

Störungen nur bei Lagerungszeiten $t_L \leq 48$ h und Gutfeuchten ≤ 11 % möglich. Der zulässige Abriebanteil für höhere Lagerungszeiten und Gutfeuchten, bei dem die Entnahme ohne Störungen verläuft, konnte nicht ermittelt werden. Er liegt auf jeden Fall unter 15 %. Das stimmt mit den Ergebnissen theoretischer Untersuchungen überein [1]. Mit zeitweiligen Störungen und Schlotbildung muß sogar schon bei Abriebanteilen $m_A \geq 10$ % gerechnet werden.

Variante 1:

Diese Lösung hat sich bis zu Abriebanteilen $m_A \leq 25$ % und Lagerungszeiten $t_L \leq 24$ h sowie Gutfeuchten $f \leq 14$ % bewährt (Tafel 4). Da diese Werte in der Praxis größtenteils höher sind, kann eine Empfehlung nicht gegeben werden.

Variante 2:

Auch mit dieser Variante werden Verbesserungen erreicht, die jedoch für die Praxis nicht genügen. Berücksichtigung findet diese Lösung durch eine Kombination mit einem Rührwerk (Variante 4).

Variante 3:

Mit dem Einbau von Entlastungsnasen ist eine deutliche Steigerung der Fließfähigkeit zu erzielen. Der störungsfreie Betrieb erstreckt sich bis zu Abriebanteilen von 30 %. Da die ebenen Wände im Vergleich zum Kegeltrichter höher belastet werden, ist auf eine ausreichende Dimensionierung besonders zu achten.

Variante 4:

Durch diese Einrichtung werden die besten Ergebnisse auch bei langen Lagerungszeiten erreicht. Brückenbildung im Bereich der Behälteröffnung zwischen dem diametralen Dach a und der Trichterwand ist durch das aktive Einwirken des Rührwerkzeugs b nicht möglich. Die zentrische Lage des Rührwerkzeugs wird durch Ketten c fixiert (Bild 1). Die Belastung des Rührwerkzeugs und des diametralen Daches ist sehr hoch. Für eine sichere Funktion müssen die Bauteile ausreichend dimensioniert werden. Ist das gewährleistet, können Strohpellets selbst bei Lagerungszeiten von 108 h und einem Abriebanteil von 30 % störungsfrei entnommen werden. Die Gutfeuchte sollte auch hier nicht über 14 % betragen [15].

Variante 5:

Beim Einbau eines Rüttelkorbs ergeben sich Festigkeitsprobleme, die beachtet werden müssen. Durch die Befestigung des Rüttelkorbs d über die Glieder e an der Trichterwand kommt es zu einer Verformung im Bereich des Anlenkpunktes (Bild 1). Der Korb senkt sich und liegt an der Trichterwand an. Auf diese Weise wird die gewünschte Funktion nicht mehr erfüllt, und die Ergebnisse sind nicht mehr zufriedenstellend.

Variante 6:

Mit dem Einblasen von Druckluft in der ausgeführten Form werden kaum bessere Ergebnisse als in der Variante 0 erreicht.

Variante 7:

Diese Lösungsvariante brachte in Kombination mit einer veränderten Entnahmeschnecke gute Erfolge. Diese Entnahmeschnecke ist eine Sonderanfertigung und hat eine in Förderrichtung zunehmende Steigung. Weiterhin ergibt sich durch das Herabsetzen des Abschlußkegels ein offener Spalt, der als Stoßeröffnung benutzt werden kann. Dadurch ist es einer Bedienungsperson möglich, entstandene Brücken mit geringem Aufwand sofort zu zerstören. Ein zufriedenstellendes Ausfließen entsprechend der Zielstellung ist bei Trockengrünutpellets jedoch nur bis zu einem Abriebanteil von 30 % und geringen Lagerungszeiten möglich. Bei Strohpellets ist die Verbesserung jedoch nicht ausreichend. Störungsfreier Betrieb ist nur bis zu einer Gutfeuchte von 13 %, einem Abriebanteil von 25 % und einer Lagerungsdauer von 48 h möglich.

