

im Trockensubstanzbereich von 40 bis 60% auf.

## 5. Zusammenfassung

Güllefeststoffe und Futtergemische mit Güllefeststoffanteil sind aufgrund ihrer faserigen Textur schwerfließende Güter. Die sichere Entnahme aus Behältern mit Gravitationsfluß ist nur bei Auslaufdurchmessern  $d \geq 3$  m, Schlitzbreiten  $b \geq 1,50$  m und Neigungen der Trichterwände zur Vertikalen  $\theta \leq 10^\circ$  möglich. Da Behälterverschlüsse und Entnahmeorgane für Auslaufdurchmesser  $d \geq 3$  m konstruktiv schwer realisierbar sind, sollte in der Praxis auf Schlitzbunker orientiert werden. Frei geformte zentrale Fallschächte sind durch die hohe Kohäsion und innere Reibung von Güllefeststoffen standfest. Die Lagerungsdichte vergrößert sich mit zunehmender Lagerungsdauer nur sehr wenig. Der Verlauf ist vom Trockensubstanzgehalt abhängig. Maximale Guttemperaturen infolge Selbsterwärmung treten

nach 40 bis 60 h auf. Im Trockensubstanzbereich von 40 bis 60% treten Höchstwerte von 50 bis 70°C auf. Ist kein Teilprozeß zur Abkühlung vorgesehen, muß bei Güllefeststoffen und Futtergemischen mit Güllefeststoffanteil auf eine Sofortverfütterung orientiert werden.

## Literatur

- [1] Flachowsky, G.: Untersuchungen zum Einsatz von pelletierten Fertigfuttermitteln mit Stroh und Feststoffen der Schweinegülle unter besonderer Berücksichtigung der Schlachtkörperzusammensetzung von Mastbullen. Vortrag zum Symposium „Kompaktierte Futtermittel für die industriemäßige Tierproduktion“, Halle 1976.
- [2] Schlage, M.: Zum Einsatz von Legehennenexkrementen in der Fütterung. Vortrag zum Symposium „Kompaktierte Futtermittel für die industriemäßige Tierproduktion“, Halle 1976.
- [3] Schwedes, J.: Fließverhalten von Schüttgütern in Bunkern. Weinheim: Verlag Chemie 1968.

- [4] Füll, C.: Ein Beitrag zum Berechnen von Dichten und Horizontaldrücken bei der Lagerung landwirtschaftlicher Halmgüter in Behältern. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1972.
- [5] Zenkow, R.L.: Schüttgutmechanik, Moskva: Mašgiz 1952.
- [6] Richmond, O.: Gestaltung von Bunkern mit Schwerkraftdurchsatz. *Energie* 15 (1963) H. 6, S. 214—216.
- [7] Walker, D.M.: Eine Nährungstheorie für Drücke und Brückenbildung in Trichtern. *Chem. Engng. Sci.* 21 (1966) S. 975—997.
- [8] Walker, D.M.: Grundlagen für die Bunkerkonstruktion. *Powder Technology* (1967) H. 1, S. 228—236.
- [9] Westergaard, H.M.: Plastic State of Stress around a Deep Well. *J. Boston Soc. civ. Engrs.* (1940) H. 27, S. 1—5. A 1900

# Berechnung des Druckverlustes bei der Förderung konzentrierter Futtermischungen mit chemisch konservierten Zuckerrüben in Rohrleitungen

Dr.-Ing. M. Türk, KDT

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

## Verwendete Formelzeichen

a	Ns/m <sup>6</sup>	Konstante der Regressionsfunktion $\Delta p/\Delta l = f(\dot{V})$
d	m	Rohrinnendurchmesser
(dv/dr) <sub>w</sub>	l/s	Schergefälle nicht-Newtonscher Medien
H <sub>geo</sub>	m	geodätische Förderhöhe
k	Ns <sup>n</sup> /m <sup>2</sup>	Konsistenzkoeffizient des Potenzgesetzes
l	m	Rohrlänge gerader Rohre
l <sub>ges</sub>	m	Gesamtförderlänge
l*	m	äquivalente Rohrlänge örtlicher Widerstände
l <sub>0</sub>	m	Einbaulänge von Armaturen und Formstücken
m <sub>ZR</sub>	kg	Massenanteil Zuckerrübenschnitzel
m <sub>TMF</sub>	kg	Massenanteil Trockenmischfutter
m <sub>w</sub>	kg	Massenanteil Wasser
n	—	Fließexponent des Potenzgesetzes
P <sub>ges</sub>	Pa	Gesamtdruck
Δp	Pa	Druckdifferenz statischer Drücke
Δp/Δl	Pa/m	spezifischer Druckverlust
R	m	Rohrradius
R <sub>k</sub>	m	Krümmungsradius
Re <sub>n</sub>	—	verallgemeinerte Reynoldszahl
Re' <sub>n</sub>	—	modifizierte Re <sub>n</sub> -Zahl
Tr	%	Trockensubstanzgehalt
Ṁ	m <sup>3</sup> /s; m <sup>3</sup> /h	Volumenstrom, Durchsatz
v	m/s	mittlere Strömungsgeschwindigkeit
β <sub>Bö</sub>	°	Schüttwinkel
ζ	—	Widerstandszahl von Armaturen und Formstücken
η	cP	dynamische Viskosität
γ	—	Rohrreibungszahl
ϑ <sub>F</sub>	°C	Temperatur der Futtermischung
ρ	kg/m <sup>3</sup>	Dichte
ρ <sub>Sch</sub>	kg/m <sup>3</sup>	Schüttdichte
τ <sub>w</sub>	Pa	Wandschubspannung
τ <sub>0</sub>	Pa	Fließgrenze

