

Materialaufwand von allen betrachteten Lösungen.

Als vertretbarer Kompromiß bietet sich die Variante I/1 an, die von den Kennzahlen her günstiger als Variante I/2 ist und von der Funktion her mehr Sicherheit als Variante II bietet.

#### 4. Zusammenfassung

Für den Einsatz von Stroh in der Rinderfütterung wird das Verfahren der gemeinsamen Silierung mit Mais in Hochsilos untersucht. Dieses Verfahren bietet sowohl Vorteile im Energieaufwand bei der Strohaufbereitung, bei der Gewinnung von Reserven durch Verhinderung der Sickersaftverluste als auch im Hinblick auf eine schonende Behandlung der Bau-

substanz. Wichtig ist ferner, daß das Stroh kurz nach der Ernte in einem fütterungswürdigen Zustand seinem Zweck zugeführt werden kann und nicht durch unzuweckmäßige Lagerung im Wert erheblich gemindert wird.

Es werden technologische Gestaltungslösungen für das Verfahren dargestellt, aus denen heraus Ausrüstungsvarianten erarbeitet werden. Die Ausrüstungslösungen werden zum Zweck der Entscheidungsfindung mit Hilfe von Elementen der Gebrauchswert-Kosten-Analyse bewertet und beurteilt.

#### Literatur

[1] Berg, F.: Verfahren der Trockengrobfutterproduktion. agrartechnik 29 (1979) H. 3, S. 118—120.

- [2] Piatkowski, B.: Die Wirkung des Pelletierens oder Mahlens von Stroh auf die Futteraufnahme und Milchleistung. Arch. Tierzucht, Berlin 19 (1976) H. 2, S. 87—93.
- [3] Weise, G.; Fechner, M.; Rübensam, A.: Bericht zur Frischsilage-Produktion in HS 25-M. Institut für Futterproduktion Paulinenaue, Forschungsbericht 1976 (unveröffentlicht).
- [4] Bendull, K.; Dahse, F.: Die Bewertung von Verfahren der Tierproduktion in der Phase von Forschung und Entwicklung unter Anwendung von Elementen der Gebrauchswert-Kosten-Analyse. agrartechnik 26 (1976) H. 8, S. 386—389.

A 2461

## Dimensionierung langer Förderschnecken zur Silageförderung

Dipl.-Ing. W. Schwarz, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### 1. Problemstellung

Zur Silageförderung im Entnahmekanal des Hochsilos HS 25 wird serienmäßig der Trogkettenförderer FK 60/1 eingesetzt, dessen Verschleiß- und Korrosionsverhalten jedoch noch unbefriedigend ist. Nach jeder Entnahmeperiode muß eine Konservierung der Kette des Förderers erfolgen. Kettenrisse mindern die Betriebssicherheit. Der Trogkettenförderer soll deshalb durch einen Förderer ersetzt werden, dessen Verschleiß- und Korrosionsverhalten günstiger ist und der bei hoher Funktions- und Betriebssicherheit Masseströme von 20 t/h durchsetzt.

Für die extremen Bedingungen im Entnahmekanal erscheint die einfache Konstruktion des Schneckenförderers besonders geeignet. Im Hochsilo HS 25 ist für die Entnahme eine Schneckenlänge von etwa 8 m notwendig. Industriell gefertigte Schnecken dieser Länge benötigen Zwischenlager, da schon infolge der Eigenmasse große Durchbiegungen auftreten. In Vorversuchen hat sich gezeigt, daß an Zwischenlagern bei Silageförderung immer Verstopfungen auftreten. Versuche mit unterschiedlich ausgeführten Lageraufhängungen führten zu keiner Änderung der Verstopfungsneigung. Deshalb bestand die Aufgabe, für die

Silageförderung ausreichend lange Förderschnecken zu dimensionieren, zu fertigen und zu erproben.

### 2. Lösungsmethode

Die Ermittlung der optimalen Abmessungen der Förderschnecke erfolgt auf einer EDV-Anlage. Kriterium für die Berechnung ist eine vorgegebene maximal zulässige Durchbiegung von 10 mm infolge der Eigenmasse. Aus dem Programmablaufplan (Bild 1) ist ersichtlich, daß zunächst die in Frage kommenden Schnecken-durchmesser mit den dazugehörigen Steigungen und die möglichen Blechdicken für das Schneckenrohr als konstante Daten eingegeben werden. Der Standard TGL 9182 enthält die genormten Durchmesser und Steigungen. Für die durchzurechnenden Varianten sind noch spezielle Angaben erforderlich (Tafel 1). Vom Rechner wird zunächst die erforderliche Schneckenfläche  $A$  in  $\text{mm}^2$  aus Volumenstrom  $V$ , Drehzahl  $n$ , Füllungsgrad  $\varphi_f$  und Schneckensteigung  $h_g$  in mm ermittelt:

