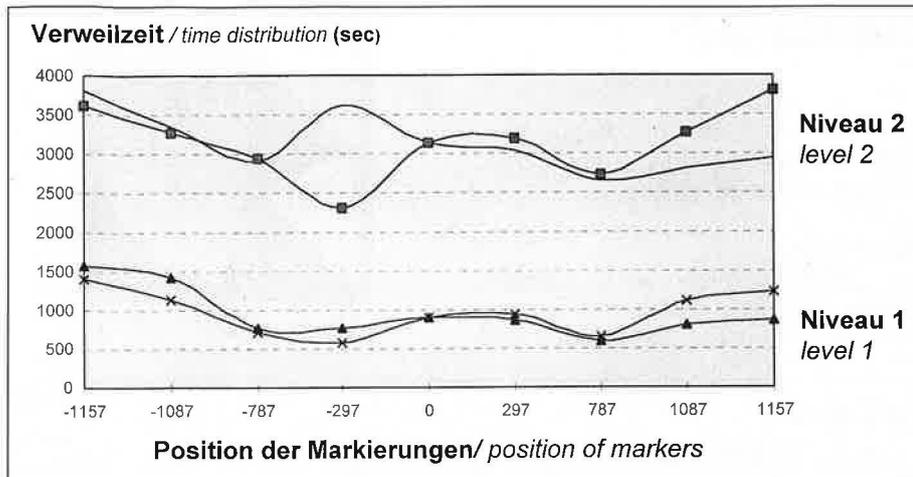


Bild 3: Ausfließen des Kraftfutters bei der Einbauhöhe  $h_1 = 294$  mm über dem Auslauf

Fig. 3: Flow of concentrate at the assembly height  $h_1 = 294$  mm above the outlet

len Strebe des Fachwerkträgers.

Zur Analyse des Fließprofils werden in das Füllgut in der Höhe des Trichter/Zylinder-Überganges und in einer zweiten Ebene 2,4 m darüber jeweils in zwei um  $90^\circ$  versetzten diametralen Richtungen Markierungen eingelegt. Bei der Entnahme werden die Markierungen aus dem Gut separiert und die Verweilzeit selbsttätig gemessen und registriert.

Erscheinen die Markierungen der unteren Ebene zuerst in nahezu gleicher Zeit und die der oberen Ebene danach in ebenfalls gleicher Zeit, so ist idealer Massenfluß vorhanden. Erscheinen die Markierungen der oberen Ebene im Mittel vor denen der unteren Ebene, liegt Kernfluß vor.

#### Ergebnisse

Ohne Einbautrichter stellt sich anhand der gemessenen Verweilzeitenspektren tatsächlich Kernfluß ein.

Durch das Installieren des inneren Trichters wird das Fließprofil wirkungsvoll beeinflusst. Der Geschwindigkeitsgradient des Gutes jeder Ebene vermindert sich, wenn die Einbau-Höhe  $h_1$  stufenweise von 848 mm bis auf 294 mm verringert wird.

Bildet man aus dem Verhältnis der Verweilzeiten der Randzonen und denen der zentralen Zone eine dimensionslose Relativgeschwindigkeit, ergibt sich zwischen dieser und der Einbauhöhe  $h_1$  eine Abhängigkeit.

Bei optimaler Einbauhöhe des inneren Trichters werden die Zielstellungen „first in – first out“, Homogenisieren der beim Füllen des Silos entmischten Schichten und Selbstreinigung der Silowand durch Herabgleiten des gesamten Schüttgutes im Silo erreicht. Das Ausfließen verläuft im idealen Massenfluß (Bild 3).

Die Kenntnis der Belastung auf den Einbautrichter ist für die statische Dimensionierung wichtig. In den durchgeführten Untersuchungen wurden maximale Belastungen bis zu 16 kN gemessen. Die ermittelten Ergebnisse gelten wiederum nur für den untersuchten Einbautrichter. Bei der Anwendung in der Praxis ist zu beachten, daß sich die Wandnormal- und die Seitendrücke mit dem Installieren des Einbautrichters durch die neue Fließform erhöhen.

#### Schlußfolgerungen

Die Entmischung wertbestimmender Inhaltsstoffe auf zulässige Werte kann durch die Entnahme im Massenfluß erreicht werden. Massenfluß ist auch die Bedingung für das Prinzip „first in – first out“ und für die Selbstreinigung der Silowand. Damit ist ein Verderb von Futterresten ebenfalls ausgeschlossen. Silos, in denen ursprünglich Kernfluß vorherrscht, können durch das Installieren von entsprechenden Einbautrichtern – „cone in cone“-Konzept – in Massenflußsilos umgestaltet werden. Die Silostatik muß jedoch in jedem Fall überprüft werden.

