

## 1. Aufgabenstellung

Zur Einlagerung von Siliergut in Hochsilos sind bei Behälterdurchmessern über 6 m Verteileinrichtungen erforderlich. Bisher eingesetzte Verteilmaschinen werden den technologischen Anforderungen bei Behälterdurchmessern größer als 6 m und Fülldurchsätzen über 5 t/h Trockenmasse nicht gerecht.

Innerhalb der Maschinenkette zur Hochsilobefüllung darf die Verteileinrichtung nicht durchsatzbegrenzend wirken. Zur Verteilung wurden bisher verschiedene Verteilprinzipien herangezogen. Wesentlicher Mangel einer bekannten Doppelschnecken-Verteileinrichtung ist die Durchsatzbegrenzung auf 8 t/h bis 10 t/h /1/.

Das Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim stand deshalb vor der Aufgabe, Untersuchungen zur Verteilung von mährfrischem und angewelktem Häckselgut in Behältern bis 15 m Durchmesser bei einem Durchsatz bis 20 t/h Trockenmasse durchzuführen. Die Verteilqualität soll unabhängig vom Durchsatz und den physikalischen Eigenschaften des Siliergutes sein. Das ausgewählte Funktionsprinzip muß den Anforderungen unterschiedlicher Behälterdurchmesser gerecht werden und ist hinsichtlich Durchsatzvermögen, Verteilqualität und Energieaufwand zu untersuchen.

## 2. Untersuchungsmethode

### 2.1. Aufbau der Versuchseinrichtung

Zur horizontalen Förderung im Lagerbehälter werden zwei offene Doppelschnecken verwendet, die nach geringfügigem Umbau auch zur Entnahme eingesetzt werden können /2/.

Die Versuchseinrichtung besteht aus einem diametralen Rahmen, der in einen Ringträger eingehängt ist, zwei gegenläufigen, radialverteildenden Schnecken, einem Aufgabetrichter und dem Antriebsteil (Bild 1). Die Schneckenachsen sind parallel angeordnet. Die radialen Schnecken ragen unter der zentrisch angeordneten Aufgabereinrichtung hindurch. Die Stromzuführung für die Antriebsmotoren erfolgt über einen Schleifringkörper, der auf der vertikalen Drehachse mittig im Aufgabetrichter befestigt ist. Der Zentralschacht-Ziehkörper ist am Rahmen der Verteilmaschine befestigt und wird zusammen mit der Maschine angehoben.

### 2.2. Verteilprinzip

Die Doppelschnecken-Verteilmaschine arbeitet unmittelbar auf der Oberfläche des Futterstocks nach dem Prinzip der Zwangsverteilung. Das Siliergut wird im Behälterzentrum dem Sammeltrichter zugeführt, der es an die Förderschnecken weiterleitet. Von den Schnecken wird das Siliergut vom Mittelpunkt aus radial zur Behälterwand gefördert. Gleichzeitig wird das Siliergut unter den Schnecken abgelegt. Dabei baut sich der Futterstock sektorartig vom Silozentrum aus auf. Der an der Behälterwand ankommende Gutstrom betätigt einen Endschalter, der den Rundtrieb einschaltet. Je nach Einstellung des Zeitrelais fährt die Maschine in horizontaler Ebene um eine bestimmte Strecke weiter. Die Behälterquerschnittsfläche wird sektorenweise befüllt.

Ein Schlepsschalter tastet vor der Maschine die Futterstockoberfläche ab und gibt bei erreichter Füllhöhe das Signal zum Anheben der Verteilmaschine.

### 2.3. Untersuchungsmethode

Beurteilungskriterien für die Verteilqualität der Schneckenverteilmachine sind im wesentlichen das Verteil- und das Dichteprofil. Das Verteilprofil gibt Aufschluß über die Unebenheiten der Futterstockoberfläche über dem Silodurchmes-

ser. Als Bezugsgröße für die Aufnahme des Verteilprofils dient der waagrecht im Behälter hängende Rahmen der Verteileinrichtung.

Mit einer  $\gamma$ -Rückstreusonde wird die Dichteverteilung 500 mm unterhalb der Futterstockoberfläche über dem Behälterdurchmesser bestimmt. Das Verteilprofil wurde an 12 und das Dichteprofil an 6 Meßstellen im Abstand von 1 bzw. 2 m Entfernung aufgenommen. Angeschlossene Leistungsschreiber registrierten während der Verteilung die von den Antriebsmotoren der Schnecken aufgenommene elektrische Leistung. Eine Zeitstudie liefert die jeweiligen Durchsätze.

