

Bild 6. Anteil der Stengelmasse im abgelegten Futterstock

#### 4. Schlußfolgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf ersten Messungen und dienen zum Erkennen von Abhängigkeiten und funktionellen Zusammenhängen. Sie sind durch weitere systematische Untersuchungen zu ergänzen und statistisch zu sichern.

Der Abfall des Geschwindigkeitsbeiwerts von 0,75 auf 0,55 beim Neigen der Schneckenwendel um  $40^\circ$  kann als Kompromiß zwischen Fördern und Verdichten zugelassen werden.

Der mögliche Durchsatz der Doppelschnecken ist für die Anforderungen zur Einordnung in die technologische Kette zur Hochsilobefüllung ausreichend. Der Verlust an translatorischer Fördergeschwindigkeit kann durch erhöhte Schneckenrehzahl ausgeglichen werden.

Die Funktionssicherheit des Doppelschneckenförderers nimmt mit steigendem Füllungsgrad aufgrund von Verstopfungen ab. Bei geringen Durchsatzschwankungen können höhere Füllungsgrade

realisiert werden als bei stark schwankendem Durchsatz. Da mit steigendem Füllungsgrad die Druckeinwirkung auf den Futterstock zunimmt, muß ein günstiger Kompromiß zwischen Füllungsgrad, Funktionssicherheit und Verteilqualität gefunden werden. Durch verstellbare Achsabstände und Drehzahlen kann für jeden Durchsatz ein optimaler Füllungsgrad gefunden werden. Durch vergrößerte Neigung der Erzeugungslinie und Auswahl günstiger Kombinationen der Konstruktions- und Betriebsparameter in Abhängigkeit von den Stoffkennwerten des Siliergutes wird ein weiterer progressiver Anstieg der Lagerungsdichte an der Futterstockoberfläche erwartet. Ein Teil der Masse der Verteilmaschinen könnte damit auf dem Futterstapel abgesetzt werden. Dazu sind weitere zielgerichtete experimentelle Untersuchungen erforderlich.

Die Übertragung der Ergebnisse auf Praxisbedingungen mit Durchsätzen bis 100 t/h ist zu überprüfen.

#### 5. Zusammenfassung

In experimentellen Untersuchungen werden Kennwerte des Fördervorganges und des Verdichtungsvermögens von offenen Doppelschnecken ermittelt. Aus den Meßergebnissen können Schlußfolgerungen zur konstruktiven Gestaltung von Doppelschnecken-Verteilmaschinen gezogen werden.

Die Untersuchungen werden fortgesetzt, die Meßergebnisse ergänzt und statistisch abgesichert.

#### Literatur

- [1] Munder, F.: Zur Verteilung von Siliergut in Hochsilos. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 4, S. 170—171.
- [2] Scheffler, M.: Einführung in die Fördertechnik. Leipzig: VEB Fachbuchhandel 1970.
- [3] Ephremides, C.: Untersuchungen zum Fördervorgang beim waagerechten Schneckenförderer, TH Hannover, Dissertation 1957 (unveröffentlicht). A 1434

## Entnahme von Welksilage aus Hochsilos unter besonderer Berücksichtigung der Häcksellänge

Dipl.-Ing. B. Oberbarnscheidt/Dipl.-Ing. E. Scherping  
Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR

### 1. Problemstellung

Aus Hochsilos kann mit kontinuierlich arbeitenden Entnahmemaschinen nur Silage entnommen werden, die aus Häckselgut bereit ist. Die Forderungen an den Zerkleinerungsgrad sind unterschiedlich (Bild 1). Aus der Sicht der Tierernährer, der Häckselproduzenten und -nutzer sind möglichst große Häck-

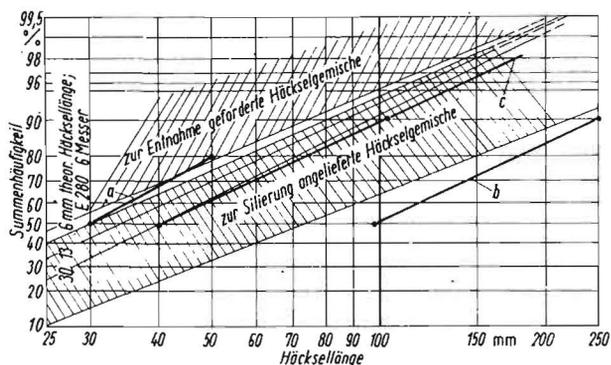


Bild 1. Häckselgemische für die Silierung; Häcksellängenzusammensetzung für: a Verteil- und Entnahmemaschinen VES 7/VES 12, b Futterdosier- und -verteilmaschinen, c zukünftige Verteil- und Entnahmemaschinen

