

## 1. Gegenüberstellung Horizontal- und Vertikalschneckenförderer

Grundsätzlich sind Waagrecht- und Senkrechtförderung zu unterscheiden.

Nach BÖTTCHER [1] geht die reine Waagrechtförderung bis zu einem kritischen Neigungswinkel, den er für verschiedene Einzelkörper um  $55^\circ$  ermittelte.

Im Bereich oberhalb des kritischen Neigungswinkels setzte eine unkontrollierte Förderung ein, die sich aber bei Drehzahlerhöhung in eine Senkrechtförderung umwandelt.

Bei der Waagrechtförderung wird das Gut, das sich durch das Einwirken der Schwerkraft stets an der tiefsten Stelle des Trogquerschnittes befindet, durch die Gänge der rotierenden Schnecke vorwärts geschoben. Untersuchungen darüber [2] ergaben, daß bei einer bestimmten Drehzahl das Gut anfängt, senkrecht zur Förderrichtung zu schleudern oder hochzuspringen. Demnach hat eine Drehzahlsteigerung über eine gewisse Grenze hinaus einen erhöhten Antriebsleistungsbedarf zur Folge.

Das Prinzip der Senkrechtförderung ist völlig anders. Ein Gutteilchen, das sich auf der Wendel der rotierenden Vertikalschnecke befindet, wird durch die Zentrifugalkraft nach außen an die Trogwand — die bei Senkrechtschneckenförderern als Rohr ausgebildet ist — geschleudert und bewegt sich an dieser und auf der rotierenden Wendel spiralförmig aufwärts. Die Reibung zwischen Gut und Rohr bewirkt überhaupt erst eine Förderung.

Das selbständige Steigen eines Gutteilchens beginnt erst bei einer bestimmten Drehzahl  $n_{krit.}$ , die nach [3] vom Radius der Schnecke, vom Steigungswinkel der Schnecke und dem Reibwert zwischen Gut und Wandung abhängt.

Der Einfluß des Reibwertes ist in weiten Grenzen unwesentlich. Diese kritische Drehzahl läßt sich am besten durch den Zeitpunkt der beginnenden selbsttätigen Entleerung des Schneckenförderers bei unterbrochener Gutzufuhr definieren.

## 2. Erläuterungen zu Antriebsleistung, Durchsatz und Problemen der Gutzuführung

Bild 1 zeigt für die Förderung von  $Q = 20$  t/h Trockenmischfutter mit einer Senkrechtschnecke von der Länge  $l = 2000$  mm, einem Durchmesser  $D = 200$  mm und einer Steigung  $s = 200$  mm den Antriebsleistungsbedarf in Abhängigkeit von der Drehzahl nach Kennwerten verschiedener Autoren [4] [5] [6] und nach im Bereich Fördertechnik der Sektion KLF ermittelten Messungen.

Dabei ist erkennbar, daß die Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen nach [6] und den vorliegenden Versuchsergebnissen für Drehzahlen  $n \geq 400$   $\text{min}^{-1}$  als ausreichend angesehen werden kann, während die Versuchsergebnisse der niedrigeren Drehzahlen, die gerade zwischen 200 bis  $300$   $\text{min}^{-1}$  sehr interessant sind, durch keines der bekannten Berechnungsverfahren erfaßt werden.

Untersuchungen und theoretische Abhandlungen beschäftigen sich fast ausschließlich mit dem bereits auf der Wendel befindlichen Einzelkörper. In Versuchsbeschreibungen wird selten oder nur recht ungenau die Art der Gutzuführung erläutert, d. h. wie das oft zitierte Gutteilchen auf die rotierende Schneckenwendel gelangt, so daß sich die Ergebnisse nur bedingt miteinander vergleichen lassen.

Da sich an der Übergabestelle naturgemäß kein allseitig geschlossener Trog befinden kann, wird das anliegende Gut durch die Zentrifugalkraft abgewiesen, wenn kein ausreichend großer Gegendruck vorhanden ist. Die Frage der Zuführung reduziert sich somit auf das Problem der Schaffung eines ausreichenden Druckes im Gut [4] [7] [8].

Bisher war und ist es allgemein üblich, den mindest erforderlichen Druck durch die Säule des zuzuführenden Gutes zu erzeugen. Die Höhe der Drucksäule geht der effektiven Förderhöhe verloren.