Alle Aussagen zu den untersuchten Lösungsvarianten gelten nur für Pellets, deren Festigkeit so groß ist, daß unter den herrschenden Druckverhältnissen ihre Geometrie kaum verändert wird. Vor allem ungenügend gekühlte Pellets werden im Behälter plastisch verformt und bilden dann ein stark verfestigtes Haufwerk, das auch mit aktiven Zusatzeinrichtungen kaum noch entnommen werden kann.

6. Schlußfolgerungen

Die Grenzen der Stoffkennwerte für das Ausfließen von Trockengrobfutterpellets aus dem Mischfuttersilo T 721 ohne Zusatzeinrichtungen liegen in Wertebereichen, die von der Praxis gegenwärtig nicht eingehalten werden

(Tafel 1). Von den untersuchten Lösungsvarianten gewährleistet das Rührwerkzeug in Kombination mit einem starr angeordneten diametralen Dach (Variante 4) störungsfreies Ausfließen am besten. Extreme Guteigenschaften müssen jedoch auch hierbei vermieden werden. Da die Aufwendungen für das Rührwerk im Vergleich zu anderen Varianten relativ hoch sind, können auch die einfacheren Lösungen der Varianten 1, 3 und 7 für die Praxis empfohlen werden. Die erreichbaren Effekte sind aber deutlich geringer.

7. Zusammenfassung

Die Zwischenlagerung von Trockengrobfutterpellets im Mischfuttersilo T 721 ist gegenwärtig in der Praxis mit häufigen Störungen verbunden. Im Beitrag werden die Grenzen der Stoffeigenschaften Abriebanteil und Feuchtigkeitsgehalt sowie der Lagerungsdauer angegeben. Die praktisch gewonnenen Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit früher durchgeführten theoretischen Untersuchungen.

Von den 7 untersuchten Zusatzeinrichtungen, die entweder starr im Behälter angeordnet waren oder aktiv arbeiteten, hat sich ein Rührwerk in Kombination mit einem diametralen Dach am besten bewährt.

Literatur

- [1] Füll, C.: Einfluß des Abriebanteils von kompaktiertem Trockenfutter auf die Gestaltung von Lagerbehältern. *agrartechnik* 28 (1978) H. 5, S. 200—203.
- [2] Füll, C.: Physikalisch-mechanische und fördertechnische Eigenschaften von Trockengutpellets. *Dt. Agrartechnik* 20 (1970) H. 8, S. 362—365.
- [3] Füll, C.: Lagerung von Trockengrünut in Behältern. *Dt. Agrartechnik* 20 (1970) H. 6, S. 271—275.
- [4] Eldelind, J.: Gardshantering av hetluftstorkat foder (Die Arbeit auf dem Hof mit heißluftgetrocknetem Futter). *Jordbrukstekniska institutet Uppsala* (1976) Mitteilung Nr. 364.
- [5] Haker, D.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Entnahme von Trockenfutter aus Lagerbehältern. *Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit* 1977. A 3078

Modifizierte Schneckenförderer zum Dosieren und Entnehmen von Trockenfuttermitteln aus Behältern

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

1. Aufgabenstellung

Die zu erreichende Arbeitsqualität und Funktionssicherheit von Entnahmeeinrichtungen werden durch agrotechnische Anforderungen festgelegt [1]. Die wichtigsten Anforderungen sind:

- schonende und energiearme Entnahme
- Unempfindlichkeit gegen wechselnde Korngröße
- minimale Entmischung durch Erzeugung von Massenfluß
- Erzeugung eines einstellbaren, konstanten,

zeitunabhängigen und reproduzierbaren Massenstromes.