sellängen günstig. Aus gärobiologischer Sicht wäre bei annähernd gasdichtem Behälter und Lagerungsdichten über  $800 \text{ kg/m}^3$  ein Zerkleinern des Siliergutes nicht erforderlich. Mobile und stationäre Fütterungsmaschinen stellen geringe Anforderungen an die Längenzusammensetzung des Häckselgemisches. In der Maschinenkette von der Ernte bis zum Futterverteilen erfordern kontinuierlich arbeitende Entnahmemaschinen den höchsten Zerkleinerungsgrad des Häckselgemisches (Bild 1).

Es ist die Grenze der Häcksellänge nachzuweisen, bei der ein funktions- und betriebssicheres, kontinuierliches Entnehmen des geforderten Massestroms in Abhängigkeit von den Konstruktionsparametern der Fräswerkzeuge und den Umlaufgeschwindigkeiten der Fräs- und Förderschnecke bei der derzeitigen Konzeption der Doppelschnecken-Entnahmemaschinen möglich ist. Veränderungen in der Leistungsaufnahme der Arbeitswerkzeuge sind anzugeben.

### 2. Methode

#### 2.1. Versuchsvarianten

Die Welksilage im Hochsilo verfilzt bei steigender Häcksellänge. Sie wird von den Fräswerkzeugen nicht kontinuierlich vom Futterstock abgetrennt, sondern schichtartig aufgewickelt. Das entstehende Haufwerk wird von der Entnahmemaschine als ungleichmäßiger Gutstrom abgegeben, der zu Verstopfungen des Zentralschachtes oder nachgeschalteter Förderer führen kann.

Tafel 1. Technische Parameter der Doppelschnecken-Entnahmemaschine

Arbeitselemente/ techn. Parameter	Abmessungen/ Einstellbereich
Arbeitsbreite	mm 6000
Schneckendurchmesser	mm 320
Schneckensteigung	mm 270
Anzahl der Fräsmesser	St./m 20
Umfangsgeschwindigkeit	
— Frässhnecke $v_{S1}$	m/s 2,0; 2,5; 4,1; 7,3 <sup>1)</sup>
— Förderschnecke $v_{S2}$	m/s 1,7; 2,1; 3,7; 6,3
Drehzahl der Entnahmemaschine im Silo	U/h 10; 20; 34
Absenkung	mm 2,0 ··· 10,0
Anstellwinkel der Fräsmesser	° 0; 60

1) bis 16 m/s bei den Versuchen zur Zerkleinerung der Silage während der Entnahme

Um bei der Entnahme einen möglichst kontinuierlichen Gutstrom zu erreichen, wird der Einfluß folgender technisch variierbarer Größen untersucht:

- Hohe Umfangsgeschwindigkeit der Fräswerkzeuge, um die Silagehalme zu zerkleinern
- Fräsmesser mit einem Anstellwinkel<sup>1)</sup> größer 45°, um bei einem ziehenden Schnitt eine Halmzerkleinerung zu erreichen
- Fräsmesser mit einem Anstellwinkel von 0°, um bei geringen Umfangsgeschwindigkeiten der Fräswerkzeuge auch ohne Zerkleinern der Halme den Futterstock gut aufzulockern
- unterschiedliche Arbeitsgeschwindigkeiten der Fräs- und Förderwerkzeuge, um entstandene Haufwerke auseinanderzureißen.

### 2.2. Versuchsmaschine

Der prinzipielle Aufbau der verwendeten Doppelschnecken-Entnahmemaschine ist bekannt [1] [2]. Für die technischen Parameter wurden unterschiedliche Einstellungen gewählt (Tafel 1).