Kann beim Durchsatz eine gewisse Unregelmäßigkeit in Kauf genommen werden, vereinfacht sich die Konstruktion der Zuführeinrichtung. Statt einer genau dosierenden Zuführschnecke können z. B. rotierende Scheiben mit aufgesetzten Mitnehmern angewendet werden. Dieses Prinzip wurde bereits von der Firma Wurag und vom VEB Landtechnik-Projekt Dresden angewendet.

\* Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik der TU Dresden Bereich Fördertechnik (Direktor: Prof. Dr. habil. R. THURM)

Bild 1. Leistungsbedarf  $P$  der Vertikalschnecke ( $D = 200$  mm,  $l = 2000$  mm,  $s = 200$  mm) für Förderung von Trockenmischfutter; a nach BONDAROWSKI, b nach vorliegenden Versuchen, c nach THUSING, d nach BEDNARZ

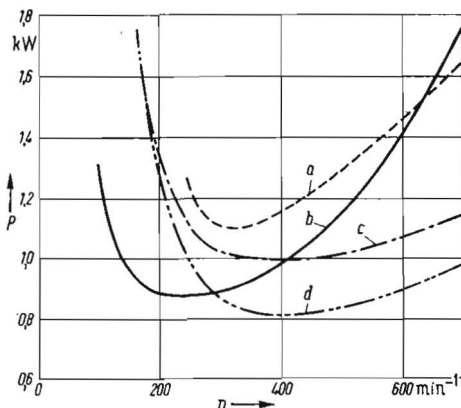
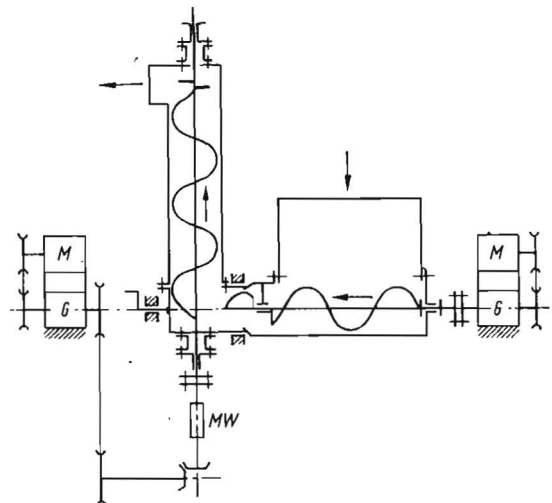


Bild 2. Schema des Versuchstandes



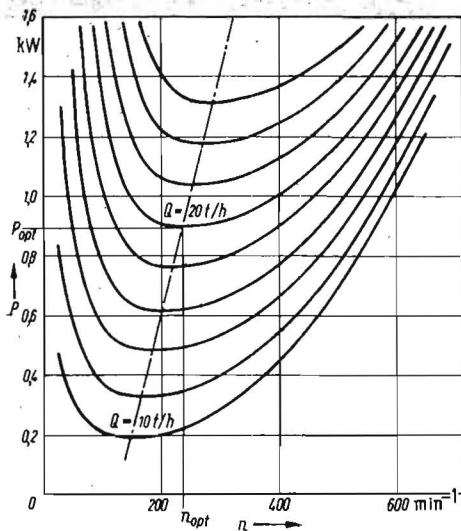


Bild 3. Leistungsbedarf  $P$  der Vertikalschnecke ( $D = 200$  mm,  $l = 2000$  mm,  $s = 200$  mm) für Förderung von Trockenmischfutter

Bei Zwangszuführung lassen sich auch Betriebsdrehzahlen unterhalb der förderkritischen Drehzahl  $n_{krit.}$  realisieren.

### 3. Ziel und Ergebnis vorliegender Versuchsreihen

Unter Berücksichtigung o. g. Überlegungen wurde der Versuchsstand nach Bild 2 entworfen und gebaut.

Die Vorstellungen gingen dahin, ein Optimum in bezug auf Materialeinsatz, Platzbedarf und Antriebsleistung für Durchsätze von  $Q \geq 20$  t/h zu finden.

Als Fördergut wurden u. a. Trockenmischfutter, Pellets, gemuste Hackfrüchte und in Stichproben Grünmehl, Maissilage und Treber verwendet.

Der Einfluß des Durchmessers, der Länge, der Schneckensteigung, der Neigung der Schneckenachse, der Drehzahl, des Füllgrades und des Durchsatzes auf die Antriebsleistung, sowie die Zusammenhänge der einzelnen Größen untereinander sollten untersucht werden.

Die interessantesten und umfangreichsten Ergebnisse liegen für Trockenmischfutter vor.

