

werte der Zugkraft, die aufgrund der hohen Eigenfrequenz der Meßstange aufgenommen werden können, werden so ausgefiltert. Die gefilterte Spannung wird einem Spannungs-Frequenz-Umsetzer zugeführt. Eingesetzt wird ein handelsüblicher Baustein SFU 1 aus dem digitalen Bausteinsystem des VEB WF Berlin. Mit diesem Baustein wird eine Spannung von 1 V (entspricht etwa der Ausgangsspannung des UM 111) in eine Impulsfolge der Frequenz 10 kHz umgesetzt. Wird bei der Kalibrierung, bei der ja die Kraft zeitlich konstant ist, die Anzahl der Impulse je Sekunde festgestellt, so ist der Mittelwert des gemessenen Kraftverlaufs aus dem Quotienten der Impulszahl am Ausgang des Spannungs-Frequenz-Umsetzers und der gleichzeitig registrierten Zeit einfach bestimmbar.

Die Registrierung aller Meßwerte gestaltet sich so sehr einfach, da einschließlich der Zugkraft alle Werte als Impulsfolgen vorliegen. Prinzipiell wäre durch Einsatz gleicher Zähler für alle Meßgrößen die Registrierung möglich. Da jedoch die Frequenzen der einzelnen Meßgrößen sehr unterschiedlich sind, werden für die Registrierung der Wege elektromechanische Zählwerke mit einer maximalen Zählfrequenz von 50 Impulsen je Sekunde vorgesehen. Das Registrieren der Zeit und der Kraft erfordert das Vorschalten elektronischer Zähldekaden vor die elektromechanischen Zählwerke.

Für das Speichern aller Meßwerte wurde ein Gerät mit sechs Speicherkanälen zu je vier Speicherplätzen aufgebaut (Bild 5). In die vier Speicherplätze je Kanal werden die Zählraten für die Meßwerte Zugkraft (Z_F), Zeit (Z_t), schlupfbehafteter Weg (Z_1) und schlupfloser Weg (Z_0) eingespeichert. Durch die vorhandenen sechs Speicherkanäle ist es möglich, bei einer Meßfahrt sechs Meßwertgruppen zu speichern.

Das Berechnen der Meßwerte für Kraft, Schlupf und Fahrgeschwindigkeit erfolgt dann nach folgenden Gleichungen:

$$F = k_f \frac{Z_f}{Z_t} \quad (4)$$

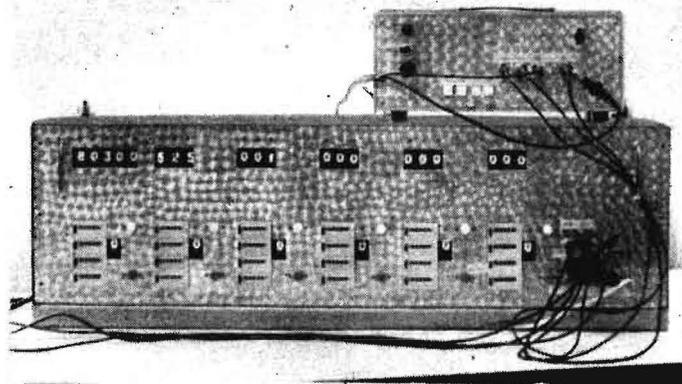
$$S = 1 - k_s \frac{Z_1}{Z_0} \quad (5)$$

$$v_f = k_v \frac{Z_t}{Z_0} \quad (6)$$

k_f , k_s , k_v Kalibrierkonstanten.

Diese einfachen Rechenoperationen lassen sich

Bild 5
Spannungs-Frequenz-Umsetzer und elektronisch-elektromechanisches Zählgerät



müheles mit einem Taschenrechner durchführen, so daß unmittelbar nach jeder Meßfahrt die Meßwerte berechnet werden können.

4. Anwendung der Meßgeräte

Die Anwendung der beschriebenen Meßgeräte ergibt gegenüber den herkömmlichen Verfahren mit Aufzeichnung des Meßgrößenverlaufs auf Meßschrieb oder Magnetband und anschließendem Planimetrieren oder Klassieren folgende Vorteile:

- Meßwerte können aus den gezählten Impulsen durch einfache Rechenoperationen während der Versuchsdurchführung berechnet und damit zur operativen Versuchsplanung verwendet werden
- Einsparung des Ausplanimetrierens der Meßschriebe
- Einsparung von Registrierpapier
- Einsatz relativ einfacher und robuster Meßgeräte, die bei entsprechenden Platzverhältnissen unmittelbar auf dem Zug- und Bremsfahrzeug mitgeführt werden können.

Nachteilig ist, daß durch die sofortige Bildung des Mittelwerts der Kraftverlauf nachträglich nicht mehr zur Überprüfung herangezogen werden kann. Voraussetzung für die Anwendung ist deshalb, daß dem stochastischen Kraftverlauf keine systematischen Veränderungen überlagert sind. Die Überprüfung des Kraftverlaufs und der Vergleich des Mittelwerts mit Meßschrieben ergab, daß für die angegebenen Meßstreckenlängen von 5 bis 8 m ein gleichmäßiger Kraftverlauf angenommen werden kann und keine nachweisbaren Unterschiede des Mittelwerts auftreten.

5. Zusammenfassung

Zur Einschätzung der Fortbewegungseigenschaften von landwirtschaftlichen Maschinen, Traktoren und Transportfahrzeugen auf der Fahrbahn Ackerboden werden der Zugkraft- und der Rollwiderstandsbeiwert verwendet. Für die dazu notwendigen Zugkraft-Schlupf- und Rollwiderstandsmessungen werden eine Meßmethodik und zu ihrer Realisierung erforderliche Meßgeräte vorgestellt.