### 2.3. Auswertemethode

Gemessen werden die Leistungsaufnahme der Arbeitswerkzeuge und des Rundtriebes, die entnommene Masse sowie die Entnahmezeit. Der aus Grassilage bestehende Futterstock wird durch Lagerungsdichte, Trockensubstanzgehalt und Häckselstücklängenzusammensetzung charakterisiert. Die mittleren Leistungsaufnahmen der Einzelantriebe und des Gesamtantriebs sind in Abhängigkeit von den veränderlichen technischen Parametern, den Kennwerten des Futterstocks und den berechneten Werten des Massestroms mit einer EDV-Anlage bestimmt worden. Dazu angewendet wurde das Programm einer linearen Mehrfach-Regressionsanalyse mit bis zu 20 Veränderlichen, von denen die nicht signifikanten Größen eliminiert werden.

### 3. Ergebnisse

Im untersuchten Bereich ist ein zusätzliches Zerkleinern der Häckselteilchen in Abhängigkeit von Umfangsgeschwindigkeit und Anstellwinkel der Fräsmesser auch bei unterschiedlichen Masseströmen während der Entnahme statistisch nicht nachweisbar.

Der auf die Trockensubstanz bezogene geforderte Massestrom von 5 t/h wird bei einem Anstellwinkel der Fräsmesser von 60° nicht erreicht, wenn rd. 50% der Häckselmasse  $\leq 40$  mm und 90% der Häckselmasse  $\leq 100$  mm lang sind und der Trockensubstanzgehalt 35% übersteigt. Unter den genannten Bedingungen weicht auch bei Verwendung der in der Praxis angewendeten runden Fräsmesser die Frässhnecke durch die Vertikalkomponente der Trennkraft nach oben aus. Die Förderschnecke muß einen Teil der Trennarbeit übernehmen und wickelt die Silage schichtartig vom Futterstock ab. Das führt zu

- diskontinuierlichen Masseströmen
- Drehpendelbewegungen der Entnahmemaschine
- Belastungsspitzen in den Antrieben, die häufig den Nennwert um das 2,5fache übersteigen

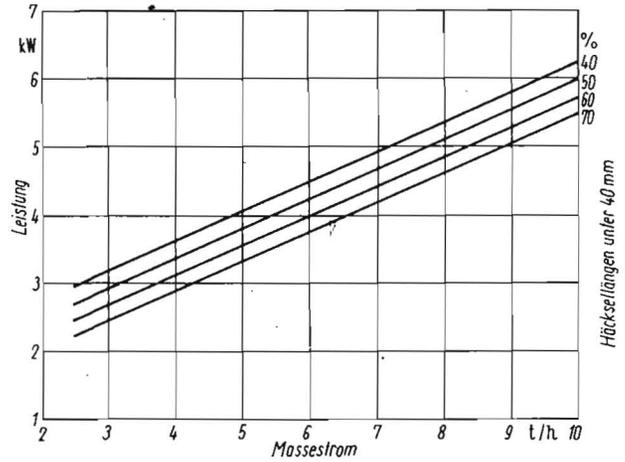


Bild 2. Einfluß der Häckselängen unter 40 mm auf die Leistungsaufnahme der Schneckenantriebe; berechnet nach Gl. (1) mit  $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ ,  $n_R = 20 \text{ U/h}$ ,  $v_{S1} = 2,0 \text{ m/s}$

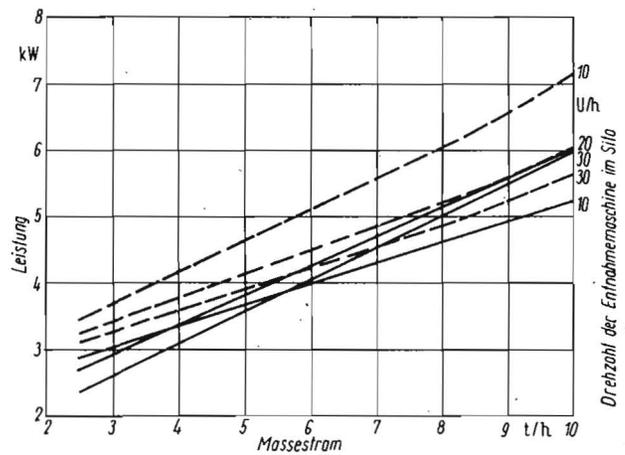


Bild 3. Einfluß des Anstellwinkels auf die Leistungsaufnahme der Schneckenantriebe;  
 — berechnet nach Gl. (1)  
 - - - berechnet nach Gl. (2)  
 mit  $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ ,  $HL_{40} = 50\%$ ,  $v_{S1} = 2,0 \text{ m/s}$ ,  $v_{S2} = 6,0 \text{ m/s}$

