

## 4.2. Ergebnisse

### 4.2.1. Der Einfluß unterschiedlicher Schwadmassen auf die Steinaufnahme durch Schwadaufnehmertrommeln

war nur gering.

### 4.2.2. Einfluß unterschiedlicher Steilmengen auf die Steinaufnahme durch Schwadaufnehmertrommeln

konnte nicht nachgewiesen werden.

### 4.2.3. Einfluß des Schwadaufnehmertrommeldurchmessers und der Lage der Steine auf die Steinaufnahme

Einen sehr großen Einfluß auf die Steinaufnahme übten die verschiedenen Durchmesser der Schwadaufnehmertrommeln und die Lage der Steine im oder unter dem Schwad aus (Bild 7).

### 4.2.4. Aufnahme der verschiedenen Steingrößenklassen durch Schwadaufnehmertrommeln

Hierbei ergaben sich zwischen den Größenklassen I, II und III keine nennenswerten Unterschiede. Auffallend war die relativ hohe Anzahl der aufgenommenen Steine der Größenklasse IV von der Trommel mit dem kleinen Durchmesser und die geringe Aufnahme dieser Steingrößenklasse von der Trommel mit dem großen Durchmesser (Bild 7).

### 4.2.5. Einfluß der Höhe der Steine über der Bodenoberfläche auf die Steinaufnahme durch Schwadaufnehmertrommeln

Je nach Größenklasse ergab sich für die Steine, die sich teilweise im Boden befanden, eine erheblich verminderte Steinaufnahme. Es wurden nur Steine aufgenommen, wenn diese hoch über die Bodenoberfläche hinausragten (Bild 8).

## 5. Schlußfolgerungen

Ausgehend von den mittleren Anteilen der Steingrößenklassen am Steinbesatz, den Höhen der Steine über der Bodenoberfläche und der Wirkungsweise der Schwadwender wurde versucht, die zu erwartende Steinaufnahme für Schwadaufnehmertrommeln mit großem und kleinem Durchmesser zu errechnen. Dabei ist zwischen der Welkguternte mit dem Schwadmäher und der Welkgutbereitung mit Anbaumähwerken und Schwadwendern zu unterscheiden.

Bei dem ersten Verfahren wird gemäht, in Schwade abgelegt und nach einer gewissen Abtrocknungszeit, meist ohne Nachbehandlung des Gutes, aufgenommen. Es ist deshalb nur mit den Steinmengen zu rechnen, die unmittelbar im wirksamen Arbeitsbereich der Aufnehmertrommeln liegen. Die bei diesem Verfahren in Abhängigkeit vom Steinbesatz je ha von den Aufnehmertrommeln mit großem und kleinem Durchmesser aufgenommenen Steinmengen bei den Steingrößenklassen sind in Bild 9 dargestellt.

Wird dagegen mit Anbaumähwerken gemäht und nach der Trocknungsphase vor dem Aufnehmen mit Schwadwendern geschwadet, so vergrößert sich die Anzahl der Steine um die Mengen, die von den Schwadwendern ins Schwad befördert werden. Da diese in das Schwad beförderten Steine meist nicht unterm, sondern im Schwad liegen, ergibt sich bei diesem Verfahren der Schwadbildung eine um das Vielfache erhöhte Steinaufnahme (Bild 10). Die Schwadbildung durch Schwadmäher schafft also wesentlich günstigere Bedingungen für den Feldhäcklereinsatz.

## Zusammenfassung

Um die Gefährdung des Feldhäckslers durch Steine zu ermitteln, wurde der Steinbesatz auf Feldfutterflächen gemessen und die Steinbewegung durch Schwadwender sowie die Steinaufnahme durch Schwadaufnehmertrommeln untersucht. Die Anzahl der von Feldhäckslern aufgenommenen Steine, die vom Steinbesatz abhängt, ist bei Aufnehmertrommeln mit großem Durchmesser geringer als bei Trommeln mit kleinem Durchmesser. Bei der Schwadbereitung mit Schwadwendern liegen die aufgenommenen Steinmengen um ein Vielfaches über denen, die beim Arbeiten mit dem Schwadmäher zu erwarten sind.

