

Zitengummis mit einer ED von 20 bis 32 kPa beim Ausfaltvorgang wesentliche und beim Einfaltvorgang nur geringe Unterschiede in der Bewegungsgeschwindigkeit bestehen.

Beim Ausfaltvorgang nimmt bei gleicher Dauer der Übergangsphase von der Preß- zur Saugphase die Bewegungsgeschwindigkeit der Zitengummis mit steigender ED ab. Dieses Verhalten bewirkt, daß zwischen den Zitengummis keine bedeutenden Unterschiede in der Gesamtöffnungszeit des interessierenden Öffnungsgradbereichs³⁾ auftreten, obwohl Zitengummis mit höherer ED im Saugtakt eher auszufalten und im Preßtakt später einzufalten beginnen als Zitengummi geringerer ED (Bild 6).

Bezüglich des Milchflußverhaltens der Zitengummis besteht somit für die ED im Bereich von 20 bis 32 kPa keine Notwendigkeit zur Differenzierung der Schaftsteifigkeit der Zitengummis.

4. Schlußfolgerungen

Aus der Messung des Druckverlaufs in der Zitenspitze ergibt sich, daß im Preßtakt Zitengummis mit einer ED von 20 kPa eine konstantere Massage ausüben als Zitengummis höherer ED. Im Saugtakt entlasten Zitengummis mit einer ED von 20 kPa die Zitze besser vom Melkvakuum als Zitengummis höherer ED. Im Milchflußverhalten zeigen die Zitengummis im genannten Bereich der ED keine wesentlichen Unterschiede. Dies trifft ebenfalls für die radiale Dehnung im Saugtakt zu.

Als günstigste ED für die untersuchten Zitengummis wären 20 kPa anzusehen. Aus den Bildern 3 und 4 läßt sich jedoch ableiten, daß ein geringfügiges Absenken der ED unter

20 kPa eine noch konstantere Massagewirkung im Preßtakt und eine noch günstigere Entlastung der Zitze vom Melkvakuum im Saugtakt zur Folge hat. Da dieses Absenken der ED aufgrund des starken Anstiegs der radialen Dehnung im Saugtakt (Bild 5) stark begrenzt sein muß, liegt die günstigste ED für Impulsa-Zitengummis des Typs Neopren NW 25 im Bereich von 15 bis 20 kPa. Dieser in Laborversuchen ermittelte Bereich stimmt weitgehend mit dem in Praxisversuchen ermittelten [1] überein. Die Ergebnisse befinden sich in der Überleitungsphase. Als erstes Teilergebnis wurde die ED der Serien-Zitengummis im Jahr 1976 von bisher 26 kPa auf 22 kPa abgesenkt.

5. Zusammenfassung

Impulsa-Zitengummis des Typs Neopren NW 25 wurden in Laborversuchen auf ihre Massagewirkung an der Zitze und ihren Einfluß auf den Milchfluß untersucht, um einen optimalen Wert für die Steifigkeit des Zitengummischafes zu ermitteln. Als günstigster Wert ergab sich eine Einfaltdruckdifferenz des Zitengummischafes im Bereich von 15 bis 20 kPa. Die Ergebnisse befinden sich in der Überleitungsphase.

Literatur

- [1] zur Linden, B.; Rudovsky, H.-J.: Untersuchungen zu melktechnischen und melkhygienischen Eigenschaften von Zitengummis. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation 1974.
- [2] Thalheim, C.; Uhmann, F.: Laboruntersuchungen für ein Melkverfahren mit verringerter Einfaltbewegung der Zitengummis im Preßtakt und Pulsationsfrequenzen von 100 ··· 500 P/min. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation 1974 (unveröffentlicht).
- [3] Kleinke, G.: Untersuchungen über die Wirkung

der Melkbecher auf das Euter beim Melken mit der Maschine. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation 1963.

- [4] Hoffmann, H.-W.: Untersuchungen zur Automatisierung der Endphase des maschinellen Melkprozesses unter besonderer Berücksichtigung des selbsttätigen Abschaltens des Melkvorgangs. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation 1969.
- [5] Walser, K.: Melkmaschine und Mastitis. Berlin/Hamburg: Verlag Paul Parey 1966.
- [6] Ardran u.a.: Cineradographic observations on machine milking. J. Dairy Res. 25 (1958) S. 154—158. A 1609