Bei der Konzipierung von neuen Entnahmeeinrichtungen wird besonderer Wert auf eine massenflußbildende Wirkung des Austragorgans bei der Entnahme gelegt. Massenfluß ist dadurch gekennzeichnet, daß der gesamte Bunkerinhalt beim Entnehmen in Bewegung ist, wobei das Gut im Gravitationsfluß der Entnahmeeinrichtung zugeführt wird. Bei den üblichen Einrichtungen wird das Gut von der der Abgabestelle gegenüberliegenden Periphe-

rie des Behälters im Kernfluß ausgetragen, wobei der restliche Inhalt zeitweise bewegungslos stehen bleibt. Diese Einrichtungen begünstigen Entmischungen und Brückenbildungen.

Schneckenförderer, die für das Entnehmen und Dosieren von Trockenfuttermitteln am häufigsten Anwendung finden, erzeugen Kernfluß im Behälter. In Laboruntersuchungen soll ermittelt werden, ob durch konstruktive Änderungen an Schneckenförderern ein massenflußartiges Auslaufverhalten des Behälterinhalts erreicht

werden kann. Gleichzeitig wird untersucht, ob durch modifizierte Schneckenkonstruktionen der Förder- und Dosiervorgang beeinflusst wird.

Die Auswahl einer geeigneten Schneckenvariante erfolgt auf Grundlage der erreichten Arbeitsqualität und des Aufwands für die technische Fertigung.

2. Theoretische Grundlagen

Massenfluß wird bei Schnecken erreicht, wenn der geförderte Massenstrom zur Abgabestelle hin zunimmt, wobei er am Schneckenanfang Null ist und am Schneckenende sein Maximum hat.

Der Massenstrom \dot{m} wird bei horizontal wirkenden Schneckenförderern durch Fördergeschwindigkeit v , wirksame Querschnittsfläche A , Füllungsgrad η und Dichte ρ bestimmt [2]:

$$\dot{m} = v A \eta \rho; \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (2)$$

$$v = c s n \quad (3)$$

- D Außendurchmesser der Schnecke
- d Innendurchmesser der Schnecke
- c Geschwindigkeitsbeiwert
- s Steigung
- n Drehzahl.

Hieraus ergeben sich folgende Möglichkeiten zum Erreichen eines linearen Anstiegs des geförderten Massenstromes über der Schneckenlänge:

Variante 1

Beeinflussung des Massenstromes \dot{m} durch Änderung der wirksamen Schneckenfläche A und des Füllvolumens der Schneckenläufe. Die Realisierung der proportionalen Abhängigkeit des Massenstromes von der Schneckenlänge erfordert eine parabolische Schneckenform (Bild 1):

$$D_x = \sqrt{\frac{l_x (D^2 - d^2)}{l_{max}} + d^2}; \quad (4)$$

D_x Außendurchmesser der Schnecke bei Länge l_x .

Eine bereits bekannte Formel zur Bestimmung des Außendurchmessers wurde von Pul'čev [3] für diskrete Schneckenabschnitte aufgestellt:

$$D_x = \sqrt{\frac{1}{K} [i D^2 + d^2 (k - i)]}; \quad (5)$$

K Anzahl der Schneckenwendeln

i lfd. Nr. der zu berechnenden Schneckenwendel.

Soll eine stetige Massenstromzunahme durch konstruktive Gestaltung des Innendurchmessers der Schnecke erzielt werden, so erfordert das ebenfalls eine parabolische Schneckenform (Bild 2b):

$$d_x = \sqrt{D^2 - \frac{l_x (D^2 - d^2)}{l_{max}}}; \quad (6)$$

d_x Innendurchmesser der Schnecke bei Länge l_x .