Bei den Messungen wird auf das Erfassen der Fahrgeschwindigkeit, des Schlupfes und der Zugkraft oder des Rollwiderstands auf möglichst kurzen Meßstrecken orientiert, um unkontrollierbare Veränderungen von Einstellparametern und Einflüsse durch Störgrößen weitgehend auszuschließen. Das Registrieren der Meßwerte erfolgt durch Zählen der Impulse von Wegmarkengebern, des in eine Impulsfolge umgewandelten Kraftverlaufs und von Zeitimpulsen. Zum Digitalisieren des Kraftverlaufs und Zählen der Impulse werden auf der Grundlage von handelsüblichen Bauelementen aufgebaute Spannungs-Frequenz-Umsetzer und elektronisch-elektromechanische Zählgeräte eingesetzt.

Durch die Anwendung der Meßmethodik und -geräte kann der Aufwand für die Versuchsdurchführung und -auswertung gering gehalten werden. Die Ergebnisse können durch einfache Rechnungen in kurzer Zeit ermittelt und unmittelbar zur operativen Versuchsplanung eingesetzt werden.

A 2541

Berechnungsvorschrift für Schneckenförderer zur Senkrechtförderung landwirtschaftlicher Schütt- und Halmgüter

Dr.-Ing. M. Fehlauer, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

Die senkrechte Förderschnecke wird aufgrund ihres einfachen und robusten Aufbaus als Stetigförderer vielfältig eingesetzt. Während zur Schüttgutförderung umfangreiche Untersuchungen bekannt sind, liegen zur Halmgutförderung nur begrenzte Aussagen vor [1, 2].

Nachfolgend wird zunächst eine Berechnungsvorschrift erläutert, die ein durchgängiges Berechnen des Fördervorgangs der senkrechten Förderschnecke zuläßt. Danach wird anhand von Untersuchungen der Nachweis für die Anwendbarkeit der Rechenvorschrift erbracht. Die Untersuchungen zur Halmgutförderung

erfolgten auch hinsichtlich der Überprüfung des universellen Einsatzes der senkrechten Förderschnecke bzw. der Ermittlung der Einsatzgrenzen. In einem weiteren Beitrag soll dann die Möglichkeit einer Optimierung des Fördervorgangs in der senkrechten Förderschnecke erläutert werden.

Verwendete Formelzeichen

A_{GO}		Lage des Gutteilchens zum Zeitpunkt 0
$A_{G\Delta t}$		Lage des Gutteilchens nach der Zeit Δt
A_{SO}		Punkt der Schneckenwendel zum Zeitpunkt 0
$A_{S\Delta t}$		Punkt der Schneckenwendel nach der Zeit Δt
D_W	mm, m	Durchmesser der Schneckenwendel
F_R	N	Reibkraft am Schneckenrohr
F_{RR}	N	Reaktionskraft des Schneckenrohres
F_{RW}	N	Reaktionskraft der Schneckenwendel
F_W	N	Reibkraft auf der Schneckenwendel
F_Z	N	Zentrifugalkraft
G	N	Gewichtskraft
g	m/s ²	Erdbeschleunigung ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)
h	m	Höhe der Parabel über dem Nullpunkt bei $\omega_w \neq 0$
HL		Häcksellängenquotient
J_z	kg · m ²	Trägheitsmoment des Gutes
K_F		Füllungsgrad
m	kg	Masse
n_w	U/min	Drehzahl der Schneckenwendel
R	mm, m	Radius
R_W	mm, m	Radius der Schneckenwendel
s	mm	Spalt
s_R	m	Reibweg am Schneckenrohr
s_W	mm, m	Steigung der Schneckenwendel
s_w	m	Reibweg auf der Schneckenwendel
V_{Gut}	m ³	Gutvolumen je Steigung
v_{HR}	m/s	Gutumfangsgeschwindigkeit waagerechte Komponente von v_w
v_{HW}	m/s	
v_k	m/s	Umfangsgeschwindigkeit bei kritischer Drehzahl
v_{FR}	m/s	relative Fördergeschwindigkeit des Gutes gegenüber dem Schneckenrohr
v_{FW}	m/s	relative Fördergeschwindigkeit des Gutes gegenüber der Schneckenwendel
v_v	m/s	senkrechte Fördergeschwindigkeit
v_w	m/s	Umfangsgeschwindigkeit der Schneckenwendel
W_R	Nm	Energie zur Überwindung der Reibung zwischen Gut und Schneckenrohr
W_W	Nm	Energie zur Überwindung der Reibung zwischen Gut und Schneckenwendel
W_{kin}	Nm	kinetische Energie
W_{pot}	Nm	potentielle Energie
α	°, rad	Steigungswinkel der Schneckenwendel
γ	°, rad	Gutsteigungswinkel gegenüber dem Schneckenrohr
η_w	—	Wirkungsgrad
μ_R	—	dynamischer Reibkoeffizient zwischen Gut und Schneckenrohr
μ_w	—	dynamischer Reibkoeffizient zwischen Gut und Schneckenwendel
ρ_G	t/m ³	Dichte des Fördergutes
ρ_R	m	Krümmungsradius der Gutbewegung
ρ_w	°, rad	(dynamischer) Reibwinkel zwischen Gut- und Schneckenwendel
ω_k	rad/s	Winkelgeschwindigkeit bei kritischer Drehzahl
ω_{rR}	rad/s	Winkelgeschwindigkeit in Richtung der Gutbewegung
ω_w	rad/s	Winkelgeschwindigkeit der Schneckenwendel

Parametern beeinflusst bzw. bewirkt. Diese Einflußparameter werden wie folgt unterschieden:

- Konstruktionsparameter
- Betriebsparameter
- Stoffparameter.