- mittleren Leistungsaufnahmen des Förderschneckenantriebs, die gegenüber der Leistungsaufnahme des Förderschneckenantriebs bei Anstellwinkel von 0° um etwa 20% höher sind. Die Vertikalkraft ist geringer, wenn der Anstellwinkel der Fräsmesser 0° beträgt. Die Frässhnecke wird dabei nicht nach oben ausgelenkt. Der geforderte Massestrom ist kontinuierlich bei gleichmäßiger Maschinenbelastung und den angegebenen Häckselstücklängenzusammensetzungen zu entnehmen. Die Leistungsaufnahme für die Antriebe der Fräs- und Förderschnecke steigt mit der Abnahme des Häckselanteils unter 40 mm (Bild 2).

Zur Berechnung gilt folgende Regressionsgleichung:

$$P_{0/2} = 5,82 - 0,199 a - 0,44 n_R - 0,00260 \rho - 0,025 HL_{40} + 0,567 m \quad (1)$$

B  
 $P_{0/2}$  Leistungsaufnahme der Schnecken in kW bei einem Anstellwinkel  $\tau = 0^\circ$

		Geltungsbereiche
a	Absenkung	mm 2 ··· 10
$n_R$	Drehzahl der Entnahmemaschine	U/h 10 ··· 34
$\rho$	Lagerungsdichte	kg/m <sup>3</sup> 580 ··· 850
$HL_{40}$	Häckselmasse $\leq 40$ mm	% 40 ··· 70
m	Massestrom	t/h 2,5 ··· 10.

Ein Häckselgemisch mit 50 bis 65 % der Masse  $\leq 40$  mm verändert bei einem Anstellwinkel von  $60^\circ$  die Leistungsaufnahme nicht.

$$P_{60}^{1/2} = 2,71 + 0,18 a - 0,074 v_{S2} + 0,265 \dot{m} \quad (2)$$

$$B = 0,72^{xxx};$$

$P_{60}^{1/2}$  Leistungsaufnahme der Schnecken in kW bei einem Anstellwinkel  $\tau = 60^\circ$

		Geltungsbereiche	
a	Absenkung	mm	2...10
$v_{S2}$	Umfangsgeschwindigkeit der Förderschnecke	m/s	1,7...6,0
$\dot{m}$	Massestrom	t/h	2,5...10

Beträgt der Anstellwinkel der Fräsmaschine  $60^\circ$ , so kann bei gleichem Massestrom die Leistungsaufnahme der Schneckenantriebe gesenkt werden, wenn die Drehzahl der Entnahmemaschine im Silo erhöht und die Absenkung vermindert wird. Besitzen die Fräsmesser Anstellwinkel von  $0^\circ$ , so sind Masseströme ab 6 t/h bei geringen Drehzahlen der Entnahmemaschine und hohen Absenkungen energiesparender zu entnehmen (Bild 3). Läuft die Frässhnecke mit einer Geschwindigkeit von 2 m/s um und werden Fräsmesser mit einem Anstellwinkel von  $0^\circ$  benutzt, dann kann die Silage im geforderten Massestrom vom Futterstock getrennt werden. Größere Umfangsgeschwindigkeiten führen zu höheren Leistungsaufnahmen, und ein Teil der abgetrennten Silage wird über die Schnecken geworfen. Differenzen in den Umfangsgeschwindigkeiten der Fräs- und Förderschnecke führen zum Zerteilen von Silage-Haufwerken. Steigende Umfangsgeschwindigkeiten der Förderschnecke erhöhen die Leistungsaufnahme der Förderschnecke, die der Frässhnecke sinkt. Insgesamt verändert sich die Leistungsaufnahme nicht. Aus fördertechnischer Sicht sollte die Umfangsgeschwindigkeit der Förderschnecke mehr als 1 m/s über der der Frässhnecke liegen.

#### 4. Schlußfolgerungen

Kontinuierlich kann aus Hochsilos mit Doppelschneckenmaschinen nur gehäckselte Silage entnommen werden. Ein zusätzliches Zerkleinern der Häckselteilchen tritt bei der Entnahme unter den genannten Bedingungen nicht auf. Gegenüber den bisher für die Entnahmemaschinen geforderten Häckselgemischen mit

50 % der Häckselmasse  $\leq 30$  mm

80 % der Häckselmasse  $\leq 50$  mm

sinken die Ansprüche an den Zerkleinerungsgrad der Silage (Bild 1, Kurve a).