## Literatur

- [1] BUNGE, H.: Untersuchungen über Umfang, Zusammensetzung und zeitlichen Verlauf der Instandhaltungskosten der Haupterzeugnisse des Kombinat. Abschlußbericht VEB Kombinat Fortschritt, Landmaschinen, Neustadt (Sachsen)
- [2] ROSSDEUTSCHER, H.: Beitrag zur Ackerbodenentsteinung im Endmoränengebiet. Dissertation 1968 Humboldt-Universität zu Berlin A 8079

Dr. G. OTTO

## Zur Abscheidung von Fremdkörpern aus Halmfutterschüttungen

### 1. Aufgabenstellung

Untersuchungen speziell über das Schwadhäckseln zeigen, daß in Abhängigkeit vom Steinbesatz auf Feldfutterflächen den Arbeitsorganen der Feldhäcksler Steine zugeführt werden, die zu erheblichen Schäden an den Baugruppen führen können. Der Anteil der Instandhaltungskosten wird durch die von Fremdkörpern hervorgerufenen Schäden erheblich beeinflußt.

Aufgabe der Untersuchungen soll es sein, unter Berücksichtigung physikalisch-mechanischer Stoffeigenschaften der zu trennenden Komponenten — Steine und Halmfutter — Trennkriterien abzuleiten, und auf deren Grundlage Trenneinrichtungen zu entwickeln und zu untersuchen, die den Anforderungen moderner Häckselverfahren entsprechen.

Dem vorgesehenen Verwendungszweck entsprechend, sind — ein hoher Steinabscheidungsgrad  $\eta_A$   
— ein hoher Durchsatz  $D$  und  
— eine hohe Funktionssicherheit

bei geringen Futterverlusten die entscheidenden Kriterien für die Bewertung der Eignung derartiger Trenneinrichtungen.

### 2. Methode der Untersuchungen

#### 2.1. Auswahl von Trennkriterien und Entwicklung von Trenneinrichtungen

Obwohl in einer Anzahl von Stoffeigenschaften der zu trennenden Komponenten — Halmfutter und Steine — Unterschiede bestehen, ergeben sich wesentliche Unterschiede allein aus einer qualitativen Beurteilung von Form, Härte, Dichte und den Reibungszahlen mit anderen Stoffen. Aus diesen mechanischen Eigenschaften lassen sich Kriterien für die Schaffung von Trenneinrichtungen ableiten.

#### 2.1.1. Funktionsprinzipien von Trenneinrichtungen und deren technischer Aufbau

##### 2.1.1.1. Dichte und Form als Trennkriterien

Betrachtet man einen in einem Futterstromquerschnitt liegenden Stein, so besteht statisches Gleichgewicht, wenn folgende Gleichgewichtsbedingungen erfüllt sind (Bild 1):

$$\Sigma P \rightarrow = 0 \quad (1)$$

$$\Sigma M \curvearrowright = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma P \uparrow = W - G = 0 \quad G = m \cdot g \quad (3)$$

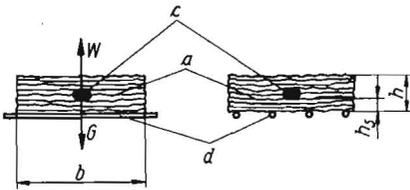


Bild 1. Funktionsprinzip – Dichte und Form von Steinen und Halmfütterpflanzen als Trennkriterien; *a* Gutstrom, *b* Futterschichtbreite, *c* Stein, *d* Tragroststäbe; *G* Schwerkraft des Steines, *W* Widerstandskraft der Futterschicht, *h* Futterschichthöhe, *h<sub>S</sub>* Futterschichthöhe unter dem Stein

Bild 2. Funktionsschema einer Trenneinrichtung zum Abscheiden von Steinen aus Halmfütterpflanzen mit Hilfe von Stachelwalzen; *a* Zuführband, *b* Fördereinrichtung, *c* Gutstrom mit Fremdkörpern, *d* Steine, *e* Förderer für Weitertransport, *f* Auffangbehälter, *g* Trennwalzen mit  $v_{u1} < v_{u2} < v_{u3} < v_{u4} < v_{u5} < v_{u6}$