Die Konstruktionsparameter ergeben sich aus den Baugruppen der Förderschnecke, Schneckenrohr und Schneckenwendel, die ihrerseits aus Schneckenflügel und Schneckenwelle besteht. Weiterhin hat die konstruktive Gestaltung der Guteingabe- und -abgabevorrichtung einen entscheidenden Einfluß auf das Förderverhalten.

Wichtigster Betriebsparameter ist die Drehzahl der Schneckenwendel, von Bedeutung ist ebenfalls der Füllungsgrad.

Als wirkende Stoffparameter ergeben sich die Reibwerte zwischen Gut und Schneckenwendel sowie zwischen Gut und Schneckenrohr und die Schüttdichte.

Bei der Erarbeitung der Berechnungsvorschrift waren einige Annahmen zu treffen:

- Ein Einfluß von Gutaufgabe und -abgabe wird nicht berücksichtigt.
- Ein Spalteinfluß (Herabrieseln des Fördergutes zwischen Schneckenrohr und Schneckenwendel) bleibt unberücksichtigt.
- Eine innere Gutbewegung im Förderquerschnitt während des Fördervorgangs kommt nicht in den Ansatz (vgl. [3, 4]).

3. Bewegungsverhältnisse in der senkrechten Förderschnecke

Zur Erfassung der Bewegungsverhältnisse in der senkrechten Förderschnecke ist zunächst die Kenntnis der senkrechten Fördergeschwindigkeit und des Gutquerschnitts erforderlich (vgl. [5]). Bei der Ableitung dieser Größen wird davon ausgegangen, daß das Grundprinzip der senkrechten Förderschnecke eine Schraube ist, bei der das Fördergut als Mutter wirkt.

3.1. Senkrechte Fördergeschwindigkeit

Bei der Ableitung der senkrechten Fördergeschwindigkeit wird ein Gutteilchen betrachtet. Zunächst wird die kritische Drehzahl definiert, bei der noch keine Aufwärtsbewegung erfolgt [6, 7]. Die Winkelgeschwindigkeit bei kritischer Drehzahl ω_k ergibt sich wie folgt:

$$\omega_k = \sqrt{\frac{g}{R_w \mu_R} \tan(\alpha + \rho_w)}$$

Bewegt sich ein Gutteilchen aufwärts, so erfolgt dies auf einer schraubenförmigen Bahn unter dem Gutsteigungswinkel γ gegenüber dem Schneckenrohr (Bild 1, der experimentelle Nachweis erfolgt durch Böttcher [8] und Nilsson [3]). Aus dem Geschwindigkeitsplan ergibt sich die senkrechte Fördergeschwindigkeit v_v (s. a. [4]):

$$v_v = (v_w - v_{HR}) \tan \alpha$$

Aus der Betrachtung des Kräftegleichgewichts (Bild 2) ergibt sich die Gutumfangsgeschwindigkeit v_{HR} (vgl. [4]):

$$v_{HR} = v_k \sqrt{\frac{1}{\cos \gamma [1 - \tan \gamma \tan(\alpha + \rho_w)]}}$$

Zur Berechnung der senkrechten Fördergeschwindigkeit liegen somit zwei Bestimmungsgleichungen vor. Die senkrechte Fördergeschwindigkeit ist nicht explizit als Funktion der Drehzahl der Schneckenwendel gegeben. Über vorgegebene Gutsteigungswinkel γ ist zunächst die Berechnung der Gutumfangsgeschwindigkeit v_{HR} notwendig.

3.2. Gutquerschnitt

Bei der Ableitung des Gutquerschnitts wird vom physikalischen Prinzip einer in einem zylindrischen Gefäß rotierenden Flüssigkeit ausgegangen (vgl. [9, 10]).

Auf die senkrechte Förderschnecke übertragen, gelten folgende Zusammenhänge:

- Das Fördergut rotiert mit der Umfangs-

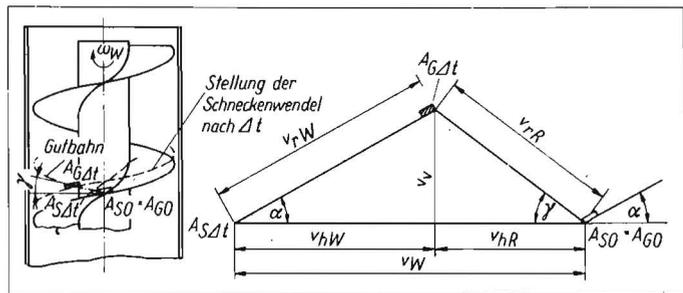


Bild 1 Gutbahn eines Gutteilchens und Geschwindigkeitsplan

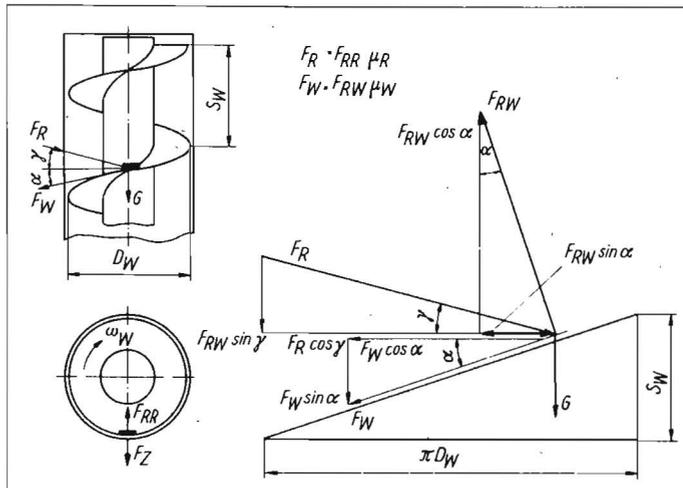


Bild 2 Kräfte an einem Gutteilchen bei Aufwärtsbewegung

2. Einflußparameter auf den Fördervorgang
Der Fördervorgang innerhalb der senkrechten Förderschnecke wird von einer Vielzahl von