- 1) Die Einfaltdruckdifferenz (ED) stellt ein Maß für die Steifigkeit des Zitengummischafes dar. Sie entspricht der Höhe einer solchen Druckdifferenz zwischen Melkbecherinnenraum und Melkbecherzwischenraum, die einen leeren Zitengummi unter statischen Bedingungen so belastet, daß sich seine eingefalteten Wände gerade in einem Punkt berühren.
- 2) Der Zitengummi weist einen Öffnungsgrad von 0% auf, wenn eine zum Melkbecherinnenraum gerichtete Druckdifferenz von solcher Höhe auf ihn einwirkt, daß sich seine Wände unterhalb der Zitze gerade nur in einem Punkt berühren (s. Bild 1). Er besitzt den Öffnungsgrad von 100%, wenn keine Druckdifferenz auf ihn einwirkt (Melkvakuum im Melkbecherinnenraum besitzt unter statischen Bedingungen die gleiche Höhe wie das Pulsationsvakuum im Melkbecherzwischenraum). Alle übrigen Öffnungsgrade sind von diesen beiden Zuständen abgeleitet.
- 3) Als interessierender Bereich ist der Öffnungsgradbereich >50% anzusehen, da nach röntgenkinematografischen Messungen [6] der Milchfluß aus der Zitze im Saugtakt im Öffnungsgradbereich von rd. 20 bis 50% einsetzt. Im Preßtakt wird beim Einfalten der Milchfluß unterbrochen, wenn der Zitengummi wieder etwa den Öffnungsgrad von 50% erreicht hat.

Messungen von Fördergeschwindigkeit und Förderquerschnitt an einem senkrechten Schneckenförderer mit großem Durchmesser

Dipl.-Ing. M. Fehlauer/Dr. rer. nat. M. Gläser/Chemie-Ing. Lydia Hartung

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

1. Einleitung

Die Auswahl von Förderern in landtechnischen Prozessen ist neben der Beachtung der Wirkpaarung Förderorgan-Fördergut hauptsächlich von den vorgesehenen Einsatzbedingungen abhängig.

Stetigförderer sind in der Landwirtschaft zur Senkrechtförderung in großem Umfang erforderlich. Im vorliegenden Fall wurde eine senkrechte Förderschnecke ausgewählt, die einen universellen Einsatz ermöglicht.

Zum Problem der senkrechten Förderung mit Schnecken liegen theoretische und experimentelle Arbeiten vor.

Ausgehend von der Kontinuitätsgleichung $\dot{V} = A v_v$ (1) ist für die Berechnung des Volumendurchsatzes \dot{V} die Kenntnis des Förderquerschnitts A und der senkrechten Fördergeschwindigkeit v_v notwendig.

Eine experimentelle Ermittlung dieser beiden Größen erweist sich aber als problematisch, da eine direkte Beobachtung bzw. ein Eingriff in den Fördervorgang nur bedingt möglich sind.

Die Versuchsdurchführung erfolgte mit kohäsionslosen Schüttgütern (Weizen, Kälberfuttermittels, Broilerstarterfutter).

Verwendete Formelzeichen

A	m ²	Förderquerschnitt
d	cm	Schichtdicke
D _R	mm	Innenradius des Schneckenrohrs
D _W	mm	Außenradius der Schneckenwendel
g	m/s ²	Erdbeschleunigung
I	Impulse/min	Intensität mit Meßgut (Zählrate)
I ₀	Impulse/min	Intensität ohne Meßgut (Zählrate)
n _K	U/min	kritische Drehzahl
n _W	U/min	Drehzahl der Schneckenwendel
R _W	mm	Radius der Schneckenwendel
S	mm	Steigung der Schneckenwendel
\dot{V}	m ³ /h	Volumenstrom
v _v	m/s	senkrechte Fördergeschwindigkeit
α	°	Steigungswinkel
η_F	°	Füllungsgrad
λ	°	Einfallwinkel
μ	1/cm	linearer Schwächungskoeffizient
μ_R		Reibkoeffizient zwischen Gut und Schneckenrohr
ρ	kg/m ³	Schüttdichte
ρ_W	°	Reibwinkel zwischen Gut und Schneckenwendel

2. Allgemeiner Aufbau des senkrechten Schneckenförderers

Der Schneckenförderer besteht aus Gutaufgabevorrichtung, senkrechter Förderschnecke, Gutabgabevorrichtung, Antrieb und Stützkonstruktion.

Der eigentliche Förderprozeß innerhalb der Förderschnecke wird wesentlich von den Vorrichtungen für Gutaufgabe und -abgabe beeinflußt. Eine quantitative Verallgemeinerung der Ergebnisse aus der bekannten Literatur ist nicht in jedem Fall möglich, da die vorgesehenen Einsatzgebiete und Zielstellungen unterschiedliche konstruktive Gestaltungen bedingen.