## 1. Problemstellung

Zur Berechnung von Förder- und Verteilanlagen für die fließfähige Fütterung in Schweinegroßanlagen ist die Kenntnis der Druckverlustanteile der Strömung in geraden Rohren und örtlichen Widerständen notwendige Voraussetzung. Beim Einsatz konzentrierter Hackfruchtfuttermischungen mit chemisch konservierten Zuckerrüben zeigt sich ein kompliziertes Verformungsverhalten, das in starkem Maß von der Futterzusammensetzung, von den physikalischen Eigenschaften der Komponenten und von der mechanischen Beanspruchung abhängig ist. Gelingt die Bestimmung reproduzierbarer und übertragbarer Fließkurven, so können mit Hilfe bekannter Fließgesetze Druckverlust-Durchsatz-Abhängigkeiten für die laminare Rohrströmung berechnet werden. Dieses Förderproblem ist Inhalt des folgenden Beitrags, wobei die wesentlichen Berechnungsgrundlagen bereits bekannt sind [1].

Konzentrierte Futtermischungen aus Zuckerrübenschnitzeln (ZR), Trockenmischfutter (TMF) und Wasser können als nicht-Newtonsche, grobdisperse Suspensionen gekennzeichnet werden. Aufgrund einer charakteristischen Gerüststruktur der ZR mit großem Zwischenraumvolumen, in dem die wesentlich kleineren Schrotteilchen des TMF eingelagert sind, werden kaum Entmischungerscheinungen beobachtet. Die Fließeigenschaften werden im wesentlichen durch die ZR bestimmt. Das ZR-Konservat (mit 0,2% Benzoesäure im Hochsilo eingelagert) besteht aus länglichen (< 50 mm), z. T. zerfaserten, weichen Schnitzeln mit folgenden Eigenschaften:

Tr = 22 ... 23 %  
 ρ<sub>Sch</sub> = 480 ... 500 kg/m<sup>3</sup>  
 β<sub>Bö</sub> = 41 ... 44°.

Bei der chemischen Konservierung im Hochsilo [2] erfolgt der Austritt von etwa 10 bis 15% Zuckersaft (Tr = 15 ... 17%; η = 3 ... 4 cP), der mit seinem hohen Nährwert grundsätzlich zur Fütterung verwendet werden sollte.

Bei den vorliegenden Versuchen wurde der Zuckersaft nicht verwertet, um die ungünstigsten Bedingungen im Betrieb zu simulieren [3].

## 2. Versuchsmethodik

Bei der Vielzahl von Einflußgrößen auf den Reibungswiderstand kommt der sorgfältigen und reproduzierbaren Bestimmung der Fließeigenschaften besondere Bedeutung zu. Da nur mit einem Rohrviskosimeter übertragbare Fließkennwerte der grobdispersen ZR-Futtermischungen gewonnen werden können [1] [3], wurden bei stationärer, laminarer Strömung in einem Viskosimeter-Meßrohr (NW 100 mm) mit den prozeßbestimmenden integralen Meßgroßen Durchsatz Ṁ und Druckverlust Δp/Δl Fließkurven τ<sub>w</sub> = f[(dv/dr)<sub>w</sub>] ermittelt. Am Rohrleitungsversuchsstand des Forschungszentrums für Mechanisierung Schlieben/Bornim wurden weiterhin Druckverluste von handelsüblichen Stahlrohren, Formstücken (Reduzierstücke, 90°-Krümmer, T-Stücke) und Keilschiebern unterschiedlicher Nennweiten (NW 50 bis 125 mm) im Durchsatzbereich Ṁ = 5 ... 25 m<sup>3</sup>/h bei konstanten Temperaturen ϑ<sub>F</sub> = 18 ... 20°C gemessen. Durch diese Versuchsmethodik wurde die Übertragbarkeit der ermittelten Fließkennwerte auf andere Rohrenweiten überprüft.