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, durch Abdeckbleche Füllräume zu erzeugen, die zur

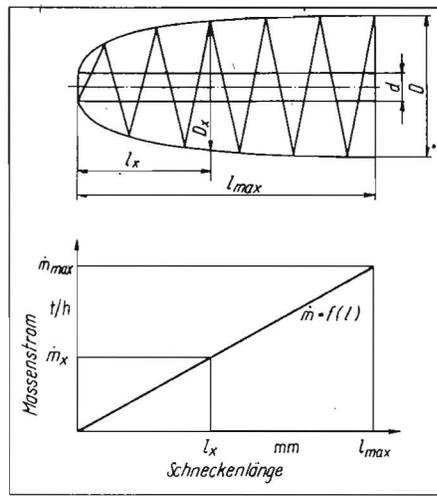
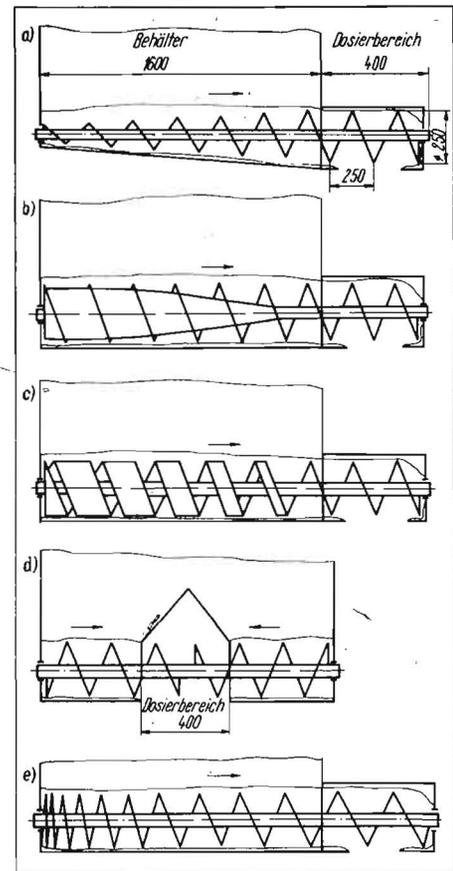


Bild 1. Berechnungsmodell für einen Schneckenförderer

Bild 2. Entnahmevarianten mit verschiedenen Schneckenkonstruktionen;

- a) Schnecke mit konischem Außendurchmesser
- b) Schnecke mit parabolischem Innendurchmesser
- c) Schnecke mit unterschiedlichem Füllvolumen
- d) gegeneinander fördernde Schnecke
- e) Schnecke mit wachsender Steigung



Tafel 1. Versuchsergebnisse zur erreichten Arbeitsqualität

Schneckenbauart (vgl. Bild 2)	Versuchsgut	Guteigenschaften		Schnecken-drehzahl U/min	Massenstrom t/h	Auf-fangzeit s	Variations-koeffizient %
		ρ t/m ³	TS %				
Schnecke mit unterschiedlichem Füllvolumen	Pellets Abmessungen: Länge 10 bis 30 mm, Ø 15 mm Rezeptur: Getreide 9% Stroh 64% Harnstoff 2% Trockenschnitzel-extrakt 20% Zuckerrüben-schnitzel 5%	0,460	83	2,2	0,41	4,4	25,6
				5,3	1,14	4,4	19,7
				8,5	1,93	4,4	11,2
				32,5	7,55	4,4	5,2
				50,0	11,45	4,4	4,5
gegeneinander fördernde Schnecke	Stroh 64% Harnstoff 2% Trockenschnitzel-extrakt 20% Zuckerrüben-schnitzel 5%	0,360	64	2,6	1,36	4,4	11,3
				4,8	2,30	4,4	8,0
				6,2	3,28	4,4	8,9
				7,5	3,48	4,4	5,9
				14,1	6,01	4,4	6,1
				7,5	3,48	4,4	3,7
				14,1	6,01	4,4	5,8
				22,1	8,74	4,4	3,7
				26,3	10,52	4,4	4,1
						8,8	4,4
Trockenmisch-futter Rezeptur: S 1		0,500	91	5,8	4,50	10,0	4,7
				5,9	4,50	10,0	2,2

Abgabestelle hin in ihrer Größe linear zu nehmen (Bild 2c).