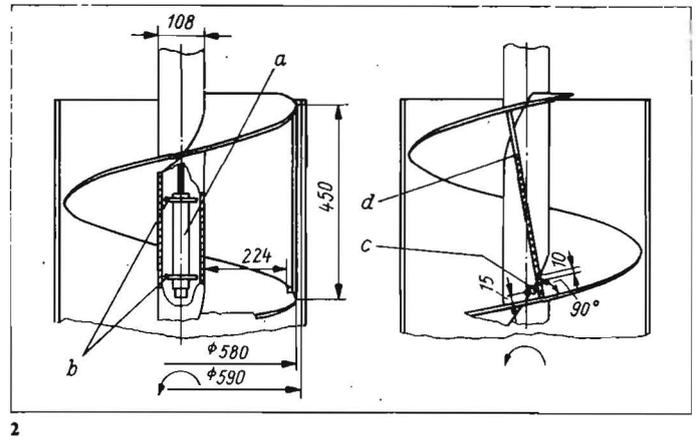
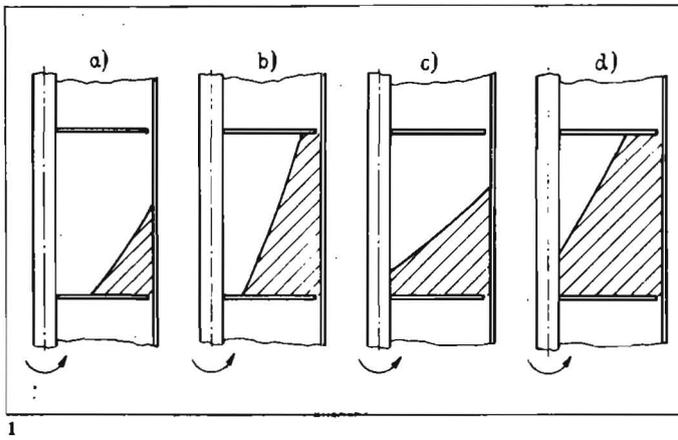
Die für die Versuche verwendete Förderschnecke hatte folgende Abmessungen:

Innendurchmesser des Schneckenrohrs $D_R = 590$ mm
 Außendurchmesser der Schneckenwendel $D_W = 580$ mm
 Steigung der Schneckenwendel $S = 450$ mm.

3. Meßgröße „Gutquerschnitt“

3.1. Literaturauswertung

Aus der Literatur sind keine Meßverfahren zur



Bestimmung des Förderquerschnitts innerhalb senkrechter Förderschnecken bekannt. Rademacher [1] tastet die Profilkurve im Grundmodell eines Schneckenförderers ab ($S = 0$).

Aus der Beziehung

$$\tan \alpha = \frac{S}{\pi D_w} \quad (2)$$

ergibt sich für diese Bedingung $\alpha = 0^\circ$ (eindimensionale Bewegung). Ist $\alpha > 0^\circ$, tritt eine zweidimensionale Bewegung auf und ein Abtasten ist nicht mehr möglich. Die Beobachtung des Fördervorgangs von Schüttgütern mit Hilfe von Sichtfenstern oder durchsichtigen Schneckenrohren gestattet nur eine Aussage zur Gutbewegung am Rand [2] [3].

Nach Sinha [4] ist die Profilkurve eine Gerade mit einem Steigungswinkel, der dem Böschungswinkel des Gutes entspricht. Nach Stein [5] bildet sich ein parabelförmiger Gutquerschnitt aus. Rademacher [1], Tedder [6] und Nilsson [7] entwickeln Modellvorstellungen, die unter bestimmten Annahmen Gültigkeit haben. Nach diesen Modellvorstellungen gibt es vier mögliche Füllungsformen (Bild 1). Die Profilkurven werden in allen vier Fällen durch Parabeln beschrieben.

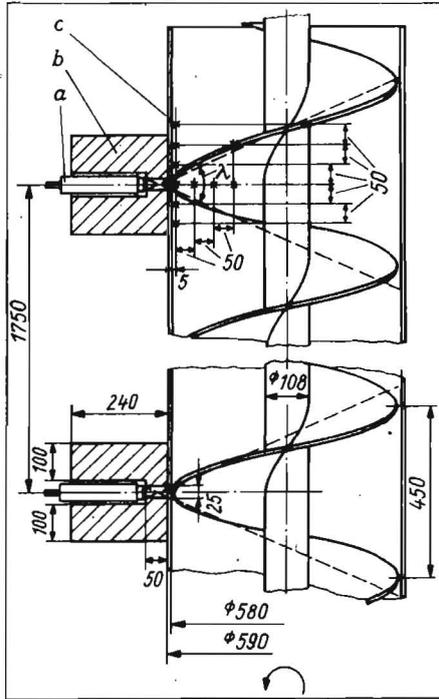


Bild 1. Füllungsformen [1]

Bild 2. Versuchsaufbau zur Messung des Gutquerschnitts; a Szintillationszähler VA-S-50, b Hartgummischeiben zur Verminderung der Pendelbewegung, c Behälter mit Strahlungsquelle Cs-137, d Haltestab für Quellenbehälter

Bild 3. Versuchsaufbau zur Messung der senkrechten Fördergeschwindigkeit; a Szintillationszähler VA-S-50, b Bleibau- steine, c Punkte kennzeichnen Lage der Quelle auf der Schneckenwendel bei der Aufnahme der Kalibrierkurve

Bild 4. Profilkurven

ermöglicht über eine Kalibrierkurve die Ermittlung der durchstrahlten Gutdicke. Die Versuche wurden in Abhängigkeit von der Drehzahl, dem Füllungsgrad und der Gutart durchgeführt.