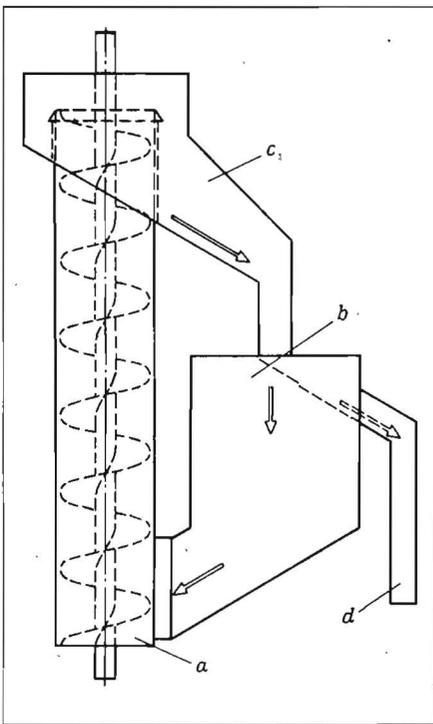


Bild 3. Versuchsstand zur Schüttgutförderung; a senkrechte Förderschnecke, b Gutvorratsbehälter, c Gutüberlauf, d Gutablauf (Durchsatzmessung)

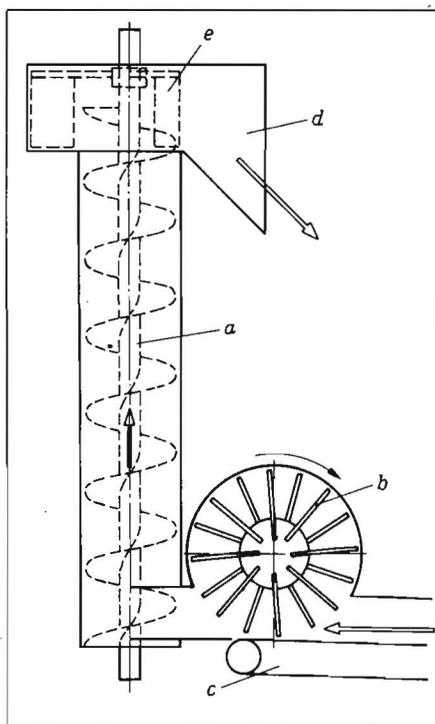


Bild 4. Versuchsstand zur Halmgutförderung; a senkrechte Förderschnecke, b Wurfrad, c Gurtbandförderer, d Gutauffangbehälter, e Wurfschaufeln

geschwindigkeit in Richtung der Gutbewegung $v_{r,R}$ (s. Bild 1).

- Das Fördergut rotiert mit dem Krümmungsradius $\varrho_{r,R}$, der eine Funktion des Gutsteigungswinkels γ und somit der Drehzahl der Schneckenwendel n_w ist.

Es wird

$$V_{Gut} = \pi \left(h + \frac{\omega_{r,R}^2 \rho_{r,R}^2}{4g} \right) \rho_{r,R}^2$$

(s. a. [11]).

4. Energiebedarf und Wirkungsgrad

Zur Berechnung der Energien und des Wirkungsgrades bleiben alle Einflüsse, die sich nicht aus dem unmittelbaren Fördervorgang ergeben (z. B. Lagerreibung, Verlustleistung durch herabrieselndes Gut zwischen Schneckenrohr und Schneckenwendel), unberücksichtigt.

Folgende Anteile kommen zum Ansatz:

- Energie zur Überwindung der Reibung zwischen Gut und Schneckenrohr
- Energie zur Überwindung der Reibung zwischen Gut und Schneckenwendel
- Energie zur Überwindung der Förderhöhe (Zunahme an potentieller Energie)
- kinetische Energie.

4.1. Energie zur Überwindung der Reibung zwischen Gut und Schneckenrohr

Sie ergibt sich als Produkt aus Kraft und Weg: $W_R = F_R s_R$.

4.2. Energie zur Überwindung der Reibung zwischen Gut und Schneckenwendel

Sie ergibt sich ebenfalls als Produkt von Kraft und Weg: $W_W = F_W s_W$.

4.3. Potentielle Energie

Sie ist der Energiebedarf zur Überwindung der Förderhöhe je Steigung: $W_{pot} = m \cdot g s_W$.

4.4. Kinetische Energie

Die kinetische Energie beim Fördervorgang in der senkrechten Förderschnecke ergibt sich aus der Betrachtung des Trägheitsmoments und der Winkelgeschwindigkeit in Richtung der Gutbewegung (vgl. Bild 1):

$$W_{kin} = \frac{1}{2} J \cdot \omega_{r,R}^2$$

Die Berechnung des Trägheitsmoments J_z ist abhängig vom Füllungsgrad und von der Drehzahl der Schneckenwendel (vgl. [11]).

4.5. Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ergibt sich als Quotient aus potentieller Energie und Gesamtenergiebedarf:

$$\eta_w = \frac{W_{pot}}{W_R + W_W + W_{pot} + W_{kin}}$$

5. Versuchsaufbau und Versuchsergebnisse

5.1. Versuchsstände

Zur Kontrolle der aufgestellten Theorie sind Versuche mit Schüttgütern durchzuführen, die konstante Guteigenschaften in großen Partien aufweisen und somit eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gestatten. Halmgüter weisen keine Konstanz der Gutparameter auf.