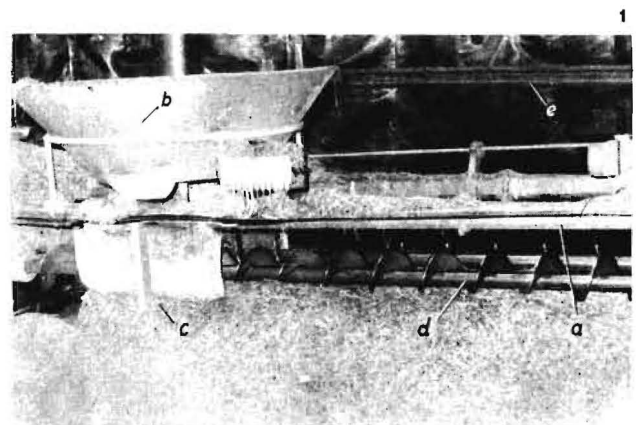
Der Trockenmassegehalt, die Häcksellänge und die Schüttdichte charakterisieren die Silierguteigenschaften.

Während der Untersuchungen wurden Wick-Weidelgras-Gemisch, Gras und Luzerne in gewelktem Zustand mit der Versuchseinrichtung verteilt. Der Trockenmassegehalt des Welkgutes lag zwischen 22 und 55 Prozent. 45 bis 55 Prozent der Häckselmasse war kürzer als 40 mm. Zur weiteren Charakterisierung des Siliergutes dient die Schüttdichte. Sie ist im wesentlichen abhängig von der Gutart, dem Trockenmassegehalt, der Häcksellänge und der Schütthöhe. Die Bestimmung der Schüttdichte muß unter Bedingungen erfolgen, die denen in Fördereinrichtungen ähnlich sind. Das Siliergut wird in einen Behälter mit definiertem Volumen gefüllt, ausgewogen und die Schüttdichte berechnet /3/. Die Schütthöhe wurde mit 300 mm festgelegt. Durch die Einflußfaktoren Gutart, Trockenmasse und Häcksellänge liegen die Meßwerte für die Schüttdichte im Bereich von 60 bis 150 kg/m<sup>3</sup>. Die Meßwerte werden mit Hilfe von Regressionsanalysen verrechnet.

## 3. Ergebnisse

Mit der Verteilmaschine wurden mittlere Durchsätze von 50 t/h verteilt. Kurzzeitig lag der Durchsatz bei 80 t/h. Dabei wirkte die Verteilmaschine nicht durchsatzbegrenzend. Die Verteilqualität ist von Gutart, Trockenmassegehalt, Durchsatz und Füllhöhe unabhängig. Bei der Verteilung von langem Siliergut (50 Prozent Häckselmasse > 80 mm) zeigt sich eine Verschlechterung der Verteilqualität, die durch unterschiedliche Drehzahlen der beiden Schnecken teilweise kompensiert werden kann. Durch die unterschiedliche Fördergeschwindigkeit der beiden Schnecken werden Guthaufen im Förderstrom in radialer Richtung auseinandergezogen.

Die Verrechnung aller Profilmessungen liefert die Regressionskurve für das Verteilprofil (Bild 2). Das Verteilprofil hat einen stetigen Verlauf über dem Behälterdurchmesser. Der mittlere Höhenunterschied zwischen Behälterwand und Silozentrum beträgt 800 mm.



\* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin (Direktor: Obering. O. Bostelmann)

Die über dem Durchmesser gemessene Dichte zeigt den typischen Verlauf für eine Schneckenverteileinrichtung. Sie ist durch die Zwangsverteilung auf dem Futterstock auch an der Behälterwand höher als bei Einrichtungen, die durch freien Abwurf verteilen [4]. Durch die radiale Förderung des Siliergutes werden Normal- und Scherspannungen in den Futterstock eingeleitet, die in gewissen Grenzen eine Verdichtung bewirken. Die Dichte ist im Zentrum um  $35 \text{ kg/m}^3$  höher als an der Peripherie des Behälters (Bild 3). Diese Dichteverteilung bewirkt eine hohe Standsicherheit des Zentralschachtes. Der Ziehkörper für den Zentralschacht wird entlang der Drehachse gut geführt. Die Streuung der Meßwerte wird durch unterschiedliche Trockenmassegehalte und Häcksellängen bewirkt.

Die Leistungsaufnahme der beiden Antriebsmotore für die Schnecken  $S_1$  und  $S_2$  ist im wesentlichen linear vom Durchsatz abhängig (Bild 4). Für die Verteilung von etwa 70 t/h Welkgut ist eine installierte Leistung von 5 kW für beide Schnecken bei der Förderung über einen Behälterradius von 6 m ausreichend. Der spezifische Energieaufwand liegt bei diesem Durchsatz bei 0,08 kWh/t Welkgut für die Verteilung.