3.2. Meßmethodik

Bei den vorliegenden Untersuchungen wird für die Bestimmung des Förderquerschnitts die Methode der radiometrischen Dichtemessung angewendet [8].

Theoretische Grundlage für dieses Meßverfahren ist das exponentielle Schwächungsgesetz für monoenergetische Gammastrahlung

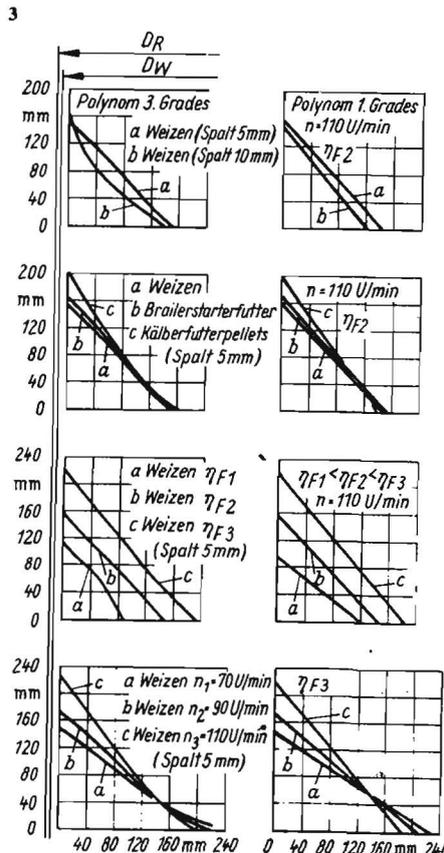
$$I = I_0 e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right) (\rho d)} \quad (3)$$

Beim Einsatz dieser Methode muß vorausgesetzt werden, daß keine Dichteänderungen — innerhalb des Förderquerschnitts vorhanden sind

— in Abhängigkeit von der Drehzahl und dem Füllungsgrad auftreten.

Für die Messung wird die Gammastrahlung des Radionukleids Cs-137 verwendet.

Die Strahlungsquelle befindet sich in einer Stahlkapsel, die an einem dünnen starren Stab mit der Wendel rotiert. In der Schneckenwelle hängt der Detektor frei. Da eine Verschiebung von Quelle und Detektor in Abständen von 10 mm möglich ist, kann der Förderquerschnitt schrittweise horizontal durchstrahlt werden. Die jeweilige Schichtdicke wird über die erfolgte Strahlungsabsorption ermittelt (Bild 2). Streustrahlen werden elektronisch unterdrückt. Dadurch erfolgt die Strahlungsschwächung exakt nach dem Schwächungsgesetz (3). Die Messung bei rotierender Schneckenwendel



4. Meßgröße „senkrechte Fördergeschwindigkeit“

4.1. Literaturauswertung

Die Berechnung der senkrechten Fördergeschwindigkeit eines Gutstroms erfolgt in der Literatur ausgehend von einem Einzelkorn. Sinha [4] nimmt an, daß sich der Gutquerschnitt gleichmäßig mit der Geschwindigkeit eines Einzelkorns aufwärtsbewegt. Gutjar [9] und Rademacher [1] zeigen theoretisch, daß innerhalb des Förderquerschnitts eine Relativbewegung vorhanden ist. Riemann [2] und Nier [3] weisen mit eingefärbten Gutschichten qualitativ eine Relativbewegung nach.

Die von den einzelnen Autoren angegebenen und entwickelten Gleichungen haben zum Teil unterschiedliche Ergebnisse. Die senkrechte Fördergeschwindigkeit ist abhängig von einer Vielzahl von Einflußfaktoren:

$$v_v = f(n_w, D_w, S, \mu_R, \rho_w, \eta_F) \quad (4)$$

Andere Einflußgrößen, wie der Spalt zwischen Schneckenrohr und Schneckenwendel, die Korngröße sowie die Wirkungen der Vorrichtungen für Gutaufnahme und -abgabe bleiben in den theoretischen Ansätzen unberücksichtigt.

4.2. Meßmethodik

Zur Ermittlung der senkrechten Fördergeschwindigkeit werden radiometrische Messungen durchgeführt [8]. Die Gammastrahlung eines radioaktiv markierten Teilchens (Verwendung einer Cs-137-Quelle) durchdringt das umgebende Material und das Schneckenrohr und kann durch außerhalb der Förderschnecke befindliche Strahlungsempfänger registriert werden.