Weiterhin werden Versuche mit einer Vielzahl unterschiedlicher Halmgüter durchgeführt, um eine breite Palette der Gutparameter erfassen und damit die Einsatzgrenzen der senkrechten Förderschnecke für diesen Einsatzfall definieren zu können.

Bei der Schüttgutförderung (Bild 3) fließt das Gut durch Schwerkraft aus dem Vorratsbehälter b in die senkrechte Förderschnecke a und nach dem Fördervorgang über einen Gutüberlauf c zurück in den Vorratsbehälter.

Bei den schlecht fließenden Halmgütern ist ein aktives Beschicken der senkrechten Förderschnecke notwendig (Bild 4). Das Fördergut

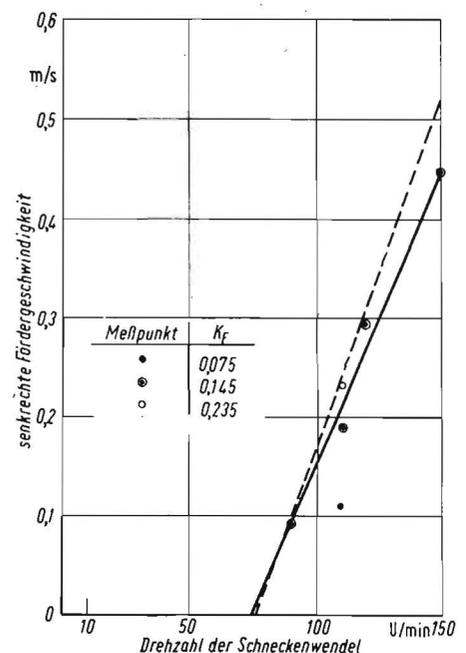


Bild 5. Senkrechte Fördergeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Drehzahl der Schneckenwendel (Schüttgüter); --- theoretische Kurve ——— Meßkurve

gelangt über Gurtbandförderer c und Wurfrad b mit hoher Geschwindigkeit in die Förderschnecke a. Nach dem Fördervorgang wird das Halmgut aus dem Gutauffangbehälter d mit Hilfe von Wurfschaufeln e durch die Abgabeöffnung des Gutauffangbehälters hinaus gefördert.

5.2. Einige Versuchsergebnisse

Zur Versuchsauswertung erfolgen eine Verrechnung der Meßwerte in Regressionen und ein Vergleich mit den theoretischen Werten.

5.2.1. Schüttgüter

Senkrechte Fördergeschwindigkeit

Der Vergleich der Meßwerte mit der theoretischen Kurve (Bild 5) zeigt, daß die Übereinstimmung mit Zunahme der Drehzahl der Schneckenwendel und des Füllungsgrades besser wird. Hieraus folgt, daß der Spalteinfluß und der Einfluß der inneren Gutbewegung mit Zunahme von Drehzahl und Füllungsgrad abnehmen.

Gutquerschnitt

Die Profilkurven des Fördergutes auf der Schneckenwendel als Funktion des Füllungsgrades stimmen mit den theoretischen Kurven gut überein (Bild 6). Als Funktion der Drehzahl der Schneckenwendel ist diese Übereinstimmung mit Zunahme der Drehzahl ebenfalls gegeben. Die Abweichungen bei niedrigen Füllungsgraden und Drehzahlen lassen sich ebenfalls mit dem Einfluß des Spaltes und der inneren Gutbewegung begründen.

Drehmomente

Gemessen werden das Gesamtdrehmoment an der Schneckenwelle sowie ein Drehmoment, bei dem der Einfluß des Guteinlaufs eliminiert ist (Bild 7). Bei der Bewertung der Drehmomente zeigte sich, daß die experimentellen Werte über den theoretischen liegen. Der Einfluß des Guteinlaufs kann als gering bezeichnet werden.

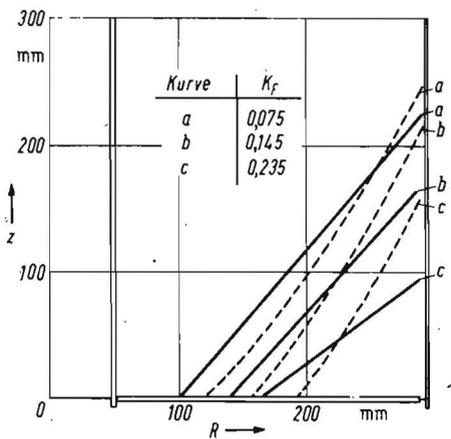


Bild 6. Profilkurven auf der Schneckenwendel als Funktion des Füllungsgrades ($n_w = 120$ U/min; $\mu_R = \mu_w = 0,344$; Weizen);
 - - - theoretische Kurve
 — Meßkurve

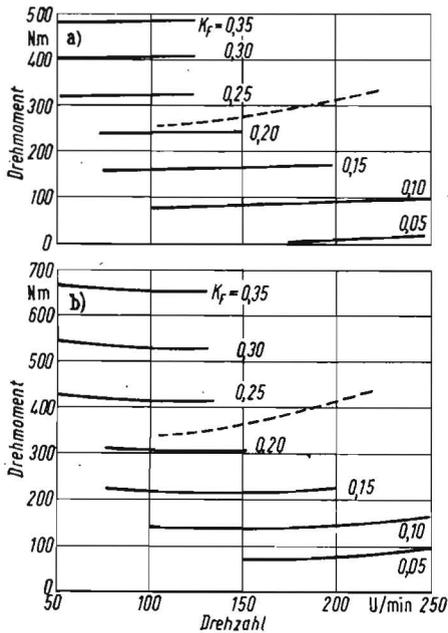


Bild 7. Drehmomente in Abhängigkeit von der Drehzahl der Schneckenwendel (Weizen; $\rho_G = 802$ kg/m³; $\mu_w = \mu_R = 0,344$; $s = 5$ mm);
 a) Drehmoment unter Ausschaltung des Einflusses des Guteinlaufs
 b) Gesamtdrehmoment an der Schneckenwelle
 - - - theoretische Kurve ($K_f = 0,25$)
 — Meßkurve

5.2.2. Halmgüter

Die untersuchten Halmgüter umfaßten eine breite Palette: Mais, Maissilage, Gras, Grassilage sowie Futterroggen, frisch und gewelkt. Die untersuchten Halmgüter wiesen unterschiedliche Trockensubstanzgehalte und unterschiedliche Häcksellängenquotienten auf.

