

# Vereinfachte Massestromregelung für die Befüllung von Hochsilos mit Gurtbandsteilförderern

Dipl.-Ing. W. Schwarz, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## 1. Problem- und Aufgabenstellung

Die maschinentechnische Ausrüstung zur Befüllung von Hochsilos HS 25 besteht im Normalfall aus einem Dosierer DS 300 mit dem Förderband FB 80-4/5, dem Steilförderer T 234 und einem Verteilförderer. Dosierer werden eingesetzt, um bei kürzesten Entladezeiten der Fahrzeuge eine gleichmäßige Zuführung des Siliergutes zu den nachfolgenden Fördereinrichtungen zu gewährleisten. Beim Abkippen des Siliergutes von den Transportfahrzeugen kommt es zu unterschiedlichen Schütthöhen im Dosierer. Um eine gleichmäßige Siliergutaufgabe auf das Förderband FB 80-4/5 zu erreichen, ist es erforderlich, die Zuführgeschwindigkeit des Siliergutes zu den Fräswalzen ständig entsprechend dem jeweiligen Schüttgutquerschnitt zu verändern, so daß der Massestrom als Produkt der veränderlichen Größen Abfräsquerschnittsfläche und Zuführgeschwindigkeit annähernd konstant bleibt.

In der serienmäßigen Ausführung wird die Geschwindigkeit der Stegkette über einen polumschaltbaren Antriebsmotor und ein stufenlos regelbares Getriebe durch die Bedienperson mit einem Handrad eingestellt. Um eine ständige Handverstellung zu vermeiden, ist zu untersuchen, inwieweit durch den Einsatz eines Reglers die Stegkettengeschwindigkeit und dadurch der Massestrom automatisch optimal eingestellt werden kann. In vorhergehenden Untersuchungen wurde der Wirkleistungsbedarf der Frästrommeln als Meßsignal zur Massestromregelung benutzt [1]. Die Stoffeigenschaften, wie Gutart, Häcksellänge, Trockensubstanzgehalt und Schüttdichte, beeinflussen den Wirkleistungsbedarf der Fräswalzen, so daß ein eindeutiges Meßsignal zur Massestromregelung nicht abgeleitet werden kann. Dies bestätigte sich erneut bei der Wiederholung der Untersuchungen zur vergleichweisen Einschätzung der Regelungsqualität. Der Vorteil einer kurzen Regelstrecke kann nicht genutzt werden.

In der Maschinenkette ist der Steilförderer massestrombegrenzend. Vor allem bei Frischgut (Mais) reicht die installierte Antriebsleistung der zwei Antriebsmotoren von je 7,5 kW nicht aus. Bei leichtem Welkgut wird der Volumenstrom durch den Förderquerschnitt begrenzt. Zu den Anforderungen an den Regler gehören:

- relativ konstanter Massestrom vom Dosierer
- vollständige Auslastung des Steilförderers
- Verhinderung von Verstopfungen der Förderstrecke
- einfacher und betriebssicherer Aufbau.

## 2. Methode

Als Meßsignal zur Bildung der Regelabweichungen wird der Wirkleistungsbedarf  $P$  des Steilförderers benutzt, da Änderungen des Massestromes einen direkten Einfluß auf die zu leistende Hubarbeit der Antriebsmotoren des Steilförderers haben. Nachteilig ist eine relativ lange Regelstrecke mit einer Verzögerungszeit von etwa 15 s, nach der sich eine Änderung der Stellgröße Stegkettengeschwin-

digkeit voll auf die Meßgröße auswirkt (Bild 1).

Eine Kaskadenregelung zur Ausnutzung beider Meßgrößen wird nicht empfohlen [1], um den regelungstechnischen Aufwand in Grenzen zu halten.

Zur Untersuchung eines einfachen Massestromreglers wird das zum Antrieb der Stegkette des Dosierers DS 300 serienmäßig eingesetzte stufenlos regelbare Getriebe durch ein vom Hersteller zur Fernbedienung angebotenes Getriebe vom Typ 13 APA 56-304  $\times 6 \times 2 \times 2,55$  mit Verstellmotor, Drehzahlgeber und Anzeigegerät ersetzt. Am Getriebe werden 2 Endschalter angebracht, die beim Erreichen einer Endlage von der Drehzahlanzeige betätigt werden, so daß ein Verstellen des Getriebes dann nur in der entgegengesetzten Richtung möglich ist. Die vom Hersteller am Verstellmotor als Überlastschutz in Endlagen vorgesehene Rutschkupplung reicht bei automatischem Betrieb nicht aus. Es wird ein Zweipunktregler eingesetzt, durch den beim Über- bzw. Unterschreiten einstellbarer Grenzwerte  $P_{\min}$  und  $P_{\max}$  je ein Zeitrelais erregt wird. Beim Unterschreiten von  $P_{\min}$  wird nach 12 s (Einschaltverzögerung) der Stellmotor des Getriebes 4 s lang (Ausschaltverzögerung) eingeschaltet. Beim Überschreiten von  $P_{\max}$  wird nach 6 s der Stellmotor des Getriebes 10 s lang entgegengesetzt eingeschaltet. Die Stegkettengeschwindigkeit wird dadurch bei Sollwertüberschreitungen sehr schnell vermindert, um Verstopfungen sicher zu vermeiden. Die Regelabweichungen müssen ohne Unterbrechung bis zum Ablauf der Verzögerungszeit anstehen. Bei kurzzeitigen Unter-