Variante 2

Beeinflussung der Fördergeschwindigkeit v durch lineare Vergrößerung der Steigung s_x der Schneckenwendeln (Bild 2e):

$$s_x = \frac{s}{l_x}; \quad (7)$$

s_x Steigung bei Länge l_x .

Variante 3

Bildung von mehreren Kernflüssen im Vorratsbehälter durch zueinander parallel oder senkrecht angeordnete Entnahmeorgane (Bild 2d) [4].

3. Angewandete Untersuchungsmethode

Zur qualitativen Einschätzung des Massenflusses wird mit unterschiedlichen Schneckenkonstruktionen das Absinkverhalten auf einem Modellprüfstand mit Keiltrichter untersucht.

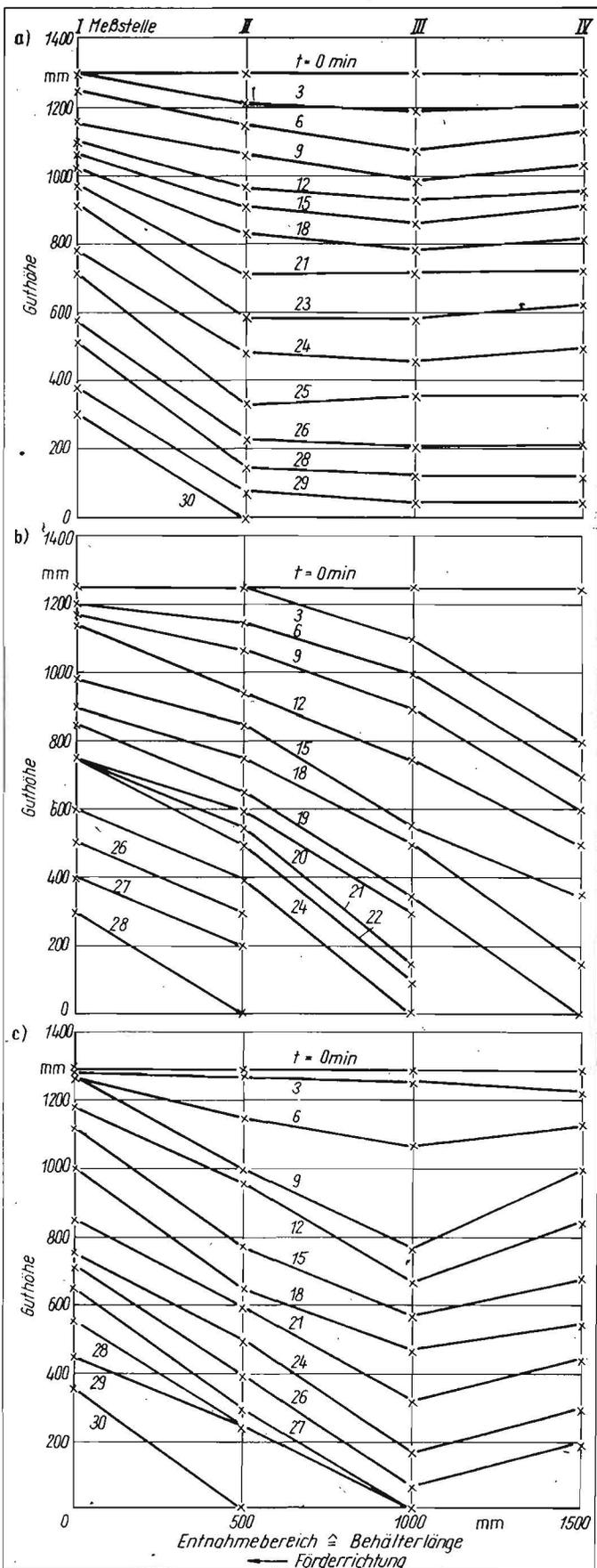


Bild 3. Entnahmecharakteristik verschiedener Schneckenkonstruktionen (Behälterinhalt 1,6t Strohpellets, Schneckendrehzahl 11 U/min);
 a) Schnecke mit konischem Außendurchmesser
 b) Schnecke mit parabolischem Innendurchmesser
 c) Schnecke mit unterschiedlichem Füllvolumen