Senkrechte Fördergeschwindigkeit

Der Vergleich zwischen verrechneten experimentellen und theoretischen Werten der senkrechten Fördergeschwindigkeit ergibt eine gute Übereinstimmung (Bild 8). Als Haupteinflußgröße tritt die Drehzahl der Schneckenwendel auf. Der Einfluß von Schüttdichte und Reibwerten ist gering.

Drehmomente

Es erfolgte eine getrennte Messung des Gesamtdrehmoments an der Schneckenwelle sowie eines Drehmoments unter Eliminierung des Einflusses des Guteinlaufs. Die Regressionen

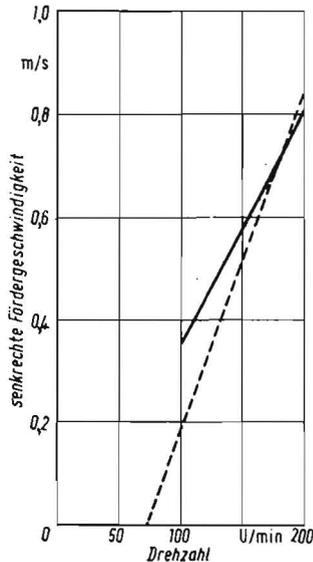


Bild 8. Senkrechte Fördergeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Drehzahl (Halmgüter; $\rho_G = 96$ kg/m³; $\mu_R = 0,40$; Grassilage, Grassilage);
 - - - theoretische Kurve
 — Meßkurve

der Meßwerte für die Drehmomente als Funktion des Massstroms stimmen sowohl bei Mais und Maissilagen als auch bei Grassilagen ohne den Einfluß der Guteingabe und -abgabe mit den theoretischen Kurven gut überein (Bild 9), wohingegen das Gesamtdrehmoment an der Schneckenwelle die 2- bis 3fachen Werte aufweist und die Spitzenwerte des Drehmoments beträchtlich über den theoretischen Werten liegen.

Für das Gesamtdrehmoment ergeben sich die hohen Werte, da der Einfluß sowohl der Guteingabe als auch der Gutabgabe auf das Drehmoment wirkt. Die gemessenen Drehmomentenspitzen an der Schneckenwelle sind damit zu begründen, daß die Schneckenwendel bei jeder Umdrehung den kontinuierlichen Förderstrom, der der senkrechten Förderschnecke zugeführt wird, an der Gutzuführöffnung abscheren muß.

Begrenzende Faktoren bei der Halmgutförderung

Die Förderung von Mais, Maissilagen, Futterroggen und von kurzgehäckselten Gräsern und Grassilagen ist mit der senkrechten Förderschnecke möglich. Bei der Förderung von Gräsern und Grassilagen ist ein Häcksellängenquotient $HL \leq 20$ zu realisieren (vgl. [11]). Die Einhaltung dieses Häcksellängenquotienten ist vor allem bei Trockensubstanzgehalten $> 65\%$ von Bedeutung.

6. Zusammenfassung

Mit den durchgeführten Untersuchungen konnte der Nachweis erbracht werden, daß die senkrechte Förderschnecke zur Förderung landwirtschaftlicher Halmgüter einsetzbar ist. Während das Fördern von Schüttgütern keine speziellen Gutzuführ- und -abgabebauwerke erfordert, ohne daß hiermit allerdings optimale Füllungsgrade realisierbar sind, müssen bei der Halmgutförderung aktive Fördererlemente eingesetzt werden. Durch die speziellen Konstruktionen für die Halmgutförderung wird der sonst einfache und robuste Aufbau der

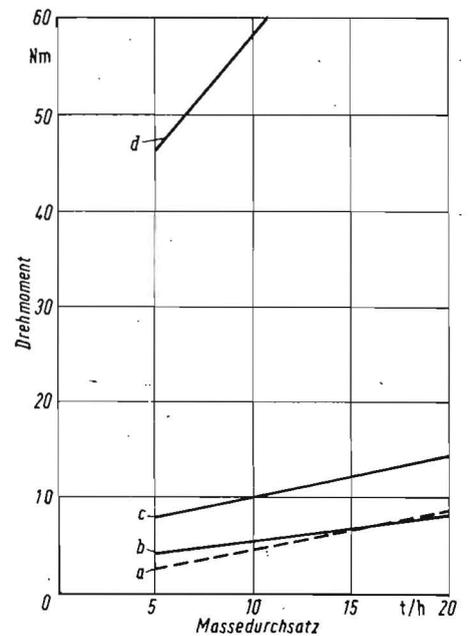


Bild 9. Drehmomente als Funktion des Massedurchsatzes (Grasgemische, Grassilagen; $\rho_G = 167$ kg/m³; $\mu = 0,34$; $n_w = 180$ U/min; $HL = 58$)
 a) theoretischer Verlauf, b) Drehmoment unter Ausschaltung des Einflusses des Guteinlaufs, c) Drehmoment an der Schneckenwelle, d) Drehmomentenspitzen an der Schneckenwelle

senkrechten Förderschnecke wesentlich komplizierter. Einsatzbegrenzung für die Halmgutförderung ist ein Häcksellängenquotient der Fördergüter von $HL > 20$.