In der graphischen Darstellung der Antriebsleistung als Funktion der Drehzahl in Bild 3 ergibt sich eine ganz markante Kurve, die sich mit den zwei Parabelästen

$$P = 4 \cdot 10^{-6} n^2 \text{ für den Ast rechts vom Minimum}$$

$$P = 1,6 \cdot 10^{-9} n^4 \text{ für den Ast links vom Minimum}$$

recht gut annähern läßt.

$n$  ist in U/min einzusetzen, und  $P$  ergibt sich in kW, wobei der Koordinatenursprung ins Minimum zu legen ist. Diese Kurve mit dem ausgeprägten Minimum, das einem optimalen Betriebspunkt entspricht, ist gutsspezifisch. Sie ergab sich für alle untersuchten Schneckenlängen, -durchmesser, -steigungen, Neigungen und Durchsätze.

Das Ansteigen der Antriebsleistung rechts vom Optimum ist mit der zunehmenden Gutbeschleunigung und der Vergrößerung der Reibkraft zwischen Gut und Rohrwand zu erklären. Außerdem wird bei den hohen Drehzahlen der starke Einfluß der proportional mit der Drehzahl zunehmenden Leerlaufleistung wirksam. Das vom Optimum aus gesehen linksseitige Ansteigen erklärt sich durch die starke Vergrößerung des Füllungsgrades infolge der Zwangszuführung.

Für den praktischen Einsatz sollte sicherheitshalber eine Betriebsdrehzahl

$$n \geq n_{opt.} \text{ und } n \geq n_{krit.}$$

gewählt werden, um einem „Versacken“ der Schnecke vorzubeugen und ein möglichst weitgehendes Entleeren bei Betriebsdrehzahl zu gewährleisten.

Nach [3] würde die förderkritische Drehzahl  $n_{krit.} = 120$  bis  $140 \text{ min}^{-1}$  betragen. Die Versuche zeigten aber, daß eine ausreichende Entleerung des Förderers erst im Bereich  $n \approx 200 \text{ min}^{-1}$  einsetzte.

Die optimale Antriebsleistung ist dem Durchsatz im untersuchten Bereich (8 bis 34 t/h) proportional.

Der Füllungsgrad  $\varphi$  ist als Grad der Ausnutzung des vorhandenen Volumens im Förderer durch das Gut definiert. Der Füllungsgrad stellt sich in Abhängigkeit vom Durchsatz und der Drehzahl ein. Das Optimum der Antriebsleistung liegt immer im Bereich um  $\varphi = 60\%$  (Bild 4).

Es handelt sich hier um einen mittleren Füllungsgrad, denn der tatsächliche nimmt von der Zuführung bis zur Gutaustragung am Auslaufende der Steilschnecke ab. Der Grad der Ungleichmäßigkeit ist vom Gut und von dem Spalt zwischen Schnecke und Trog abhängig und wurde nicht untersucht.

Die Schneckenachsenneigung zur Horizontalen beeinflusst ebenfalls die Antriebsleistung erheblich. Grundsätzlich ist der Leistungsbedarf bei einer Schneckenneigung von  $\delta = 90^\circ$  größer als bei einer Neigung von  $\delta = 60^\circ$ . Die theoretische Hubleistung  $N_{theo}$  ist bei  $\delta = 90^\circ$  um 16% größer als bei  $\delta = 60^\circ$ , während die entsprechenden prozentualen Differenzen der optimalen Antriebsleistung bei den verschiedenen Schnecken unterschiedlich, aber alle größer sind.

Versuche unter Neigung von  $\delta = 75^\circ$  lassen vermuten, daß der plötzliche Sprung in der Antriebsleistung erst unmittelbar bei  $\delta = 90^\circ$  erfolgt.

Eine wichtige Rolle spielt die Wahl des Durchmessers. Die Versuche haben erwiesen, daß ein kleinerer Durchmesser ( $D = 160$  mm) ungünstigere Bedingungen aufweist als ein größerer ( $D = 200$  mm) (Bild 5).

Dieser Zusammenhang läßt sich nicht beliebig extrapolieren. Für Durchmesser  $D \geq 300$  mm müßten erneut Versuche durchgeführt werden.

Der Einfluß der Länge auf die Antriebsleistung einer Steilschnecke ist eine sehr wesentliche Frage. Die auf Förderhöhe und Durchsatz bezogene Leistung unter Berücksichtigung (d. h. Subtraktion) der Leerlaufleistung

$$\frac{P - P_{Leerlauf}}{Q \cdot h}$$

ist im untersuchten Bereich angenähert gleich.