$$A = \frac{V \cdot 10^9}{n \cdot \varphi_f \cdot h_g \cdot 60}$$

Die Rohraußen- und -innendurchmesser  $d_a$  und  $d_i$  ergeben sich aus Schneckendurchmesser  $D$ , Fläche  $A$  und Blechdicke des Rohres  $s$ . Es wird ein Mindest-Rohrdurchmesser von 50 mm gefordert:

$$d_a = \sqrt{D^2 - \frac{4A}{\pi}}$$

$$d_i = d_a - 2s.$$

Tafel 1. Erforderliche Parameter zur Schneckenberechnung

Größe	Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung im Programm
Volumenstrom	$V$	$\text{m}^3/\text{h}$	QV
Schnecken-drehzahl	$n$	U/min	L
Füllungsgrad	$\varphi_f$	—	GR
Schneckenlänge	$L$	mm	LG
Blechdicke der Wendel	$w$	mm	WS

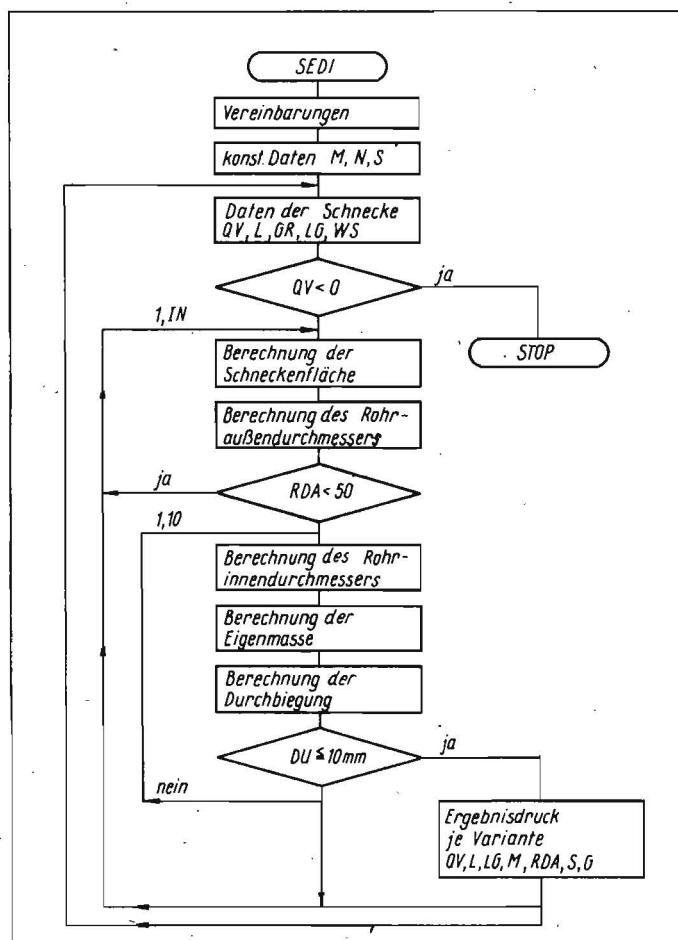


Bild 1  
Programmablaufplan zur Berechnung der optimalen Schneckenabmessungen;  
M Außendurchmesser der Schnecke, N Schneckensteigung, S Blechdicke des Rohres, QV Volumenstrom, L Schnecken-drehzahl, GR Füllungsgrad, LG Schneckenlänge, WS Blechdicke der Wendel, RDA Außendurchmesser des Rohres, DU Durchbiegung, G Eigenmasse