Dabei erfolgen an vier Meßstellen Behälterfüllstandsmessungen im Abstand von 1 bis 4 min. Qualitative Aussagen über den erzeugten Massenstrom ergeben sich durch analytisch berechnete Kenngrößen. Die Ermittlung der Dosiergleichmäßigkeit erfolgt nach bereits bekannten Versuchsmethoden [5]. Als Versuchsgüter werden Strohpellets und Trockenmischfutter verwendet.

4. Ergebnisse

4.1. Erzeugung von Massenfluß im Behälter

4.1.1. Schnecke mit parabolischem Außendurchmesser

Für eine fertigungstechnisch günstigere Gestaltung der Schneckenform wird die parabolische Gestalt durch eine konische Form angenähert. Die quadratische Abhängigkeit der wirksamen Schneckenfläche vom Durchmesser der Schnecke macht es erforderlich, die theoretisch ermittelten Außendurchmesser besonders im Bereich großer Durchmesser annähernd einzuhalten (Bild 2a).

Mit dieser Schneckenkonstruktion kann ein gleichmäßiges Absinken des Gutes erreicht werden (Bild 3a). Lediglich oberhalb des Abgabepunktes zeigt sich ein geringer Gutstrom, der aus der Grobkörnigkeit des verwendeten Gutes resultiert.

4.1.2. Schnecke mit parabolischem Innendurchmesser

Die für die Massenflußbildung erforderliche räumliche Abwicklung zur Erreichung der parabolischen Form des Schneckeninnendurchmessers wird durch eine Abwicklung über eine Biegeachse nicht erreicht. Infolgedessen bildet sich kein Massenfluß aus (Bild 3b).

4.1.3. Schnecke mit unterschiedlichem Füllvolumen

Eine gleichmäßige Entnahme wird nicht erreicht, weil sich im Schneckenabschnitt mit dem geringsten Füllvolumen die Pellets verkeilen (Bild 3c). Für feinkörnige Futtermittel ist diese Bauart geeignet.

4.1.4. Schnecke mit wachsender Steigung

Aus fertigungstechnischen Gründen konnte diese Bauart nicht realisiert werden. Da für jede Schneckenwendel eine gesonderte Abwicklung erforderlich ist, wird sie im Hinblick auf eine industrielle Fertigung nicht betrachtet. Für grobkörnige Futtermittel erscheint die Bauart als ungeeignet, da sich im Schneckenabschnitt mit kleiner Steigung Futtermittel verkeilen können.

4.1.5. Gegeneinander fördernde Schnecke

Durch Zusammenführen von zwei Kernflüssen wird bei optimaler Gestaltung von Schlitzlänge des Behälters und Schneckendurchmesser massenflußartiges Absinken erreicht. Das Auslaufverhalten wird durch die Guteigenschaften, Kornform und Korngröße wesentlich beeinflusst.

4.2. Arbeitsqualität und Funktionssicherheit beim Dosieren

Modifizierte Schneckenkonstruktionen beeinflussen den Dosiervorgang nicht, da im Bereich der Gutabgabe ursprüngliche Schneckenparameter eingehalten werden. Die Gleichmäßigkeit des Massenstromes, der von Schnecken erzeugt wird, hängt aufgrund der periodischen Förderung von horizontal fördernden Schnecken von der Drehzahl und der Auffangzeit ab.