Die Anwendbarkeit der erarbeiteten Theorie konnte experimentell nachgewiesen werden, die Übereinstimmung der experimentellen Werte mit den theoretischen Werten wird mit Zunahme der Drehzahl und des Füllungsgrades besser, da dann die Nebeneinflüsse überdeckt werden.

Mit der vorliegenden Arbeit konnten die experimentelle und theoretische Durchdringung des Fördervorgangs in der senkrechten Förderschnecke und dessen mathematische Erfassung erweitert werden.

Literatur

- Peart, P. M.: Experimental Vertical Augers for a Silo Unloader (Senkrechte Versuchsschnecke für eine Silofräse). University of Illinois, Agricultural Experiment Station, Bulletin 631 (1958).
- Nasarov, G. N.; Kačarova, J. G.: Opređenje optimal'nych parametrov, vertikal'nogo žneka vygruzčika silosa iz bašen (Bestimmung der optimalen Parameter der senkrechten Schnecke einer Hochsilofräse). Mech. i. elektrif. soc. sel'sk. choz. (1968) H. 10, S. 29—32.
- Nilsson, L. G.: On the Vertical Screw Conveyor for Non-Cohesive Bulk Materials (Über den senkrechten Schneckenförderer für kohäsionsloses Schüttgut). Acta Polytechnica Scandinavica, Mechanical Engineering, Series Nr. 64 (1971).
- Rademacher, J. C.: De vertikale Schroeftransporteur (Der senkrechte Schneckenförderer). Technische Hochschule Twente, Dissertation 1972.
- Fehlauer, M.; Gläser, M.; Hartung, L.: Messung von Fördergeschwindigkeit und Förderquerschnitt an einem senkrechten Schneckenförderer mit großem Querschnitt. agrartechnik 27 (1977) H. 4, S. 171—173.
- Gutjar, E. M.: Elementarnaja teorija vertikal'nogo vintogo transportera (Elementartheorie des senkrechten Schneckenförderers). Trudy Moskovskogo instituta mehanizacii i elek-

Fortsetzung auf Seite 18

Möglichkeiten zur Steigerung der Siebleistung von Getreidereinigungsmaschinen

Dozent Dr.-Ing. H. Regge, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik
Dr.-Ing. V. Minaev, Allunions-Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der UdSSR Moskau

1. Einführung

Der steigende Umfang der Getreideproduktion in der sozialistischen Landwirtschaft stellt in Verbindung mit der zunehmenden Anwendung industriemäßiger Produktionsmethoden immer höhere Anforderungen an die Getreidewirtschaft und vor allem an die Aufbereitung des Getreides [1]. Die sich daraus ergebenden Bedingungen sind nicht nur dadurch gekennzeichnet, daß durch den Komplexeinsatz der Mähdrescher in kürzeren Zeitabschnitten größere Mengen an Getreide — unter ungünstigen Erntebedingungen vielfach auch mit sehr hoher Feuchte und überdurchschnittlichen Fremdbeimengungen — zur Aufbereitung angeliefert werden. Vielmehr kommt es auch darauf an, mit der Vervollkommnung der Aufbereitungsprozesse gleichzeitig eine höhere Arbeitsproduktivität und Qualität sowie einen effektiveren Energie- und Materialeinsatz bei sinkenden Kosten zu erreichen.

Von vorrangiger Bedeutung in der Getreideaufbereitung ist bekanntlich das Sieben als Verfahren zum Klassieren und Sortieren. Wie Trenduntersuchungen zeigen [1], wird die Bearbeitungsleistung einer Getreidereinigungsmaschine maßgeblich von der Auslegung ihres Siebwerks bestimmt. Der bisherige ausgeprägte lineare Verlauf der Entwicklungslinien orientiert darauf, in die weitere Entwicklung der Getreidereinigungsmaschinen im verstärkten Maß die Intensivierung der Siebprozesse aufzunehmen. Auf Ansätze und Ergebnisse dieser Art wird im nachfolgenden Beitrag näher eingegangen.

2. Herkömmliche Siebwerke

Die seit langem bekannten und in der heutigen Praxis der Getreideaufbereitung anzutreffenden Siebwerke — das sind Einrichtungen zur Reinigung des Getreides vom Fremdbesatz und zur Klassierung nach Korngrößen — treten in einer solchen Vielfalt auf, daß es zweckmäßig ist, dieselben nach ordnenden Gesichtspunkten und unterscheidenden Merkmalen zu klassifizieren. Werden als ordnende Gesichtspunkte

die wesentlichen funktions- und strukturbestimmenden Merkmale eines Siebwerks herangezogen (Bild 1), dann liefert die Kombination ihrer unterscheidenden, aber miteinander verträglichen Merkmale das mögliche Lösungsfeld, in dem die bereits realisierten Ausführungen ihren eindeutig fixierten Platz haben.

Zu den bedeutendsten Vertretern der Siebwerke für die Getreideaufbereitung gehören die Schwingsiebmaschinen mit annähernd oder vollkommen planschwingenden Flachsieben (Gleitschwinger), die sowohl zur Bearbeitung von Futter- und Brotgetreide als auch zur Saatgutaufbereitung eingesetzt werden. Ihre Siebböden werden im allgemeinen mit Rund- oder Schlitzlochblechen bespannt, die durch bewegte Bürsten gereinigt, d. h. offen gehalten werden. An Bedeutung gewinnen, vor allem für die Vorreinigung des Getreides, Siebmaschinen mit rotierenden Trommelsieben, die als Zylindersiebe ausgebildet und meistens mit Drahtgeweben bespannt sind und deren Reinigung mit Hilfe von rotierenden Bürsten erfolgt.