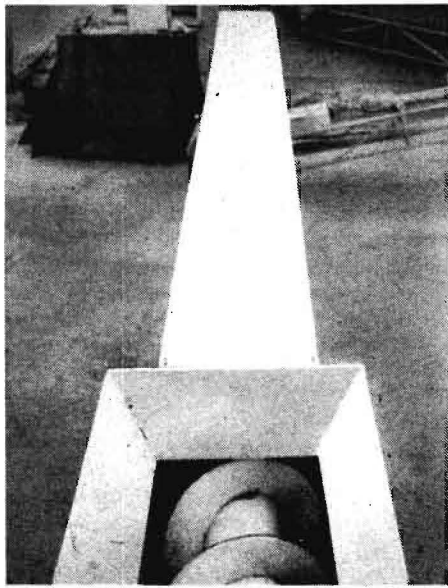


Bild 2  
Schneckenförderer

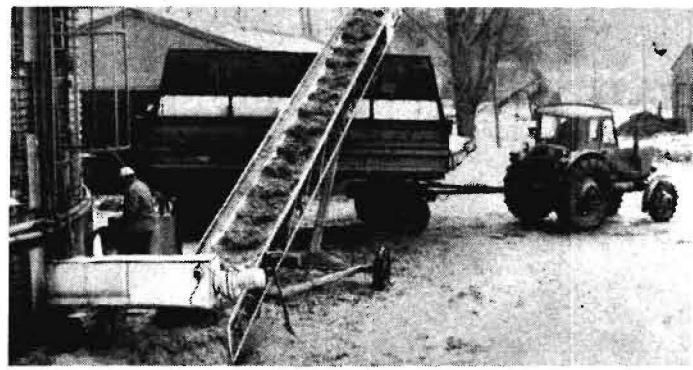


Bild 3  
Entnahme aus dem Hochsilo  
mit Hilfe des Schnecken-  
förderers

Tafel 2. Ausgewählte Berechnungsergebnisse

Schneckenlänge	mm	5 500	8 000	9 000	9 500
Schneckendurchmesser	mm			400	
Außendurchmesser des Rohres	mm			201	
Blechdicke des Rohres	mm	1,5	1,5	3,5	6,0
spezifische Eigenmasse	kg/m	13,6	13,6	25,3	35,1

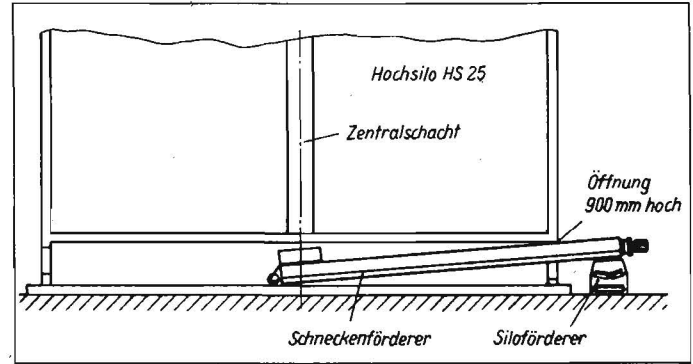


Bild 4. Anordnung des Schneckenförderers im Hochsiloentnahmekanal

Die Durchbiegung  $f$  in mm errechnet sich nach:

$$f = \frac{5 q L^4}{384 E J}$$

$q$  spezifische Eigenmasse in kg/mm

$$q = \left[ (d_a^2 - d_i^2) \frac{\pi}{4} + \frac{A s}{h_c} \right] \frac{\rho}{10^6}$$

$J$  Trägheitsmoment

$$J = \frac{d_a^4 - d_i^4}{20}$$

$E$  Elastizitätsmodul ( $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/mm}^2$ )

$\rho$  Dichte ( $\rho = 7,85 \text{ kg/dm}^3$ ).

Ist die vom Rechner ermittelte Durchbiegung  $f > 10 \text{ mm}$ , werden zunächst die Blechdicke des Rohres und dann der Schneckendurchmesser  $D$  entsprechend den eingegebenen Werten erhöht. Ist  $f \leq 10 \text{ mm}$ , wird die Variante als Ergebnis mit Volumenstrom, Schneckendrehzahl, -länge und -durchmesser, Außendurchmesser des Rohres und Blechdicke sowie spezifischer Eigenmasse der Schnecke ausgedruckt.

Die berechnete Förderschnecke muß in Einzelanfertigung hergestellt werden. Das erforderliche dünnwandige Schneckenrohr mit relativ großem Durchmesser wird aus Blech gefertigt und zusammengeschweißt. Der Innendurchmesser industriell gefertigter Schneckenwendeln wird entsprechend dem Rohrdurchmesser vergrößert. Die Förderschnecke läuft in einem voll geschlossenen Trog (Bild 2).

Der komplette Schneckenförderer ist in einem Förderkreislauf mit gehäckseltem Mais als Fördergut im Probetrieb untersucht worden. Zur dosierten Beschickung wurde ein Futterverteilungswagen eingesetzt. Eine Dauererprobung erfolgte unter Praxisbedingungen in der Entnahmeperiode 1978/79 im Hochsilo HS 25 in Potsdam-Bornim (Bild 3). Die Befüllzeit und Lademasse je Anhänger sowie der elektrische Leistungsbedarf wurden registriert. Als Fördergut wurde Grünroggenwelsilage mit

einem Trockenmassegehalt von 30 bis 35% eingesetzt.