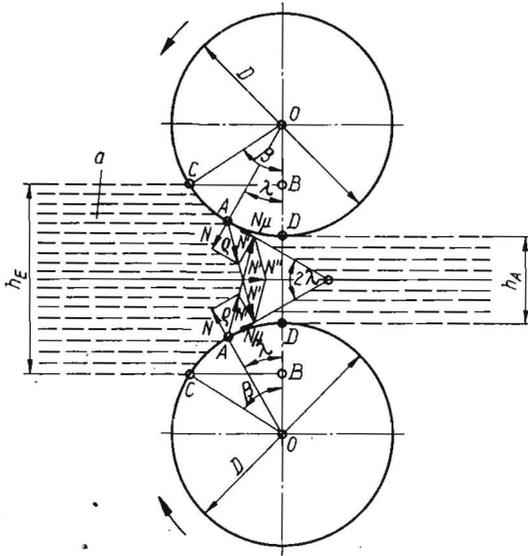
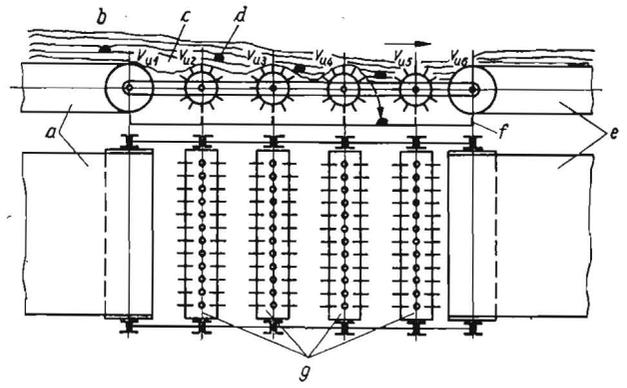


Bild 3. Abhängigkeit des Walzenöffnungswinkels  $2\lambda$  von der Reibung zwischen Walzenoberfläche und Gutstrom *a*;  
 $\lambda > \varrho$ : Futterstrom wird aus den Walzen gedrängt;  
 $\lambda \leq \varrho$ : Futterstrom wird durch die Walzen aufgenommen

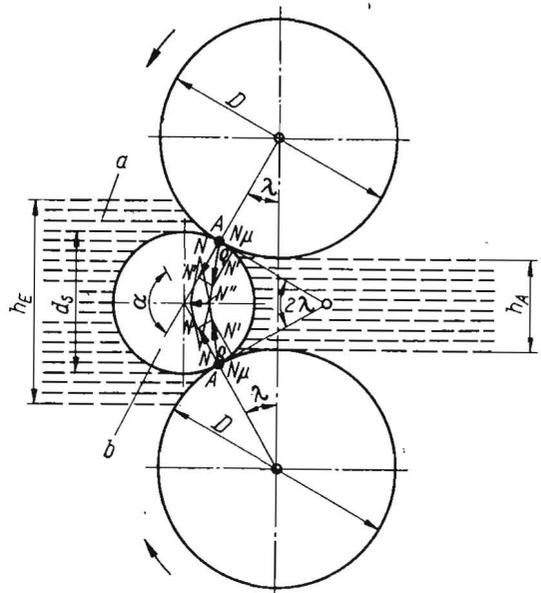


Bild 4. Abhängigkeit des Walzenöffnungswinkels  $2\lambda$  von der Reibung zwischen Walzenoberfläche und dem im Gutstrom *a* befindlichen Stein *b*;  
 $\lambda > \varrho$ : Stein wird aus der Walze gedrängt;  
 $\lambda \leq \varrho$ : Stein wird zwischen den Walzen aufgenommen

Soll der Stein aus dem Futterstrom ausgeschieden werden, so muß die Bedingung

$$G > W$$

erfüllt sein.

Während die Schwerkraft *G* für einen bestimmten Stein festliegt, wird die Widerstandskraft *W* der Futterschicht *h<sub>S</sub>* unter dem Stein durch verschiedene Faktoren beeinflusst, so z. B. durch

- Gutart
- Trockensubstanzgehalt des Gutes
- Futterschichthöhe
- Unterlage (z. B. Rostabstand s. Bild 1)

Technisch beeinflussbar sind von diesen Größen die Futterschichthöhe und die Unterlage.