Durch zwei Meßsonden, die in Förderrichtung in einem bestimmten Abstand angebracht sind, erhält man beim Durchlauf des markierten Teilchens zwei zeitlich verschobene Signale, die die Ermittlung der senkrechten Geschwindigkeit des Gutstroms über der Meßstrecke ermöglichen. Die Versuche wurden in Abhängigkeit von Drehzahl, Füllungsgrad und Gutart durchgeführt.

Die Szintillationszähler werden mit einer 100 mm dicken Bleischicht abgeschirmt, die Breite des Meßschlitzes beträgt 25 mm (Bild 3). Die Registrierung der Impulse erfolgt mit zwei elektronischen Zählgeräten VA-M-141. Durch die auftretende schnelle Impulsänderung beim Vorbeigang des radioaktiv markierten Teilchens am Szintillationszähler war es notwendig, die Impulsfolge zu untersetzen (Dualunter-setzer Z-2), um sie auf einem technischen Schnellschreiber TSS-101 zu registrieren [10].

Der Vorbeigang des radioaktiv markierten Teilchens am Szintillationszähler wird auf dem Meßschrieb als Peak sichtbar. Bei der geringsten Entfernung des Teilchens zum Szintillationszähler erhält man das Maximum des Aktivitätspeaks. Peakform und -intensität sind vom vertikalen und horizontalen Abstand abhängig. Dies wurde durch definierte feste Anordnung der Quelle auf der Schneckenwendel nachgewiesen. Eine eindeutige Zuordnung ist jedoch nicht möglich.

5. Ergebnisse

5.1. Gutquerschnitt

Für die Auswertung der gemessenen Schichtdicken werden Regressionsgleichungen, ein vollständiges Polynom 3. Grades sowie eine Geradengleichung angewendet. Ein Vergleich der korrigierten Bestimmtheitsmaße und der Reststreuungen ergibt keine wesentlichen Unterschiede.

Entsprechend den Modellvorstellungen von Rademacher [1] ließen sich die Füllungsformen a und c realisieren (Bild 1). Der Anstieg der Geraden ist abhängig von der Drehzahl, vom Füllungsgrad, in geringem Maß von der Gutart, falls die Korngröße eingeht, woraus ebenfalls der Einfluß des Spalts zwischen Schneckenwendel und Schneckenrohr folgt (Bild 4).

5.2. Senkrechte Fördergeschwindigkeit

Aus der Veränderung der Form der Durchlaufpeaks vom unteren zum oberen Durchlauf und den unterschiedlichen Durchlaufzeiten ergibt sich, daß innerhalb des Förderquerschnitts eine relative Bewegung der Gutteilchen vorhanden ist und keine gleichmäßige Aufwärtsbewegung erfolgt.

Der t-Test ergibt Signifikanz der mittleren senkrechten Fördergeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Drehzahl und Füllungsgrad. Geringfügige Änderungen der inneren und äußeren Reibwerte bei Weizen durch die Zugabe von Öl haben keinen Einfluß.

Unwesentliche Unterschiede bestehen auch zwischen den mittleren Fördergeschwindigkeiten von Weizen, Kälberfutterpellets und Broilerstarterfutter (Tafel 1). Die Reibwerte dieser Gutarten weichen nur geringfügig voneinander ab.

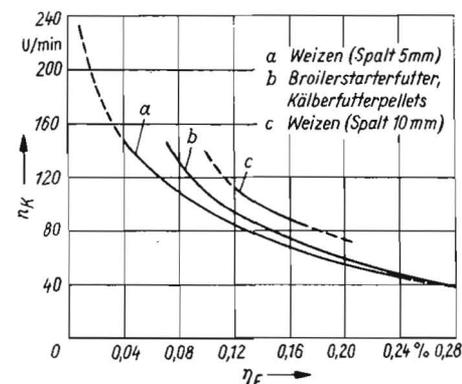
Unter vereinfachten Annahmen läßt sich die senkrechte Fördergeschwindigkeit wie folgt berechnen:

$$v_v = \frac{\pi R_w}{30} (n_w - n_k) \tan \alpha; \quad (5)$$

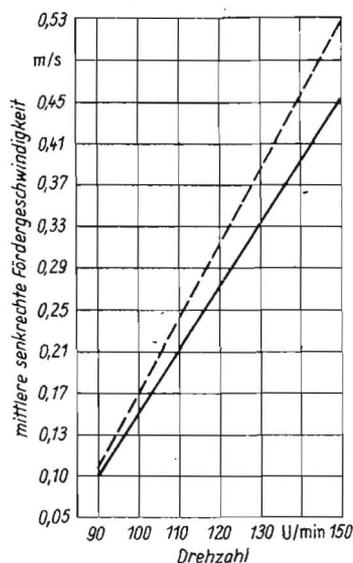
Tafel 1
Zusammenstellung der Fördergeschwindigkeiten