Die effektive Leistung solcher Siebwerke wird durch den spezifischen Durchsatz und die erzielte Siebgüte gekennzeichnet, wobei die Siebgüte durch die Reinheit des Getreides, den Kornverlust und die Kornbeschädigung charakterisiert wird. Sowohl der spezifische Durchsatz als auch die Siebgüte werden maßgeblich von den Konstruktions-, Betriebs- und Stoffparametern des Systems beeinflusst. Der spezifische Durchsatz richtet sich grundsätzlich nach der Form und der Größe der Sieböffnungen sowie nach der Größe der offenen Siebfläche. Bei Schwingsieben sind es ferner das Zusammenwirken von Schwingungsamplitude und -frequenz sowie die Schwingungsrichtung und die Siebneigung, die den Durchsatz steuern. Optimale Verhältnisse sind für Flachsiebe in erster Näherung über die Beziehung (1) erreichbar [2]:

$$A n \approx 300; \quad (1)$$

A Schwingungsamplitude in cm

n Schwingfrequenz in 1/min.

Sie besagt, daß für das Produkt aus Schwingungsamplitude und Schwingfrequenz ein Op-

timium existiert, und daß demzufolge beide Einflußgrößen umgekehrt proportional verändert werden müssen, wenn dieses Optimum beibehalten werden soll. Gestützt auf tiefergreifende experimentelle Untersuchungen präzisiert Kožuchovskij [3] diese Optimalitätsbeziehung zu

$$A n^p = K, \quad (2)$$

wobei die Konstante K die gegebenen Betriebsbedingungen und der Koeffizient p die Getreideart berücksichtigen. Aus Versuchen konnte der Koeffizient p ermittelt werden:

— Weizen: $p = 1,45$

— Reis: $p = 1,25$

Eine genaue rechnerische Bemessung der Siebe entsprechend der geforderten Leistung ist aufgrund der großen Anzahl variabler Einflußgrößen noch nicht gegeben. Am günstigsten ist es, wenn der spezifische Durchsatz und die Siebgüte experimentell bestimmt und daraus die erforderliche Maschinengröße abgeleitet werden.

Wird der gegenwärtige internationale Stand zugrunde gelegt, dann arbeiten Flachsiebe mit Lochblechbespannung je nach ihrem Verwendungszweck mit den in Tafel 1 angeführten spezifischen Durchsätzen. Die Werte gelten für die Weizenvorreinigung bei Gutfeuchten um 20% und einem Besatz von 6 bis 8% und können als spezifische Nenndurchsätze aufgefaßt werden.

Der größere Variationsbereich des Grobsiebes hinter einem Vorsieb resultiert aus der installierten Bearbeitungsleistung des Vorsiebes. Kleine Vorsiebleistungen lassen größere Grobsiebleistungen zu und umgekehrt. Beim

Tafel 1. Spezifische Nenndurchsätze Q_{IN} für Flachsiebe mit Lochblechbespannung

Verwendung	spez. Nenndurchsatz Q_{IN} kg/s · m ²
Grobsieb ohne Vorsieb	3,5 ... 4,5
Grobsieb nach Vorsieb	3,5 ... 6,5
Vorsieb (Strohsieb)	5,5 ... 10,0

Fortsetzung von Seite 17

trifikacii sel'skogo chozjajstva imeni V. M. Molotova, Bd. II, Mašgiz 1956.

[7] Sinha, G. L.: Untersuchungen zum Fördervorgang beim senkrechten Schneckenförderer. TH Hannover, Dissertation 1959.

[8] Böttcher, S.: Eine allgemeine Analyse der Aufwärtsbewegung eines Einzelkörpers in Schneckenförderern beliebiger Neigung. VDI-Zeitschrift Düsseldorf, Bd. 105 (1963) Nr. 14, 16, 18.

[9] Recknagel, H.: Physik — Mechanik. Berlin: VEB Verlag Technik 1965.

[10] Hackeschmidt, M.: Grundlagen der Strömungstechnik, Bd. I. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1969.

[11] Fehlauer, M.: Untersuchungen zur Senkrechtförderung landwirtschaftlicher Schütt- und Halmgüter mittels Schneckenförderer. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Dissertation 1979.

A 2459

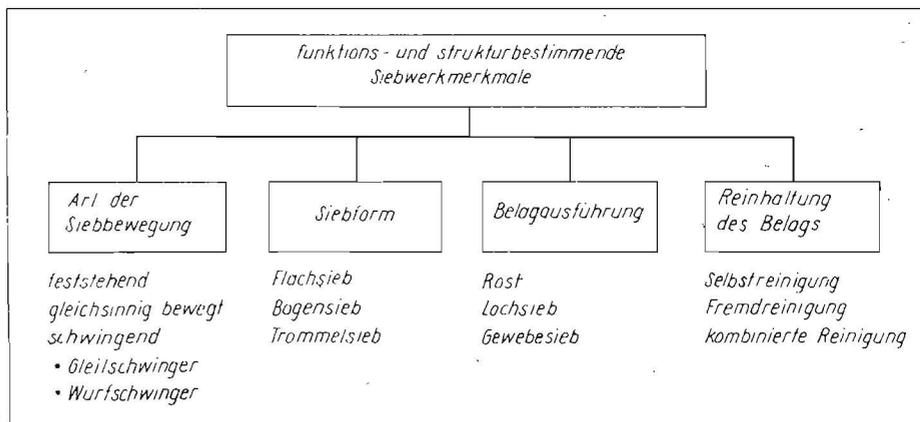


Bild 1. Schema der Siebwerkklassifikation nach funktions- und strukturbestimmenden Merkmalen