Für die Verringerung der Futterschichthöhe *h* wurde eine Batterie von kurvengesteuerten Stachelwalzen verwendet, deren Umfangsgeschwindigkeiten die Bedingung

$$v_{u1} < v_{u2} \dots < v_{un}$$

erfüllen. Der Abstand der kurvengesteuerten Stachelwalzen ließ sich stufenlos verändern (Bild 2).

### 2.1.1.2. Form, Härte und Reibungszahl als Trennkriterien

Auf Unterschieden hinsichtlich Härte und Reibungszahlen zwischen den zu trennenden Komponenten und anderen Stoffen beruht das Funktionsprinzip von zwei gegenläufig

rotierenden Walzen [1]. Bei diesem Trennelement sollen das Halmfutter zwischen den Walzen eingezogen und die Steine abgeschieden werden (Bilder 3 und 4).

Für den störungsfreien Durchgang des Gutstromes durch das Walzenpaar muß die Beziehung

$$\lambda \leq \varrho_{F, St}$$

erfüllt sein.

Darin bedeuten:

- h<sub>E</sub>* Höhe des Gutstromes beim Zutritt in die Walzen
- h<sub>t</sub>* Höhe des Gutstromes an der Stelle des geringsten Walzenabstandes

- $\varrho_{F, St}$  Reibungswinkel zwischen Futterpflanzen und Stahl
- $\lambda$  halber Öffnungswinkel der Walzen zwischen den Tangenten in den Punkten A

Für die Abscheidung des Steines muß die Bedingung

$$\lambda \geq \varrho_{S, St}$$

erfüllt sein (Bild 4).

Darin bedeuten:

- $\lambda$  halber Öffnungswinkel der Walzen zwischen den Tangenten in den Punkten A
- $\varrho_{S, St}$  Reibungswinkel zwischen Stein und Stahl

Aus den dargestellten Beziehungen ergibt sich, daß die Funktionsweise einer derartigen Trenneinrichtung durch ver-

schiedene technische und pflanzenbauliche Faktoren beeinflusst werden kann:

— Pflanzliche Einflußgrößen

- Futterschichthöhe
- Futterart
- Steingröße

— Technische Einflußgrößen (gewählt)

- Walzendurchmesser 216 mm
- Umfangsgeschwindigkeit der Walzen 4,26 und 6,33 m/s
- Anpresskraft je cm Walzenlänge 1,58; 2,58 und 3,58 kp/cm

### 2.2. Aufbau der Versuchsstände und Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen wurden an stationären Versuchsständen vorgenommen.

Die Beschickung der Trenneinrichtungen erfolgte über ein Zuführband mit einer Breite von 1 m und einer Länge von 6 m. Die Zuführgeschwindigkeit betrug bei allen Versuchen 6 km/h (Bild 5).

Die spezifische Schwadmasse wurde im Bereich von 4 bis 14 kg/m variiert.

Aus der Fahrgeschwindigkeit und den spezifischen Schwadmassen ergibt sich ein Durchsatz von 24 bis 84 t/h, der den geforderten Durchsatz an modernen Feldhäckslern gewährleistet.

Nach Untersuchungsergebnissen von WÜNSCHE [2] ergibt sich unter Beachtung der Steinform und -größe bezogen auf die Fläche des Zuführbandes der für diese Untersuchungen anzunehmende Steinbesatz, der nach einem bestimmten Plan auf das Zuführband in der halben Schwadhöhe so verteilt wurde, daß Steine verschiedener Größe in einer Ebene liegen (Bild 6).

Jede Versuchsvariante wurde in 3 Parallelen durchgeführt. Bei jedem Versuch wurden ermittelt:

— Steinabscheidungsgrad  $\eta_A$

$$\eta_A = \frac{n_A}{n_S}$$

Darin bedeuten:

- $n_S$  Anzahl der Steine im Schwad
- $n_A$  Anzahl der aus dem zugeführten Gutstrom abgetrennten Steine

— Durchsatz

— Antriebsdrehmoment bzw. elektrische Leistungsaufnahme

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Aufnehmertrommel als Trennorgan

Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich die in Bild 7 dargestellten allgemeinen Zusammenhänge ableiten.