#### 4. Schlußfolgerungen

Die Schneckenverteileinrichtung verteilt das Siliergut bei Durchsätzen bis 80 t/h störungsfrei und in guter Qualität. Die Funktionssicherheit und Verteilqualität sind von Gutart, Trockenmassegehalt, Schüttdichte, Füllhöhe und Durchsatz unabhängig. Bei größeren Häcksellängen lassen sich die Guthaufen durch unterschiedliche Schneckendrehzahlen auflösen, so daß eine Beeinflussung der Verteilqualität durch die Häcksellänge vermieden wird. Durchsatzschwankungen haben keinen Einfluß auf die Verteilqualität. Das sich aufbauende Dichteprofil ist charakteristisch für Schneckenverteileinrichtungen und ist durch die radiale Förderung des Siliergutes auf der Futterstockoberfläche von der Drehachse zur Silowand bedingt.

Bild 1. Versuchseinrichtung zur Verteilung von Häckselgut mit offenen Doppelschnecken; a Rahmen, b Sammeltrichter, c Zentralschachtbereich mit Leitblechen, d Schnecken, e Ringträger

Bild 2. Verteilprofil über dem Behälterdurchmesser (Regressionskurve aus 12 Profilmessungen);

$$h_p = -2,31 d^2 + 27,57 d + 0,94;$$

$$F = 286,48$$

Bild 3. Dichteprofil (Lage der Meßstellen 0,5 m unterhalb der Futterstockoberfläche)

$$\rho = -1,13 d^2 + 12,40 d + 171,32;$$

$$F = 8,46$$

Bild 4. Leistungsaufnahme in Abhängigkeit vom Welkgutdurchsatz;

- $S_1$  erste Schnecke in Umlaufrichtung des Rundtriebes  
( $P = 0,25 \dot{m} + 1,0$ ;  
 $B = 0,6025^{***}$ );
- $S_2$  zweite Schnecke in Umlaufrichtung des Rundtriebes  
( $P = 0,26 \dot{m} + 1,1$ ;  
 $B = 0,5775^{***}$ );
- $S_{1,2}$  Summe der Leistungsaufnahme beider Schnecken  
( $P = 0,5 \dot{m} + 2,1$ ;  
 $B = 0,7372^{***}$ )

Der Energieaufwand liegt im Verhältnis zu anderen Verteileinrichtungen sehr günstig, besonders wenn man berücksichtigt, daß in gewissen Grenzen der Futterstock mit der Zwangsverteilung auch verdichtet wird. Für zwei in geschlossenen Rohren fördernde Schnecken ergibt sich bei der Förderung von Häckselgut ein theoretischer Durchsatz von 25 t/h. Unter gleichen Förderbedingungen wurde mit offenen Förderschnecken etwa der 3fache Durchsatz erreicht.

Die hohe Funktionssicherheit der Doppelschneckenverteileinrichtung läßt eine Einordnung der Maschine in eine automatisierte Maschinenkette zur Hochsilobefüllung zu.

#### 5. Zusammenfassung

Das Prinzip der Zwangsverteilung auf der Oberfläche des Futterstocks mit offenen Doppelschnecken erfüllt die in der Aufgabenstellung formulierten Anforderungen. Die Verteilqualität bei Verwendung von Kurzhäcksel ist sehr gut. Auch bei Häckselüberlängen ist die Verteilung von 70 t/h Welkgut bei hoher Funktionssicherheit gewährleistet. Gutart, Durchsatz, Trockenmasse und Füllhöhe beeinflussen die Verteilqualität nicht. Durchsatzschwankungen werden bei diesem Verteilprinzip selbsttätig kompensiert. Das Verteilprinzip ist auch zur Verteilung von mährischem Häckselgut sowie anderer Futtermittel geeignet.

#### Literatur

- 1/ Volkmann, A.: Hochsilofräse „Big Jim“. Protokoll der Abschlußprüfung. Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim (unveröffentlicht)
- 2/ Scherping, E.: Untersuchungen zur Durchsatzsteigerung bei der Silageentnahme aus Hochsilos. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) H. 10, S. 466
- 3/ Munder, F.: Schüttdichten von gehäckseltem Halmfutter. In Müller, M., u. a.: Abschlußbericht des IML Potsdam-Bornim 1971, S. 26 bis 30 (unveröffentlicht)
- 4/ Schütze, G.: Untersuchungen zum Verteilen von Frisch- und Welkgut in Hochsilos. Praktikumsbeleg im IML Potsdam-Bornim 1971 (unveröffentlicht)
- 5/ Munder, F.: Verteilung von Siliergut. In Müller, M., u. a.: Welksilage-Hochsilos HS 25. Abschlußbericht des IML Potsdam-Bornim 1971, S. 54 bis 68 (unveröffentlicht) A 8689