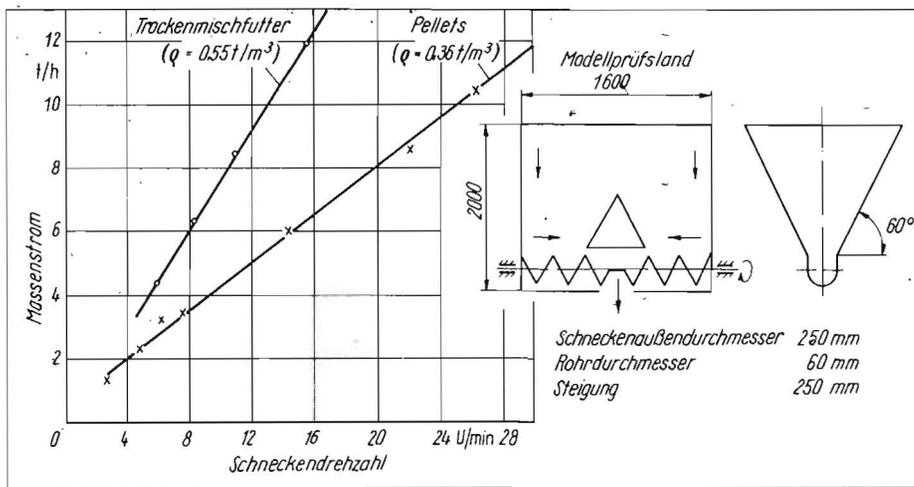


Bild 4. Abhängigkeit des Massenstromes von der Schneckendrehzahl

Durch Zusammenführen zweier Förderströme wird, wenn die Schnecken in bezug auf ihre Abwurfkanten um 180° versetzt eingebaut sind, der Massenstrom der Dosiereinrichtung gleichmäßiger (Tafel 1). Der Massenstrom ist der Schneckendrehzahl proportional (Bild 4). Durch ständige Abschervvorgänge zwischen den Schnecken und dem den Dosierquerschnitt begrenzenden Blech treten an den Schnecken Deformationen auf. Durch elastische Gestaltung der Abscherkanten werden Verformungen an den Schnecken vermieden.

5. Schlußfolgerungen

Schneckenförderer sind für die dosierte Entnahme von losen und pelletierten Trockenfuttermitteln geeignet. Ein besonderer Vorteil des Schneckenförderers gegenüber anderen Entnahmeprinzipien besteht darin, daß er einen

entnommenen Gutstrom volumetrisch dosiert und durch konstruktive Änderungen am Entnahmeorgan ohne Änderung der Zuordnung Behälter—Trog massenflußartiges Entleeren des Behälters sichert. Schneckenförderer mit einer der parabolischen Form angenäherten konischen Gestalt lassen sich technisch z. B. durch mechanische Trennverfahren am besten realisieren. Die Maßabweichungen durch die angenäherte Gestalt führen zu keiner wesentlichen Minderung der Arbeitsqualität des Schneckenförderers bei der Entnahme von Futtermitteln.

6. Zusammenfassung

Im Beitrag wird die Möglichkeit untersucht, durch Schneckenförderer ein massenflußartiges Gutstromauslaufen aus einem keilförmigen Vorratsbehälter zu erreichen. Neben der Er-

mittlung von Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung erforderlicher Schneckenparameter werden die Arbeitsqualität und Funktionssicherheit beim Dosieren und Entnehmen von unterschiedlichen Schneckenbauformen auf einem Laborprüfstand untersucht. Als günstigste Variante für das Entnehmen von Trockenfuttermitteln erweist sich eine Schnecke mit einem parabolischen Außendurchmesser, der aus Gründen der Fertigung durch eine konische Gestalt angenähert wird. Eine wesentliche Verbesserung der Arbeitsqualität beim Dosieren wird erreicht, wenn zwei Massenströme entsprechend der periodischen Gutabgabe von Schneckenförderern überlagert werden.