Gutart	Drehzahl U/min	Füllungsgrad ¹⁾	v _{min} m/s	v _{max} m/s	v _{mittel} m/s
Weizen I	90	η_{F2}	0,066	0,131	0,091
Weizen I	110	η_{F2}	0,117	0,265	0,187
Weizen I	120	η_{F2}	0,225	0,434	0,292
Weizen I	150	η_{F2}	0,354	0,581	0,444
Weizen I	110	η_{F3}	0,066	0,306	0,229
Weizen II	110	η_{F3}	0,097	0,278	0,239
Weizen III	110	η_{F3}	0,002	0,273	0,225
Weizen I	120	η_{F2}	0,225	0,434	0,292
Broilerstarterfutter	120	η_{F2}	0,240	0,376	0,306
Kälberfutterpellets	120	η_{F2}	0,249	0,397	0,327
Weizen I	110	η_{F1}	0,049	0,228	0,110
Weizen I	110	η_{F2}	0,117	0,265	0,187
Weizen I	110	η_{F3}	0,066	0,306	0,229

1) für die Füllungsgrade gilt $\eta_{F1} < \eta_{F2} < \eta_{F3}$



5



6

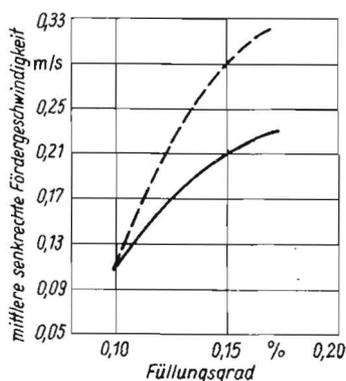


Bild 7. Mittlere senkrechte Fördergeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Füllungsgrad;

--- theoretisch
— gemessen

$$n_k = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{R_w \mu_R} \tan(\alpha + \rho_w)} \quad (6)$$

Gleichung (6) hat nur Gültigkeit für die Einzelkornförderung [9]. In den durchgeführten Versuchen wurde eine Abhängigkeit der kritischen Drehzahl vom Füllungsgrad ermittelt (Bild 5).

Die experimentell ermittelten Werte werden zur Berechnung der senkrechten Fördergeschwindigkeit verwendet. Sowohl im Fall der Abhängigkeit der mittleren senkrechten Fördergeschwindigkeit von der Drehzahl als auch vom Füllungsgrad ist eine ähnliche Tendenz der experimentellen und der theoretischen Kurven zu verzeichnen. In beiden Fällen liegen die experimentellen Werte niedriger als die theoretischen (Bilder 6 und 7).

Aus diesen Ergebnissen folgt, daß in Gleichung (5) der Radius zur Berechnung der senkrechten Fördergeschwindigkeit eine Funktion des Füllungsgrades ist:

$$R_w = f(\eta_F) \quad (7)$$

6. Zusammenfassung

Durch radiometrische Messungen wurden die Bewegungsvorgänge in einer senkrechten Förderschnecke experimentell untersucht. Für die Berechnung des Förderquerschnitts ist der Ansatz einer Geradengleichung ausreichend. Die Messungen der senkrechten Fördergeschwindigkeit bei kohäsionslosen Schüttgütern ergaben, daß eine Relativbewegung während des Förderprozesses stattfindet. Die mittlere senkrechte Fördergeschwindigkeit ist ein Maß für die senkrechte Verschiebung des Gutes.

Literatur

- [1] Rademacher, J. C.: Der vertikale Schroeftransporteur (Der vertikale Schneckenförderer). TH Twente, Dissertation 1972.
- [2] Riemann, U.: Untersuchungen am senkrechten Schneckenförderer. Universität Kiel, Dissertation 1959.
- [3] Nier, R.: Experimentelle Untersuchungen der Fördervorgänge und Leistungen am senkrechten und schrägen Schneckenförderer. Universität Kiel, Dissertation 1964.
- [4] Sinha, G. L.: Untersuchungen zum Fördervorgang beim senkrechten Schneckenförderer. TH Hannover, Dissertation 1959.
- [5] Stein, D. H.: Untersuchungen an Steil- und Senkrechtschneckenförderern für den Transport von Futtermitteln. TU Dresden, Dissertation 1971.
- [6] Tedder, W.: Neue Erkenntnisse zur Feststoffförderung in senkrechten Schneckenförderern. Fördern und Heben 24 (1974) H. 12, S. 1147—1150.
- [7] Nilsson, L.-G.: On the Vertical Screw Conveyor for Non-Cohesive Bulk-Materials. Acta Poly-