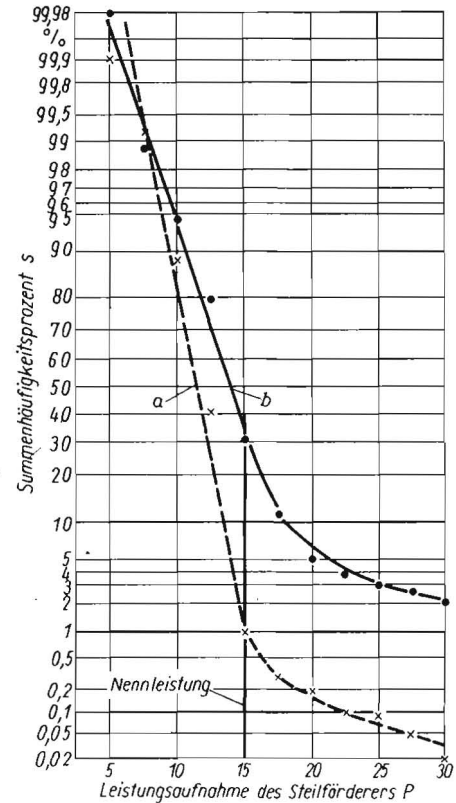
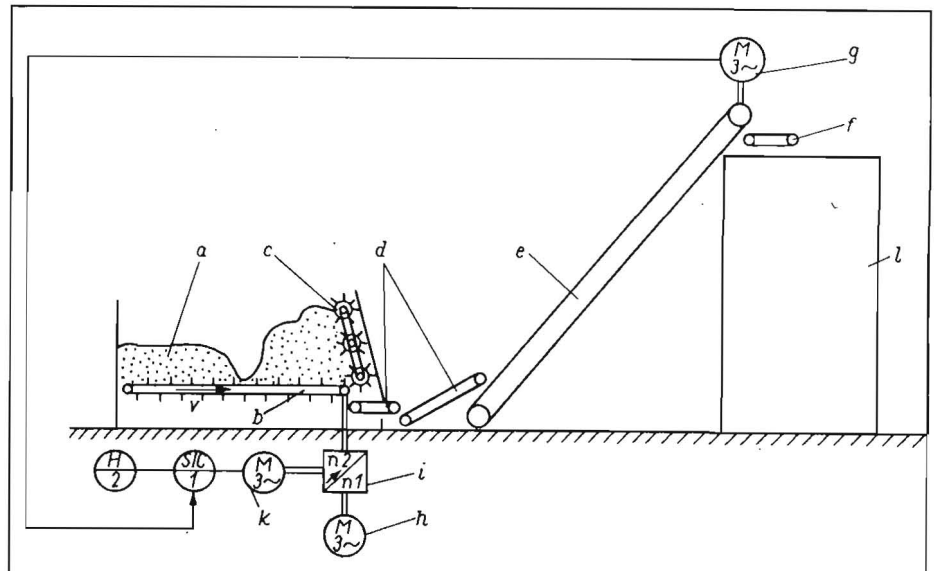


Bild 2. Summenhäufigkeitsverteilung der Leistungsaufnahme des Steilförderers im geregelten Betrieb; a Steilförderer, b Fräswalzen

Bild 1. Wirkungsschema der Massestromregelung;

a Fördergut, b Stegkette des Dosierers, c Fräswalzen des Dosierers, d Gurtbandförderer FB 80-4/5, e Steilförderer T 234, f Verteilförderer, g Antriebsmotor des Steilförderers, h Antriebsmotor der Stegkette, i stufenlos regelbares Getriebe der Stegkette, k Stellmotor des Getriebes, l Hochsilo, SIC 1 Regelung der Stegkettengeschwindigkeit, H 2 Sollwertverstellung von Hand.



brechungen wird die abgelaufene Verzögerungszeit wieder gelöst.