Literatur

- [1] Agrotechnische Anforderungen an Zwischenlager- und Dosierbehälter für landwirtschaftliche Schüttgüter. FZM Schlieben/Bornim 1978 (unveröffentlicht).
- [2] Kurth, F.: Stetigförderer. Berlin: VEB Verlag Technik 1967.
- [3] Pul'čev, I. K.: Issledovanie processa dviženija sypučego materiala v bunkere šnekavogo dozatora (Untersuchung des Bewegungsprozesses von Schüttgut in Bunkern eines Schneckenförderers). Mechaniz. i. elektrifik. social. sel'skogo choz. (1977) H. 2, S. 43—44.
- [4] Gatzky, D.: Konstruktion einer Einrichtung für das Entnehmen und Dosieren von Trockenfuttermitteln aus Hochbehältern mit keilförmigen Auslauftrichtern. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Beleg 1979.
- [5] Michaelis, G.: Zur Dosierqualität von Strohhäcksel bei der Trockenfutterproduktion. agrartechnik 26 (1976) H. 11, S. 517—519. A 3022

Erprobung eines pneumatischen Fördersystems für landwirtschaftliche Trockengüter

Dipl.-Ing. P. Willner/Dipl.-Ing. S. Hanke, KDT/Ing. K.-D. Hege, VEB Chemieanlagenbau Staßfurt

Verwendete Formelzeichen

B	—	Belastungsgrad
d	m	Rohrleitungsdurchmesser
D	mm	Zyklondurchmesser
H	mm	Zyklonhöhe
K	—	dimensionsloser Faktor
l_h	m	Rohrleitungslänge (horizontal)
l_v	m	Rohrleitungslänge (vertikal)
$\Delta p, \Delta p_i$	Pa	Druckabfall
$\Delta \bar{p}_i$	Pa	korrigierter Druckabfall
p_a	Pa	statischer Druck am Anfang eines Druckverlustelements
w	m/s	Geschwindigkeit
ζ	—	Widerstandsbeiwert
λ	—	Rohrreibungsbeiwert
μ	kg/kg	Beladung des Luftstromes mit Fördergut
ρ_L	kg/m ³	Luftdichte

1. Einleitung

Im Gegensatz zum pneumatischen Transport von Gütern mit einfachen geometrischen Par-

tikelformen existieren für landwirtschaftliche Produkte, wie Halme, Häcksel und Schnitzel, wenig Berechnungsunterlagen. Die Ursache liegt in der schwierigen Beschreibbarkeit dieser Produkte bezüglich der Größen „Korndurchmesser“, „Widerstandsbeiwert“ und „Sinkgeschwindigkeit“. Zur Auslegung pneumatischer Fördersysteme für derartige Güter ist man auf experimentelle Untersuchungsergebnisse angewiesen, wie sie z. B. in [1] für Holzspäne beschrieben werden.

2. Aufgabenstellung

Für eine Reihe landwirtschaftlicher Trockengüter, z. B. Gras, Maisganzpflanzen, Kartoffelschnitzel und Getreidekörner, sollte ein pneumatisches Fördersystem, bestehend aus den Hauptanlagenteilen Transportband, Ansaugdüse, Lüfter mit Rohrleitungen und Fliehkraftabscheidern, entwickelt und getestet werden. Folgende Randbedingungen waren vorgegeben:

- Das Trockengut wird von einem Transportband abgesaugt. Dessen Bandbelegung soll den Wert von 12,5 kg Gut je Quadratmeter Transportbandfläche nicht unterschreiten, um die Verhältnisse beim Wägeteil der Förderbandwaage Typ MIF mit den relativ hohen Schütthöhen simulieren zu können.
- Schwerteile dürfen nicht in das Fördersystem gelangen.
- Der Maximalwert des Abluftstaubgehalts beträgt 150 mg/m³.

3. Aufbau und Auslegung der Versuchsanlage

3.1. Technologische Beschreibung

Im Bild 1 ist der schematische Aufbau der Versuchsanlage dargestellt. Vom Annahmedosierer a wird das Trockengut über eine Ansaugdüse b in den Zyklon c gesaugt. Nach Abscheidung des Hauptanteils des Trockengutes erfolgt der Austrag über die Zellenrad-