Hierbei ist allerdings unbedingt zu berücksichtigen, daß die Leerlaufleistung einer längeren Schnecke größer sein wird und sich allein schon daraus eine höhere Antriebsleistung ergibt. Die Leistungsoptima der längeren Schnecke liegen bei höheren Drehzahlen. Diese Tatsache wird maßgeblich durch die Riesel- und Spaltverluste beeinflusst.

Bei der Herstellung einer Steilschnecke ist ein günstiger Kompromiß zwischen Leerlaufleistung und Spaltgröße zu finden. Eine größere Steifigkeit der Schneckenwelle und eine genauere Fertigung in bezug auf Schnecke und Trog könnten den Anwendungsbereich der Steilschneckenförderer vergrößern und ihren Einsatz verbessern.

Beim Vergleich der TGL-Steigung mit der sogenannten Landmaschinensteigung sprechen die Versuchsergebnisse eindeutig für die etwas steilere Steigung nach TGL. Ob das

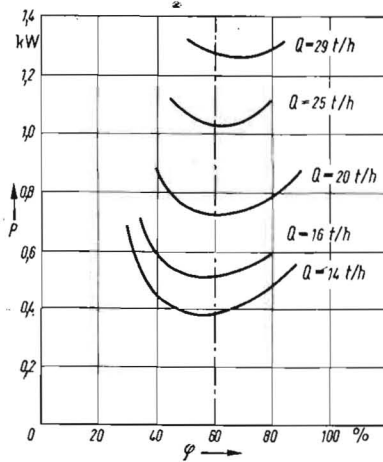
Verhältnis  $\frac{S}{D} = 1$  das optimale ist, läßt sich aus zwei

Steigungen noch nicht sagen. Nach [6] sollte das

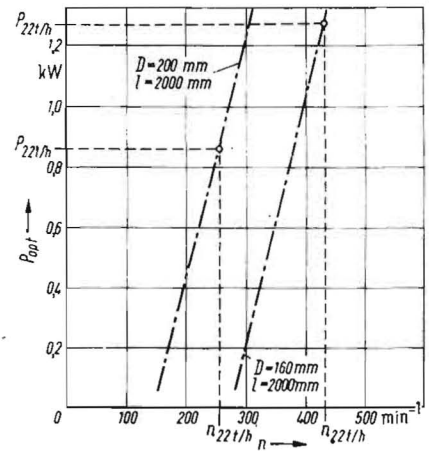
Verhältnis  $\frac{S}{D} = 0,75$  bis  $1,25$  betragen.

Versuche mit gemusten Zuckerrüben wurden mit der

**Bild 4**  
Leistungsbedarf  $P$  einer Steilschnecke  
( $D = 200$  mm,  $l = 2000$  mm,  
 $s = 200$  mm,  $\delta = 60^\circ$ ) für Förderung  
von Trockenmischfutter



**Bild 5** (rechts außen)  
Leistungsoptima  $P_{opt}$  zweier Steilschnecken ( $D = 200$  mm und  $D = 160$  mm,  $l = 2000$  mm,  $\delta = 60^\circ$ ) für Förderung von Trockenmischfutter, das eingezeichnete Beispiel bezieht sich auf einen Durchsatz von  $Q = 22$  t/h



Schnecke  $D = 200$  mm,  $l = 3130$  mm unter einer Neigung  $\delta = 60^\circ$  durchgeführt. Anhaltender Frost und hoher Feuchtigkeitsgehalt der Rübenbrocken führten im Bunker augenblicklich zu einer Frostdecke, die wegen der Brückenbildung ständig zerstört werden mußte. Die Meßwerte streuen stark. Für Durchsätze von  $Q = 10$  bis  $16$  t/h waren im Drehzahlbereich  $n = 150$  bis  $200$  min<sup>-1</sup> Antriebsleistungen von  $N = 0,7$  bis  $0,9$  kW erforderlich. Bei höheren Drehzahlen steigt die Antriebsleistung überproportional an. Die Rübenbrocken hatten eine durchschnittliche Länge von  $30$  mm. Mit derselben Schnecke wurden Grönmehl und Maissilage in Stichproben gefördert.

Bei Grönmehl mit einer Häcksellänge von  $5$  bis  $12$  mm wurde im Drehzahlbereich von  $250$  bis  $750$  min<sup>-1</sup> eine einwandfreie Förderung beobachtet. Allerdings können bei Grönmehl etwas größerer Häcksellänge möglicherweise Stauerscheinungen am Zwischenlager der Zuführschnecke auftreten, wie sie bei Maissilage mit einer Schnittlänge von  $20$  bis  $60$  mm festzustellen waren.