Fortsetzung auf Seite 174

Einige Kenngrößen zur Projektierung von Rohrkettenförderern¹⁾

Prof. Dr. sc. techn. D. Rössel, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

1. Problemstellung

Die Durchsetzung industriemäßiger Produktionsmethoden in den Tierproduktionsanlagen erfordert auch hochmechanisierte und automatisierte Fördereinrichtungen, besonders für die Teilsysteme Fütterung und Entmistung, die sowohl eine hohe Arbeitsproduktivität als auch maximale Leistungen bei geringen Kosten ermöglichen. Gegenwärtig gibt es jedoch für einige Förderer, so z. B. für den Rohrkettenförderer, keine Berechnungsgrundlagen. Zur umfassenden Projektierung einer Rohrfütterungsanlage sind sie aber notwendig und müssen deshalb erarbeitet werden.

Rohrkettenförderer sind bezüglich ihres Funktionsprinzips in die Gruppe der mechanischen Stetigförderer mit umlaufendem Zugorgan einzuordnen. Diese Art von Förderern wird grundsätzlich mit Hilfe der Methode der Einzelwiderstände berechnet. In Anlehnung an diese Berechnungsmethode bestand daher die Aufgabe, Einzelwiderstände für Rohrkettenförderer zu ermitteln.

2. Berechnungsmethode

Das endlose, umlaufende Zugorgan hat die Aufgabe, die Widerstände beim Fördervorgang aufzunehmen und auf das Arbeitsorgan zu übertragen. Beim Rohrkettenförderer gleitet das Fördergut, vom Zugorgan geschleppt, auf dem feststehenden Lastaufnahmeorgan. Zur Ermittlung des Kraftbedarfs müssen die einzelnen Widerstände bestimmt und summiert werden. Die Abschnitte einer bestimmten Linienführung des Rohrkettenförderers werden so gewählt, daß die Widerstände in den Abschnitten gleichartig sind und sich stetig ändern. Die Widerstände werden durch verschiedene Ursachen hervorgerufen:

- Widerstand durch Höhenunterschiede auf geradlinigen Strecken
- Bewegungswiderstand auf geradlinigen Strecken
- Widerstand durch das Umlenken an horizontalen oder vertikalen Umlenk-, Ablenk- bzw. Spannradern
- Widerstand durch das Umlenken am Antrieb
- Widerstand durch das Beschleunigen und durch die Reibung des Fördergutes bei dessen Aufgabe.

Dabei werden meist in gleichartig und sich stetig verändernden Abschnitten mehrere der ge-

nannten Widerstände gleichzeitig auftreten. Die wichtigsten Berechnungsgleichungen für die auftretenden Kräfte und Einzelwiderstände sind in Tafel I zusammengefaßt. Aus einer Analyse zum Einsatz der Rohrfütterungsanlage ergaben sich folgende zu ermittelnde Widerstandsbeiwerte:

- W_{fq} spezifischer Bewegungswiderstand infolge Reibung zwischen Fördergut und Lastaufnahmeorgan
- W_f spezifischer Bewegungswiderstand infolge Reibung zwischen Zugorgan und Lastaufnahmeorgan.

Verwendete Formelzeichen

d_r	mm	Raddurchmesser
d_{zk}	mm	Durchmesser des Kettenzapfens
d_{zr}	mm	Durchmesser des Lagerzapfens
F_D	N	horizontale Druckkraft infolge der Gutsäule
F_N	N	Normalkraft
F_R	N	Reibkraft
F_{RG}	N	Reibkraft des Fördergutes
F_{RZ}	N	Reibkraft des Zugorgans
$F_{T(i)}$	N	Kraft im Zugorgan an der Stelle i
F_U	N	Kraft am Antrieb
$F_{W(i)}$	N	Bewegungswiderstand an der Stelle i
F_{wa}	N	Bewegungswiderstand durch Beschleunigung bei Fördergutaufgabe
F_{wf}	N	Bewegungswiderstand auf geradliniger Strecke
F_{wh}	N	Bewegungswiderstand durch Höhenunterschied
F_{wk}	N	Bewegungswiderstand durch einmaliges Abknicken und Geradstrecken
F_{WUA}	N	Bewegungswiderstand durch Umlenken am Antrieb
F_{WUR}	N	Bewegungswiderstand durch Umlenken an vertikalen und horizontalen Rädern
F_{WZ}	N	Bewegungswiderstand durch Zapfenreibung der Räder
F_Z	N	Zugkraft
F_{Zn}	N	Zentrifugalkraft
$h_{(i)}$	mm	Förderhöhe
$l_{(i)}$	mm	Länge der Horizontalprojektion der Förderstrecke
q	N/m	Eigenlast des Fördergutes je Meter
q_z	N/m	Eigenlast des Zugorgans je Meter
Q_m	kg/s	Förderstrommenge
v	m/s	Geschwindigkeit des Fördergutes in Förderrichtung nach der Gutaufgabe
v_0	m/s	Geschwindigkeit des Fördergutes in Förderrichtung vor der Gutaufgabe
W_A		spezifischer Umlenkewiderstand am Antrieb
W_f		spezifischer Bewegungswiderstand infolge der Reibung zwischen Zugorgan und Lastaufnahmeorgan
W_{fq}		spezifischer Bewegungswiderstand infolge Reibung zwischen Fördergut und Lastaufnahmeorgan
W_U		spezifischer Umlenkewiderstand
W_{UZ}		spezifischer Widerstand durch einmaliges Abknicken und Geradstrecken
α	°	Umschlingungswinkel
β	°	Neigungswinkel der Förderstrecke
μ_{zk}		Reibwert der Kette
μ_{zr}		Reibwert am Rädern