Die Sollwerteneinstellung wird von der Bedienperson manuell über ein Potentiometer entsprechend der visuellen Einschätzung der Auslastung der Förderstrecke vorgenommen. Die jeweilige Ausgangsdrehzahl des stufenlos regelbaren Getriebes kann an einem Anzeigegegerät abgelesen werden. Eine Verstellung von Hand ist möglich.

Während der Versuchsdurchführung wird die Leistungsaufnahme des Steilförderers mit Hilfe eines Leistungsschreibers registriert. Die durch Klassierung der Aufzeichnungen bei zeitkonstanter Abfragung ermittelten Momentanwerte werden im Summenhäufigkeitsdiagramm dargestellt.

### 3. Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Aus der Summenhäufigkeitsverteilung der registrierten Leistungsaufnahme ist ersichtlich, daß im wesentlichen eine gleichmäßige Auslastung des Steilförderers vorliegt (Bild 2). Wird als Meßgröße zur Bildung der Regelabweichung die Leistungsaufnahme des Steilförderers verwendet, so liegt nur 1% der Meßwerte über der Nennleistung. Die lange Re-

gelstrecke bewirkt offensichtlich keine größeren Regulationsschwingungen. Funktions- und Betriebssicherheit des entwickelten Reglers sind gut. Die Bedienperson wird von der ständigen Handverstellung entlastet. Die Massestromerhöhung hängt vom Oberflächenprofil des Siliergutes im Dosierer und von der Aufmerksamkeit der Bedienperson beim Betrieb ohne Regelung ab und kann zahlenmäßig nur schwer eingeschätzt werden. Im Zusammenwirken mit anderen Veränderungen an der Maschinenkette [2] sind mittlere Masseströme von 70 t/h bei Welkgut und 140 t/h bei Frischgut in der Grundzeit  $T_1$  erreicht worden. Verstopfungen werden im normalen Betrieb sicher vermieden.

Bei Verwendung der Meßgröße Leistungsaufnahme der Fräsrollen liegen 30% der Meßwerte über der Nennleistung (Bild 2).

Der Einsatz einer Massestromregelung in Hochsiloplanlagen mit Gurtbandsteilförderern wird empfohlen.

### 4. Zusammenfassung

Zur Hochsilobefüllung werden Dosierer eingesetzt, die eine gleichmäßige Zuführung des von Transportfahrzeugen abgekippten Siliergu-

tes zu nachfolgenden Fördereinrichtungen gewährleisten sollen. Es wird ein Regler unter-sucht, der in der Abhängigkeit vom Wirkleistungsbedarf eines Gurtbandsteilförderers die Zuführungsgeschwindigkeit des Förderers im Aufgabedosierer regelt. Zur Realisierung ist es erforderlich, das in den bestehenden Anlagen vorhandene regelbare Getriebe gegen ein Getriebe mit Verstellmotor auszuwechseln. Die Vor- und Nachteile verschiedener Meßgrößen zur Bildung der Regelabweichung werden erörtert und Meßergebnisse zur gleichmäßigen Auslastung des Steilförderers mitgeteilt. Durch die Regelung werden ein weitgehend konstanter Massestrom bei maximaler Auslastung der Förderstrecke, ein Schutz vor Überlastung und eine Entlastung der Bedienperson erreicht.

### Literatur

- [1] Kraut, H.: Steuer- und Regeleinrichtungen für die Maschinenketten zur Hochsilobefüllung. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 7, S. 311—313.
- [2] Ehlert, D., u. a.: Vorschläge für Rationalisierungsmaßnahmen an der Maschinenkette zur Beschickung von Hochsilos HS 25 M. agrartechnik 31 (1981) H. 8, S. 346—349.

A 1513

## Zur konstruktiven Gestaltung der Abfräeinrichtung an Grobfutterdosierern

Dipl.-Ing. D. Gatzky, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### 1. Aufgabenstellung

Die Abfräeinrichtung als wichtige Baugruppe von Grobfutterdosierern hat die Aufgabe, Futtermittel, die translatorisch stetig oder pulsierend durch entsprechende Förderelemente in einer Fräsebene bewegt werden, vom Stapelquerschnitt gleichmäßig und mit hoher Funktionssicherheit abzutrennen. Entsprechend den agrotechnischen Forderungen an die mobile und stationäre Futtermittelverteilung in der Rinderproduktion ist der Fehler der Dosiergleichmäßigkeit  $V$  bei einer Probengröße von 30 kg für lose Schüttmassen auf Strohbasis von  $V = 25\%$  und für Frischfutter und Silage von  $V = 30\%$  nicht zu überschreiten [1].