#### Literatur

- [1] Enstad, G.G.: Investigations of the Use of Inserts in Order to obtain Mass Flow in Silos. PO-STEEL-Newsletter (1996) 5
- [2] Fürll, Ch.: Investigation of the Segregation in big Bins, Proceedings of Symp. RELPFLOW II, Oslo, 23. Aug. 1993
- [3] Hjortaa, T.G.: Full scale silo tests of the cone in cone concept for obtaining mass flow. Diplomarbeit, Hogskolen in Telemark/ATB Borning, 1996

#### Schlüsselwörter

Silo, Entmischung, Kraftfutter

#### Keywords

Silo, segregation, concentrates

## NEUE BÜCHER

### Nichtrostende Stähle

Merkblatt (MB 834) der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Postfach 10 22 05, 40013 Düsseldorf, 1997, 5 S., 4 Tab., kostenlos. Mit Einführung der neuen europäischen Norm EN 10088 „Nichtrostende Stähle“ sind gegenüber den zuvor gültigen DIN-Normen 17440 und 17441 Änderungen der Oberflächenbezeichnungen sowie der Legierungsmittelgehalte eingetreten. Insbesondere das neue System der Kennzeichnung von Ausführungsarten sowie Oberflächenbeschaffenheiten ist bei Verarbeitern und Endverbrauchern noch nicht durchgängig bekannt. Hierüber informiert ein neues Merkblatt der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei. Es vermittelt darüber hinaus eine Übersicht über neue EN-Normen für viele Produkte aus Edelstahl Rostfrei und listet die im ebenfalls neuen Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 400 erfaßten Stahlsorten und Erzeugnisformen aus.

### Bodenbearbeitungssysteme – Direktsaat stellt höchste Anforderungen

Von Thoman Anken und Jakob Heusser. FAT-Bericht 501, FAT-Bibliothek, CH-8356 Tänikon, 1997, 16 S., 16 Abb., 5 Tab., Preis auf Anfrage. Die FAT untersuchte fünf Bodenbearbeitungssysteme auf zwei Standorten. Auf dem mittelschweren und gut sickerfähigen Boden schnitten die pfluglosen Verfahren bezüglich Ertrag am besten ab. Indes ergab der Pflug auf schwerem, staunassem Boden die besten Erträge. Je kleiner der Eingriff der Bodenbearbeitung, desto kleiner ist die Gefahr der Bodenerosion und Nährstoffabschwemmung. Die Versuche ergaben, daß sich auch unter anspruchsvollen Gegebenheiten des Klimas und Bodens pfluglose Verfahren erfolgreich einsetzen lassen.

### Methodik der Eingriffsregelung

Das von der Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA) in Auftrag gegebene und vom Institut für Landschaftspflege und Naturschutz der Universität Hannover erarbeitete Gutachten zur Methodik der Ermittlung, Beschreibung und Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft zur Bemessung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sowie von Ausgleichszahlungen liegt jetzt vor und ist in der Schriftenreihe der LANA als Heft 4, 5 und 6 erschienen. Die genannten Hefte des Gutachtens sind zum Stückpreis von 25 DM (inkl. Porto) pro Heft bei folgender Adresse zu beziehen: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, LANA-Vorsitz, Rosenkavalierplatz 2, 81925 München, Tel.: (0 89) 92 14 24 09, Fax: (0 89) 92 14 34 97, e-mail: bayern.naturschutz@t-online.de

### Reinigung befestigter Laufhöfe

Bestellungen: FAT-Bibliothek, CH-8356 Tänikon, Tel.: 0041/52/3683131; Fax: 0041/52/3651190, Preis auf Anfrage. In Kombination mit einem Laufstall ist der befestigte Laufhof einem weichen vorzuziehen. Die FAT untersuchte an einem dauernd zugänglichen Laufhof für Kühe im Laufstall die Verschmutzung der Laufhöffläche und die davon freigesetzten Ammoniakemissionen. Der neue FAT-Bericht Nr. 497 enthält verschiedene Reinigungsvarianten und Baulösungen, die bezüglich arbeits- und betriebswirtschaftlichen Auswirkungen verglichen wurden.