3. Ermittlung der spezifischen Bewegungswiderstände

Bild 1 zeigt die Zusammenstellung der zu untersuchenden Elemente des Förderers und die dabei wirkenden Kräfte. Die spezifischen Bewegungswiderstände W_{fq} und W_f lassen sich aus den Reibkräften F_{RG} (Fördergut) und F_{RZ} (Zugorgan) ermitteln:

$$W_{fq} = F_{RG}/q$$

$$W_f = F_{RZ}/q_z$$

Die Funktionsprinzipie zum Messen der Kräfte an den Elementen des Rohrkettenförderers sind in den Bildern 2 und 3 dargestellt, Bild 4 zeigt das Prinzip des Versuchsstands. Gemessen wurde an den Elementen 5, 6 und 7. Als Parameter des Versuchsprogramms wurden verwendet:

- Neigung des Meßelements „gerades Förderrohr“ $\beta = 0 \dots 90^\circ$
- Förderrohre ohne Auslauf, mit einem Auslauf und mit zwei Ausläufen

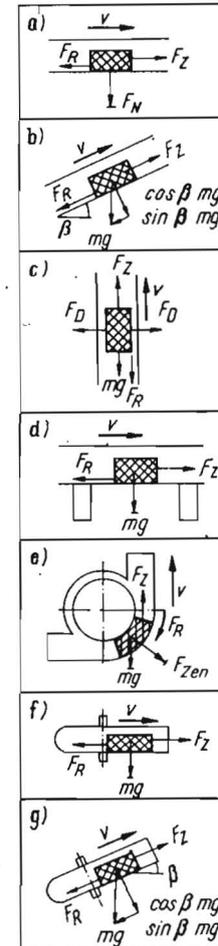


Bild 1 Wirkprinzipie der Fördererelemente;

- a) Förderrohr, horizontal
- b) Förderrohr, geneigt
- c) Förderrohr, vertikal
- d) Förderrohr mit Fallsystem, horizontal
- e) Umlenkstation, vertikal
- f) Umlenkstation, horizontal
- g) Umlenkstation, geneigt

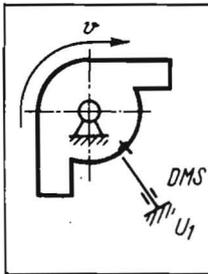


Bild 2 Funktionsprinzip für die Messung an der Umlenkstation; DMS Dehnmeßstreifen, U1 Umlenkung

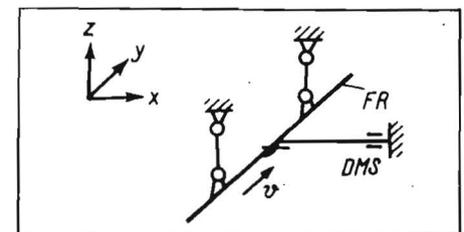


Bild 3 Funktionsprinzip zum Messen am Förderrohr (FR)

Fortsetzung von Seite 173

- technika Scandinavica, Mechanical Engineering Series, No. 64/1971.
- [8] Gläser, M.; Hartung, L.: Messungen von Fördergeschwindigkeit und -querschnitt an einem Versuchsstand „Senkrechtförderer“ mit Hilfe radioaktiv markierter Teilchen bzw. einer Absorptionsstrecke. Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim, Teilbericht 1975 (unveröffentlicht).
- [9] Gutjar, E. M.: Elementarnaja teorija vertikalnogo vintoga transportera (Elementartheorie des vertikalen Schneckenförderers). Trudy moskovskogo instituta mehanizacii i elektrifikacii sel'skogo chozjajstva imeni V.M. Molotova, Band II, mašgiz 1956.
- [10] Helbig, W.: Entwicklung und Automatisierung radiometrischer Einrichtungen. Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim, Bericht 1970.