Unter den vorliegenden Bedingungen betrug der Leerlaufleistungsbedarf 2,75 kW und der Antriebsleistungsbedarf bei einer spezifischen Schwadmasse von 12 kg/m 3,05 kW.

### 3.2. Walzenpaar als Trennorgan

#### 3.2.1. Steinabscheidungsgrad $\eta_A$

Vom technologischen Ablauf her erfolgte die Abscheidung der Fremdkörper

- ohne Unterbrechung der Gutstromzufuhr und
- mit Unterbrechung der Gutstromzufuhr zur Trenneinrichtung.

Bei der Abscheidung der Fremdkörper ohne Unterbrechung der Gutstromzufuhr wurde der Stein so getrennt, daß er außerhalb des Bewegungsbereichs des Gutstromes abgelegt wurde. Eine weitere Beeinflussung der Funktion der Trenneinrichtung durch den Stein ist damit ausgeschaltet.

Eine Unterbrechung des Arbeitsflusses tritt auf, wenn Steine durch das zwischen den Walzen aufgenommene Halmgut an das Trennorgan gezogen werden (Bild 8).

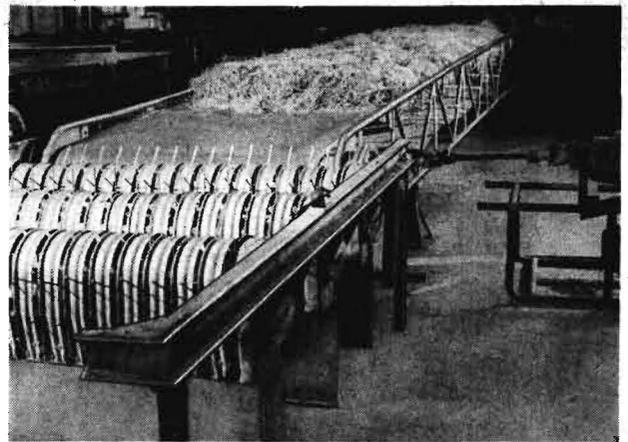


Bild 5. Nach den Trennkriterien Dichte und Form arbeitende stationäre Fremdkörperabscheidevorrichtung mit 3 Trennelementen und Zuführband

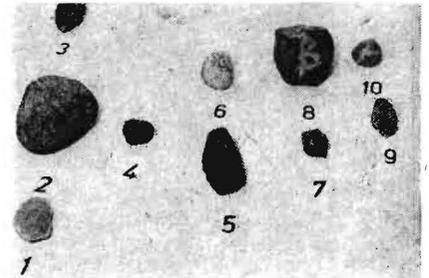


Bild 6. Steinverteilungsplan

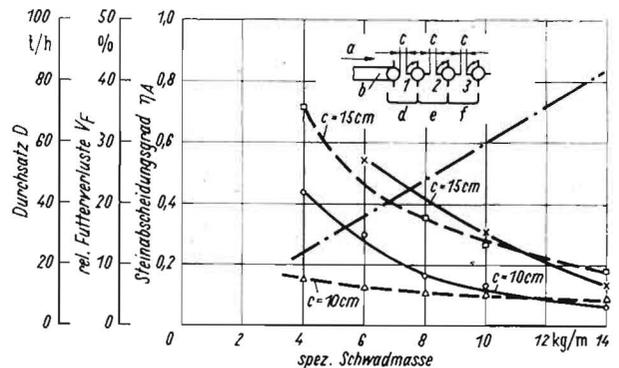
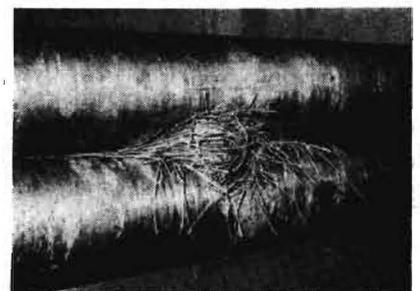