Häckselgemische, bei denen

50 % der Häckselmasse  $\leq 40$  mm

90 % der Häckselmasse  $\leq 100$  mm

lang sind (Bild 1, Kurve c), können von den Häckselmaschinen unter Praxisbedingungen auch bei längeren Einsatzzeiten erreicht werden. Die Doppelschnecken-Entnahmemaschinen arbeiten bei diesen Häcksellängen funktions- und betriebssicher, wenn

- der Anstellwinkel der Fräsmesser  $0^\circ$  ist
- 20 Fräsmesser auf einem Meter Schneckenlänge befestigt sind
- die Umfangsgeschwindigkeit der Frässhnecke etwa 2 m/s beträgt
- die Differenz der Umfangsgeschwindigkeiten zwischen Fräs- und Förderschnecke 1 m/s überschreitet.

Die Leistungsaufnahme der Antriebe für die Arbeitswerkzeuge verändert sich nur unwesentlich. Sie hat im Bereich des geforderten Massestroms bei niedrigen Drehzahlen der Entnahmemaschine im Silo und bei hohen Absenkungen ein Minimum.

#### 5. Zusammenfassung

Kontinuierlich arbeitende Entnahmemaschinen stellen in der Maschinenkette von der Ernte bis zum Füttern die höchsten Forderungen an den Zerkleinerungsgrad des Häckselgemisches. Es ist nachzuweisen, bei welchen Häcksellängen Silage aus Hochsilos funktions- und betriebssicher entnommen werden kann.

Eine Doppelschnecken-Entnahmemaschine mit veränderlichen technischen Parametern trennte Grassilage mit unterschiedlichen Eigenschaften vom Futterstock ab. Die ermittelten Betriebsparameter ermöglichen eine gleichmäßige Entnahme des geforderten Massestroms bei Häckselgemischen, die auch von den Häckselmaschinen unter Praxisbedingungen bei längeren Einsatzzeiten erreichbar sind.

#### Literatur

- [1] Scherping, E.: Untersuchungen zur Durchsatzsteigerung bei der Silageentnahme aus Hochsilos. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 10, S. 466—468.
- [2] Scherping, E.: Untersuchungen zur Silageentnahme aus Hochsilos. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 4, S. 172—173. A 1411

1) Der Anstellwinkel ist der Winkel, der von dem durch die Messerspitze verlaufenden Radius und der Messerschneide eingeschlossen wird

## Landtechnische Dissertationen

Am 22. Dezember 1975 verteidigte Dipl.-Ing. Hans-Günter Lehmann an der Technischen Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, erfolgreich seine Dissertation zum Thema

„Der Einfluß der Schnitthöhe auf die Körnerverluste des Mähdreschers — Ein Beitrag zur Steigerung der Durchsatz- und Flächenleistung“.

Gutachter: Prof. Dr. agr. habil. R. Thurm, TU Dresden

Dozent Dr.-Ing. H. Regge, TU Dresden

Dr.-Ing. K. Ulrich, VEB Kombinat Fortschritt Neustadt/Sa.

Stroh begrenzt vor allem die Durchsatzleistung des Mähdreschers. Größere Schnitthöhen mit geringerer Strohaufnahme beim

Mähdrusch führen deshalb zu einer Steigerung der Durchsatzleistung und zur Verminderung der Körnerverluste.

Ausgehend von Untersuchungen des Getreidebestandes wurden Schneidwerks- und Dreschwerksverluste in Abhängigkeit von Stoppelhöhe und Arbeitsgeschwindigkeit untersucht. Ausreichende Standfestigkeit des Getreides und ausgeglichene Ährenlage bilden Voraussetzungen für die Anwendung größerer Schnitthöhen.

Untersuchungen zur Funktionsweise des Schneidwerks und zu den Ursachen der Körnerverluste am Schneidwerk ergaben Schlußfolgerungen für den Mähdreschereinsatz und für die konstruktive Gestaltung des Schneidwerks. Abschließend wurden mögliche Schnitthöhen für die verschiedenen Getreidearten und Lösungsvarianten zur Verwertung des Reststrohes angegeben.

AK 1451