Grönmehl muß auf jeden Fall in geringen Mengen aktiv der Steilschnecke zugeführt werden, um Verstopfungen zu vermeiden. Im vorliegenden Versuchsstand war es aufgrund der Stauung am Zwischenlager der Zuführschnecke nicht möglich, die Maissilage zu fördern.

Nach Untersuchungen über den Vertikaltransport von abgeschältem Silofutter (Schnittlänge  $25$  bis  $40$  mm) mit dem Schneckenförderer empfiehlt [9] für einen (immerhin recht bescheidenen) Durchsatz von  $Q = 4$  t/h einen Schneckendurchmesser  $D = 300$  bis  $500$  mm, eine Drehzahl  $n = 370$  min<sup>-1</sup> und eine Spaltbreite zwischen Rohr und Schnecke von  $13$  mm.

Drehzahl und Spaltbreite dieses Förderers wären für Trockenmischfutter und ähnliche Güter völlig ungeeignet.

### Zusammenfassung

Man kann sagen, daß der Steil- und Senkrechtschneckenförderer ein vielseitig einsetzbares Transportmittel ist, wenn man seine Besonderheiten genügend berücksichtigt und nicht für jeden Vertikaltransport und jedes beliebige Gut Wunderdinge von ihm erwartet.

Bei der Förderung von Trockenmischfutter, Pellets, Kartoffelsilage, gemusterten Zuckerrüben, gedämpften Kartoffeln und Treber ergaben sich durch die Zwangszuführung mögliche Durchsätze, die weit über den vermuteten und bisher für möglich gehaltenen liegen.

Für faserige Güter, wie Maissilage, Grönmehl und Exaktäcksel, ist ein Schneckenförderer nur bedingt einsetzbar.

Im Prinzip sieht es so aus, daß ein Schneckenförderer mit — selbstverständlich in gewissen Grenzen — jeder beliebigen

Fördermenge fertig wird. Die Frage ist nur, welche Antriebsleistung dazu erforderlich ist. Nach Wahl der entsprechenden optimalen Drehzahl wird die Antriebsleistung ein Minimum.

### Literatur

- [1] BÜTTCHER, S.: Eine allgemeine Analyse der Aufwärtsförderung eines Einzelkörpers in Schneckenförderern beliebiger Neigung. VDI-Z/105 (1963) Nr. 14, 16, 18
- [2] EPHREMDIS, CH. / A. VIERLING: Untersuchungen zum Fördervorgang beim waagerechten Schneckenförderer. Fördern und Heben (1957) H. 9
- [3] EPHREMDIS, CH.: Schneckenförderer mit geschlossenem zylindrischen Trog. Fördern und Heben (1959) H. 9.
- [4] THUSING, H.: Die Förderschnecke als stetiger Senkrechtsförderer für Schütt- und Stückgut. Fördern und Heben (1958) H. 5
- [5] BEDNARZ, S. / A. SZUBAK: Ein Beitrag zur Theorie der vertikalen Schneckenförderer. Przegląd Gorniczy (1961) Nr. 4 (polnisch)
- [6] BONDAROWSKI, F. P. / G. W. KORNEJEV: Maschinenelemente und fördertechnische Maschinen (Detali maschin i podjomno-transportnije masziny). Maschgis 1962, S. 512 bis 524 (russ.)
- [7] NIER, R.: Experimentelle Untersuchungen der Fördervorgänge und Leistungen am senkrechten und schrägen Schneckenförderer. Dissertationsschrift an der Universität Kiel 1964
- [8] RIEMANN, U.: Untersuchungen am senkrechten Schneckenförderer. Dissertationsschrift an der Universität Kiel 1959
- [9] NASAROW, W. G. J. / J. G. KATSCHAROWA: Bestimmung der optimalen Hauptkenndaten der vertikalen Schnecke des Abladers von siliertem Futter aus Türmen. Mechanizacija i elektrifikazija sozialistischeskowo chosjaistwa (1968) H. 10 (russisch) A 8014

## Walzenkränze

für Transportgeräte  
Förderanlagen usw.



Geringe  
Einbauhöhe  
Zeitsparende  
Montage  
Hohe Belastungs-  
fähigkeit

Valentin Schleicher KG  
608 Schmalkalden  
(Thüringen)  
Telefon: 28 06