Zur meßtechnischen Erfassung der statischen Druckdifferenz Δp wurde ein neues Meßprinzip mit Membrankammer und U-Rohr-Manometer entwickelt und mit Erfolg eingesetzt [4]. Die

Messung des Volumendurchsatzes  $\dot{V}$  erfolgte mit Hilfe eines induktiven Durchflußmessers. Bei den untersuchten Futtermischungen wurden die Wasser- und ZR-Anteile schrittweise variiert (Tafel 1) sowie die Art der ZR-Schnittzel verändert (frisch oder chemisch konserviert). Thixotrope oder rheopexe Fließanomalien sind beim Fördern nicht zu beobachten. In erster Näherung kann pseudoplastisches Fließverhalten ( $\tau_0 = 0$ ) angenommen werden [1] [5], so daß sich bei Verwendung des Potenzgesetzes von Ostwald und de Waele

$$\tau_w = k \left( \frac{dv}{dr} \right)^n \quad (1)$$

die Fließkennwerte  $k$  und  $n$  aus der Druckverlust-Durchsatz-Abhängigkeit des Viskosimeterrohrs NW 100 ableiten lassen [1].

### 3. Druckverluste in geraden Rohren

Der von einer Pumpe am Anfang einer Rohrleitung aufzubringende Gesamtdruck  $p_{ges}$  setzt sich wie folgt zusammen:

$$p_{ges} = \sum \left( \frac{\Delta p}{\Delta l} \right) l + \sum \Delta p + H_{ver} \rho g + \frac{\rho v^2}{2} \quad (2)$$

Dabei kommt den ersten beiden Anteilen (Druckverluste in geraden Rohren und in lokalen Widerständen) die größte Bedeutung zu, während der Staudruckanteil vernachlässigbar ist.

Die sich ergebenden charakteristischen Kurven der Funktion  $\Delta p/\Delta l = f(\dot{V})$  (Bild 1) sind vom jeweiligen Rohrdurchmesser abhängig. Unter Voraussetzung der Gültigkeit von Gleichung (1) gelingt die abmessungsunabhängige Darstellung des Widerstandsverhaltens sämtlicher untersuchter Futtermischungen in dimensionsloser Form, indem die Abweichungen gegenüber dem Newtonschen Fließverhalten durch die Modifikation der verallgemeinerten Reynoldszahl  $Re'_n$  berücksichtigt werden [1]:

$$Re'_n = \frac{d^n v^{2-n} \rho \delta}{k \left( \frac{6n+2}{n} \right)^n} = Re_n \frac{8}{\left( \frac{6n+2}{n} \right)^n} \quad (3)$$

Bild 3. Widerstandsverhalten von Formstücken (Futtermischung Nr. 1.3)

Bild 2. Widerstandsverhalten von ZR-Futtermischungen; Vergleich von gemessenen und berechneten Rohrreibungszahlen

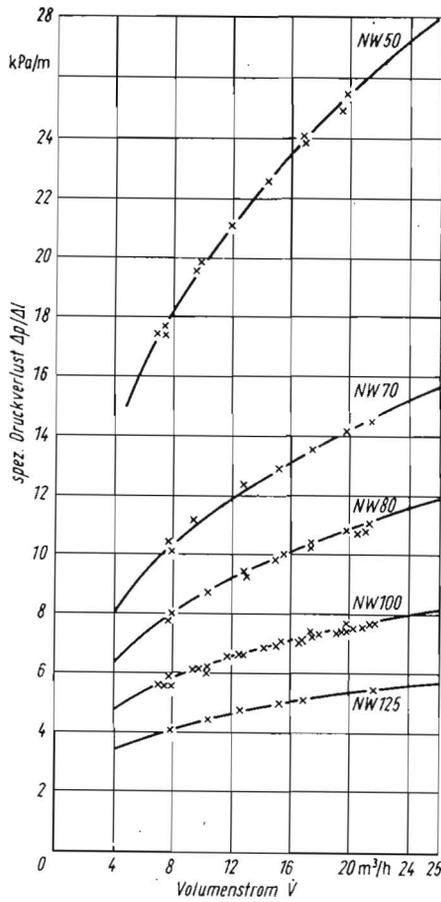
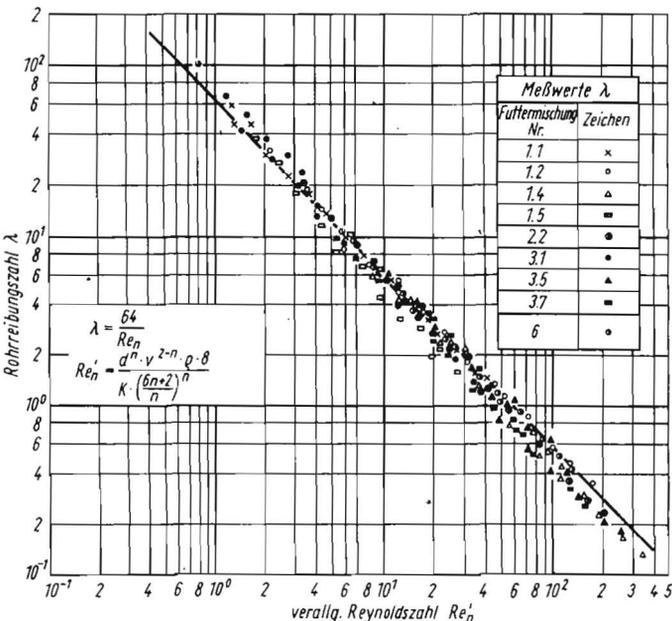