Bild 7. Durchsatz  $D$ , Steinabscheidungsgrad  $\eta_A$  und relative Futterverluste  $V_F$  in Abhängigkeit von der spezifischen Schwadmasse; Gutart Gras, mittlere Halmgröße 23 cm, Variationsbreite 12...36 cm, mittlerer TS-Gehalt 34%, Zuführgeschwindigkeit des Schwades 1,67 m/s, mittlere Umfangsgeschwindigkeit der Trennelemente  $v_{U1} = 2$  m/s,  $v_{U2} = 4$  m/s,  $v_{U3} = 6$  m/s;  $a$  Beschickungsrichtung,  $b$  Zuführband,  $c$  Breite der Durchgangsfläche,  $d, e, f$  Auffangbehälter, 1, 2, 3 Nr. der Trennelemente — — — —  $\eta_A = f$  (spez. Schwadmasse), - - - -  $V_F = f$  (spez. Schwadmasse), ······  $D = f$  (spez. Schwadmasse)

Bild 8. Zwischen den Trennwalzen eingezogener Stein



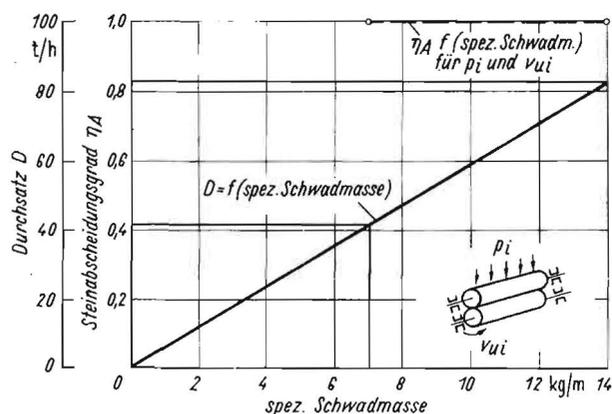


Bild 9. Durchsatz  $D$  und Steinabscheidungsgrad  $\eta_A$  in Abhängigkeit von der spezifischen Schwadmasse. Gutart Gras, mittlere Halmlänge 23 cm, Variationsbreite 12...36 cm, mittlerer TS-Gehalt 34%, Zuführungsgeschwindigkeit des Schwades 1,67 m/s, Anpreßkraft der Walzen je cm Walzenlänge  $p_1 = 1,58$  kp/cm,  $p_2 = 2,58$  kp/cm,  $p_3 = 3,58$  kp/cm, Umfangsgeschwindigkeit der Walzen  $v_{u1} = 4,20$  m/s,  $v_{u2} = 6,33$  m/s

Ein derartiger Effekt bildet den Ausgangspunkt für Verstopfungen der Trenneinrichtung. Der Stein wird aber an nachgeschaltete Arbeitsorgane des Verfahrens nicht weitergeleitet.

Bei relativ kurzem und trockenem Halmgut zerriß der den Stein umschließende Futterstrang, so daß es zu keiner Unterbrechung des Arbeitsflusses kam.

Unabhängig von den verschiedenen Wirkungen, die ein in einem Futterstrom an die Trenneinrichtung herangeführter Stein zur Folge hat, wurde für alle anstellbaren technischen Einflußgrößen im untersuchten Durchsatzbereich ein Steinabscheidungsgrad  $\eta_A = 1$  erreicht (Bild 9).

### 3.3. Antriebsleistungsbedarf

Das ermittelte Antriebsdrehmoment und die Antriebsleistung sind in Bild 10 dargestellt.

Nahzu unabhängig von der Umfangsgeschwindigkeit und der Anpreßkraft der Trennwalzen lassen sich die ermittelten Ergebnisse den zugeführten Schwaden mit und ohne Steinbesatz zuordnen. Während Schwade ohne Steine ein Antriebsdrehmoment im Bereich von 15 bis 20 kpm erfordern, treten bei Schwaden mit Steinen etwa Werte mit vierfacher Höhe auf.