### 3. Ergebnisse

Die vom Rechner ausgedruckten Konstruktionsparameter gelten für folgende Eingabedaten:

- Volumenstrom  $\dot{V} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$
- Schneckendrehzahl  $n = 300 \text{ U/min}$
- Füllungsgrad  $\varphi_f = 0,5$
- Schneckenlänge  $L = 5 500, 8 000, 9 000, 9 500 \text{ mm}$
- Blechdicke der Wendel  $w = 3 \text{ mm}$ .

Der Volumenstrom entspricht bei einer Dichte von  $80 \text{ kg/m}^3$  für Welsilage einem Massestrom von  $24 \text{ t/h}$ . Die verschiedenen Schneckenlängen berücksichtigen unterschiedliche Silodurchmesser. Bei konstantem Durchsatz bleiben Schnecken- und Rohrdurchmesser konstant. Die Rohrblechdicke ist abhängig von der Schneckenlänge, die Mindestdicke beträgt  $1,5 \text{ mm}$  (Tafel 2). Der nach diesen optimierten Parametern für den speziellen Einsatzfall des Hochsilos HS 25 gefertigte und erprobte Schneckenförderer hat folgende technische Daten:

- Schneckendurchmesser 400 mm
- Außendurchmesser des Rohres 200 mm
- Schneckenlänge 8 000 mm
- Blechdicke des Rohres 3 mm
- Blechdicke der Wendel 4 mm

Antrieb:

- Getriebeflanschmotor Z4 KR 112. 2/4
- Drehzahl 200 U/min
- Leistung 4 kW.

Im Probetrieb konnte mit Mais ein Massestrom von  $20 \text{ t/h}$  bei einer elektrischen Leistungsaufnahme von  $5 \text{ kW}$  durchgesetzt werden. Bei der Entnahme von Grünroggenwelsilage wird unter Praxisbedingungen ein maximaler Massestrom von  $25 \text{ t/h}$  ( $T_1$ ) bei einem Leistungsbedarf von 2 bis  $3 \text{ kW}$  erreicht. Funktions- und Betriebssicherheit sind gut. Schneckenverstopfungen sind nur bei ungleichmäßiger Beschickung (nach Zentralschacht-

verstopfung) aufgetreten. Förderverluste treten durch den allseitig geschlossenen Schnecken-trog nicht auf, so daß Verunreinigungen des Entnahmekanals durch Siliergut vermieden werden.

### 4. Diskussion der Ergebnisse

Mais und Grünroggenwelsilage sind ideale Fördergüter für den reibungsintensiven Schneckenförderer. Die feuchte Silage bildet einen Schmierfilm, der den relativ geringen Leistungsbedarf verursacht. Der maximal durchsetzbare Massestrom kann bei anderen Fördergütern, z. B. bei Welsilage aus Wiesen-gras, bei steigendem Leistungsbedarf absinken. Beim Einsatz von Schneckenförderern auf den zu errichtenden Hochsilobatterien sind der Entnahmekanal und die Lukenöffnung so aus-zuführen, daß eine direkte Übergabe des För-dergutes vom Schneckenförderer auf den durchgehenden Siloförderer möglich ist (Bild 4). Zur Rationalisierung vorhandener Siloanlagen ist eventuell ein dazwischengeschalteter Gurt-bandförderer notwendig.

### 5. Zusammenfassung

Der Einsatz von Schneckenförderern zur Si-lageförderung im Entnahmekanal von Hochsilo-lagen wird zur Rationalisierung in Hochsiloan-lagen und für den Einsatz in neu zu errichtenden Hochsiloanlagen empfohlen. Es sind relativ lange Förderschnecken ohne Zwischenlager mit hohem Widerstandsmoment und geringer Eigenmasse erforderlich, die durch dünnwan-dige Schneckenrohre mit großem Durchmesser realisiert werden können. Für die Schnecken-dimensionierung ist ein Rechenprogramm vor-handen, das zur Berechnung langer För-der-schnecken universell einsetzbar ist. Unter-suchungen mit einem entsprechend optimierten Schneckenförderer bei der Entnahme von Grünroggenwelsilage aus einem Hochsilo HS 25 ergaben, daß Masseströme von  $25 \text{ t/h}$  ( $T_1$ ) durchgesetzt werden, wobei der Leistungs-bedarf 2 bis  $3 \text{ kW}$  beträgt.

A 2460