Besondere Bedeutung bei der konstruktiven Gestaltung der Abfräeinrichtungen von international und national bekannten Grobfutterdosierern haben Frästrommeln erlangt [2]. Außer in den Betriebsparametern unterscheiden sich die Dosierer in der konstruktiven Zuordnung wichtiger Funktionselemente [3]. Da zu erwarten ist, daß die Anordnung der Wirkelemente einer Abfräeinrichtung mit Frästrommeln einen wesentlichen Einfluß auf die erreichbare Arbeitsqualität eines Dosierers hat, ist aufgrund von systematischen Untersuchungen eine Gestaltungsvariante vorzuschlagen, die hinsichtlich der erreichbaren Arbeitsproduktivität ein Optimum darstellt. Weiterhin ist der Einfluß der Umfangsgeschwindigkeit der Frästrommeln auf den Dosierprozeß zu ermitteln.

### 2. Stand der Technik

Wieneke und Claus [4] weisen nach, daß mit größer werdendem lichten Abstand zwischen den Frästrommeln  $b$  (Bild 1) die Gleichmäßig-

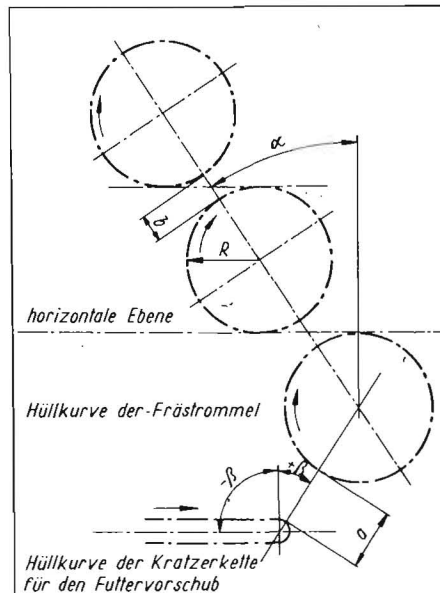


Bild 1. Konstruktive Parameter der Abfräeinrichtung

keit der ausgebrachten Futtermenge abnimmt und der Leistungsbedarf für das Abfräen von Grobfuttermitteln sinkt. Bei einem lichten Abstand  $b$  von 165 mm schwankt der Durchsatz 30 bis 40%, bei einer Spaltweite von 20 mm etwa 15 bis 20% um den gemittelten Massestrom von 12 t/h.

Werden statt drei Frästrommeln nur zwei Trommeln bei gleicher Futterstockhöhe eingesetzt, schiebt sich Futter, bedingt durch die

Vergrößerung des Spaltes, zwischen die Frästrommeln hindurch und bricht in größeren Portionen über dem Quärförderer ab [5].

Der günstigste Abstand  $b$  zwischen den einzelnen Walzen beträgt nach Ducho und Kubina [6] für das Abfräen von Maissilage 80 bis 120 mm. Kleinere Abstände lassen ein ungehindertes Abwerfen nicht zu, größere führen zu einem unregelmäßigen Transport des Materials zwischen den Walzen.

Die günstigsten qualitativen Parameter für das Dosieren von Grünmais, Klee, Silage und Strohhacksel werden bei einem Neigungswinkel der Abfräebene zur Vertikalen von  $\alpha = 32^\circ$  ermittelt [7]. Die Größe der Neigung  $\alpha$  ist abhängig vom Schüttwinkel  $\varphi$ , wobei folgende Beziehung gilt:

$$\alpha = 90^\circ - \varphi \quad (1)$$

Für Maissilage wird von den Autoren ein Neigungswinkel  $\alpha = 20^\circ$  empfohlen [6]. Für das Dosieren von Welkgut, Grünmais und Strohhacksel im stationären Annahmedosierer H 10.1 ist eine Neigung  $\alpha = 30^\circ$  geeignet. Um pelletierte Futtermittel mit hoher Dosierqualität zu verarbeiten, ist eine Schrägstellung der Fräsebene von mindestens  $\alpha = 50^\circ$  erforderlich [8].

Bei senkrechter Anordnung der Fräsebene werden die Frästrommeln unterschiedlich mechanisch beansprucht, wobei die untere und die mittlere Trommel einen wesentlich höheren Drehmomentenbedarf als die obere Trommel haben [5]. Livsič und Omel'čenko [7] empfehlen deshalb die schräge Anordnung der Frästrommeln ( $\alpha > 0^\circ$ ), die zur Entlastung der unteren Trommel führt und den Gesamtleistungsbedarf senkt.