### 4. Folgerungen

Wegen des unzureichenden Steinabscheidungsgrades  $\eta_A$  und der hohen Futterverluste scheiden die zu einer Batterie angeordneten Aufnehmertrömmeln, die auf der Grundlage der

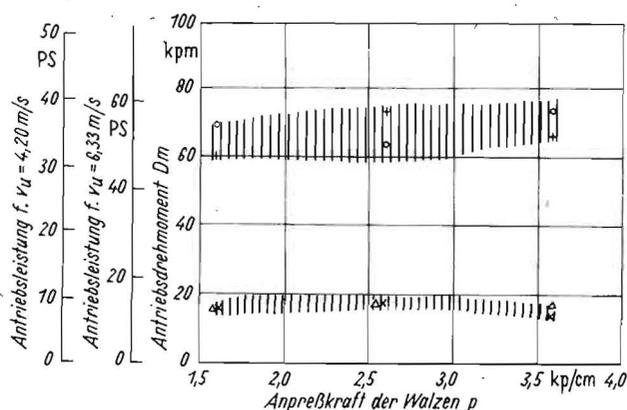


Bild 10. Mittleres Antriebsdrehmoment und mittlere Antriebsleistung in Abhängigkeit von der Anpreßkraft der Walzen; Gutart Gras-welk, TS-Gehalt 39%, spezifische Schwadmasse 14 kg/m, Zuführungsgeschwindigkeit des Schwades 1,67 m/s, Durchsatz 84 t/h, Durchmesser der Walzen 216 mm;

Meßpunkt	Umfangsgeschw. m/s	Steinbesatz
+	6,33	mit
×	6,33	ohne
o	4,20	mit
Δ	4,20	ohne

Trennkriterien Dichte und Form arbeiten, für die Verwendung in modernen leistungsfähigen Verfahren der Halmfutterproduktion aus.

Das Walzenpaar als Trennkriterien genutzt werden, kann nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen als Trennorgan sowohl in mobilen als auch stationären Häckselverfahren den Anforderungen genügen.

Die Untersuchungen sind auf das Ausscheiden von anderen Fremdkörpern (z. B. metallischen) weiterzuführen.

### Zusammenfassung

Es wurden Funktionsprinzipien von Trenneinrichtungen und deren technischer Aufbau dargelegt, die auf der Grundlage der Stoffeigenschaften Form, Härte, Dichte und Reibungszahlen der zu trennenden Komponenten — Halmfutter und Steine — zu anderen Stoffen arbeiten. Erste Untersuchungsergebnisse werden mitgeteilt.

### Literatur

- [1] OTTO, G.: Die Abscheidung von Fremdkörpern aus Halmfutterschüttungen. Abschlußbericht des IML Potsdam-Bornim 368021-8-530 unveröffentlicht
- [2] WUNSCH, G.: Der Steinbesatz auf Feldfutterflächen und sein Einfluß auf den Einsatz von Schwadwendern. Abschlußbericht des IML Potsdam-Bornim 368021-8-530 unveröffentlicht A 8082

## Untersuchungen zur Durchsatzsteigerung bei der Silageentnahme aus Hochsilos

Dipl.-Ing. E. SCHERPING

### 1. Aufgabenstellung

Bei der mechanischen Entnahme von Silage aus Hochsilos unterscheidet man zwischen Oben- und Untenentnahmemaschinen.

Die Obenentnahmemaschinen lösen die Silage vom Futterstock und fördern sie zu einem inneren oder über ein Gebläse zu einem außerhalb des Silos liegenden Abwurfschacht. Die Arbeitswerkzeuge für das Lösen sind vorzugsweise an Schnecken oder Ketten befestigt.

In der DDR eingesetzte Entnahmemaschinen entnehmen die Silage von der Futterstock-Oberfläche und besitzen Schnecken als Werkzeugträger. Der Vorschub der Fräswerkzeuge erfolgt im allgemeinen über ein Antriebsrad auf der Futterober-

fläche, seltener über einen Ringträger mit Triebstockverzahnung. Durchsatz, Funktionssicherheit und vorhandene Lösungen für die Automatisierung der Entnahme entsprechen noch nicht den Anforderungen.

Das Ziel laufender Untersuchungen ist es, Berechnungsgrundlagen für Entnahmemaschinen zu schaffen. In diesem Beitrag wird über einige Beziehungen zwischen Einsatzkennwerten der Entnahmemaschinen und technischen Veränderlichen berichtet. Die mit einer Doppelschnecken-Entnahmemaschine ermittelten Ergebnisse werden mit den theoretisch berechneten verglichen. Aus den Ergebnissen sind Schlußfolgerungen für die weitere Erhöhung des Durchsatzes und der Funktionssicherheit von Entnahmemaschinen abzuleiten.