Bild 1. Druckverlust-Durchsatz-Abhängigkeit einer Futtermischung aus chemisch konservierten ZR, TMF und Wasser (Futtermischung Nr. 1.2)

Damit ist das für laminare Strömung Newtonscher Flüssigkeiten bekannte Hagen-Poiseuille'sche Reibungsgesetz auch für diese nicht-Newton'schen Medien mit hinreichender Genauigkeit anwendbar (Bild 2):

$$\lambda = \frac{64}{Re'_n} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{\Delta p}{\Delta l} \frac{2d}{\rho v^2} \quad (5)$$

und Gleichung (4) ergibt sich nach Umformung

$$\frac{\Delta p}{\Delta l} = \frac{4k}{d} \left( \frac{3n+1}{4n} \right)^n \left( \frac{32 \dot{V}}{\pi d^3} \right)^n \quad (6)$$

Damit läßt sich bei bekannten Fließkennwerten  $k$  und  $n$  (Tafel 1) für jeden Rohrdurchmesser  $d$  und Durchsatz  $\dot{V}$  der gesuchte Druckverlust berechnen. In Abhängigkeit von der Futtermischungssetzung (bei Einsatz chemisch konservierter Zuckerrüben) wurden für Übersichtsrechnungen die folgenden Regressionsgleichungen zur Bestimmung der Fließkennwerte  $k$  und  $n$  ermittelt:

1.  $m_{ZR} / m_{TMF} = 1 : 1$ ;

Bereich  $\left( \frac{m_{ZR} + m_{TMF}}{m_w} \right) = 1 : 2,0 \dots 1 : 1,1$

für  $Tr = 18 \dots 25,7\%$  gilt:

$$\lg k = 6,583 \lg \left( \frac{m_{ZR} + m_{TMF}}{m_w} \right) + 2,6750;$$

$$\lg n = -2,011 \lg \left( \frac{m_{ZR} + m_{TMF}}{m_w} \right) - 0,7559.$$

2.  $m_{ZR} / m_{TMF} = 3 : 1$ ;

Bereich  $\left( \frac{m_{ZR} + m_{TMF}}{m_w} \right) = 1 : 1,6 \dots 1 : 0,90$

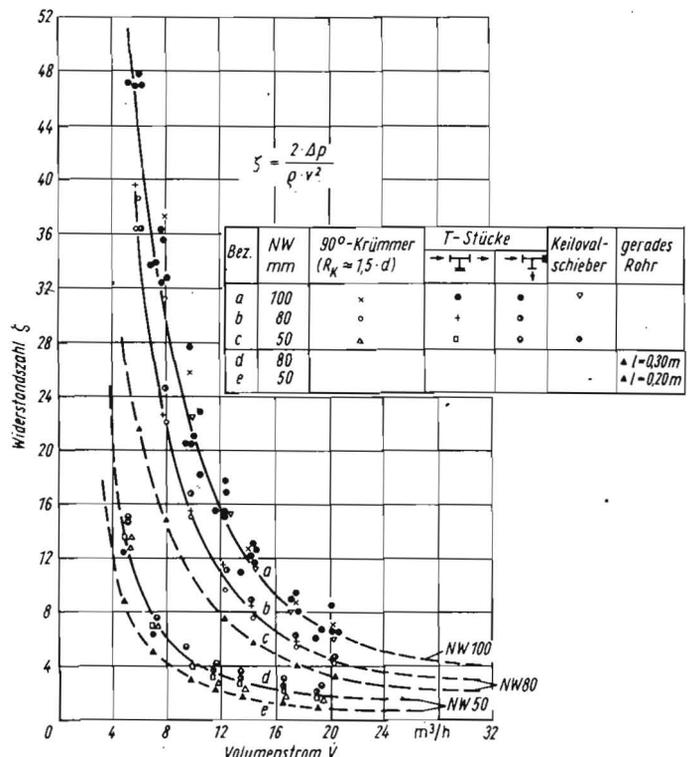
für  $Tr = 14,4 \dots 19,6\%$  gilt:

$$\lg k = 4,871 \lg \left( \frac{m_{ZR} + m_{TMF}}{m_w} \right) + 1,8261;$$

$$\lg n = -1,438 \lg \left( \frac{m_{ZR} + m_{TMF}}{m_w} \right) - 0,4409. \quad (7)$$

Damit ist es möglich, für eine festgelegte Futtermischungssetzung die zugehörigen Fließkennwerte zu errechnen und das Förderverhalten einzuschätzen.

Als Grenzwert der Fließfähigkeit im Sinne der Rohrleitungsförderung beim Einsatz einer Ex-



Tafel 1. Zusammensetzung und Fließkennwerte der untersuchten ZR-Futtermischungen ( $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$ ); TMF: Schweinemaststalleinfutter, Sorte I, schrotförmig

Nr. der Futtermischung	Futtermischung		Form der ZR		Fließkennwerte	
	$m_{ZR}$	$m_{ZR} + m_{TMF}$	Tr		k	n
	$\frac{m_{ZR}}{m_{TMF}}$	$\frac{m_{ZR}}{m_W}$	%		$Ns \frac{n}{m^2}$	
1.1.	1:1	1:1,20	25,00	chem. kons.	92,09	0,2706
1.2.		1:1,35	23,34	chem. kons.	51,78	0,2919
1.3.		1:1,62	21,44	chem. kons.	18,28	0,4706
1.4.		1:1,90	18,81	chem. kons.	6,04	0,5748
1.5.		1:1,20	23,41	frische ZR	25,46	0,5786
1.6.		1:1,35	21,11	frische ZR	17,78	0,5639
2.1.	2:1	1:1,0	22,25	chem. kons.	63,38	0,3809
2.2.		1:1,35	18,80	chem. kons.	29,48	0,3832
3.1.	3:1	1:0,96	20,00	chem. kons.	70,24	0,3329
3.2.		1:1,07	18,79	chem. kons.	25,04	0,5085
3.3.		1:1,20	18,44	chem. kons.	19,21	0,5098
3.4.		1:1,30	16,38	chem. kons.	33,29	0,2967
3.5.		1:1,60	14,66	chem. kons.	9,95	0,5309
3.6.		1:0,80	17,93	frische ZR	20,04	0,5528
3.7.		1:0,96	17,00	frische ZR	11,14	0,5767
4.1.	5:1	1:1,0	16,30	chem. kons.	21,03	0,6758
4.2.		1:1,2	14,90	chem. kons.	17,10	0,6060
4.3.		1:1,4	13,90	chem. kons.	15,58	0,4980
4.4.		1:1,5	13,50	chem. kons.	14,89	0,4620
4.5.		1:1,6	12,60	chem. kons.	13,88	0,4230
4.6.		1:1,7	12,10	chem. kons.	10,43	0,4410
5.1.	—	1:0,50	14,65	chem. kons.	18,30	0,6250
5.2.		1:0,80	12,20	chem. kons.	6,78	0,7170
5.3.		1:1,0	10,90	chem. kons.	4,11	0,7440
6.	—	$\frac{m_{TMF}}{m_W}$				
		= 1:2,0	29,19	—	20,590	0,4786

Tafel 2. Äquivalente Rohrlängen  $l^*$  von Formstücken und Schiebern beim Einsatz unterschiedlicher Futtermischungen

Bezeichnung	NW	Standard	Baulänge $l_0$ m	äquivalente Rohrlänge $l^*$ in m bei verschiedenen Fördermedien			
				Wasser	$m_{ZR}/m_{TMF} = 1:1$	$m_{ZR}/m_{TMF} = 2:1$	$m_{ZR}/m_{TMF} = 3:1$
Keilvalschieber ND 10 (100% geöffnet)	100 50	TGL 19299	0,30 0,25	0,40 bis 0,90	0,50	0,90	0,35
Keilflachschieber ND 4 (100% geöffnet)	100 80 70	TGL 18298	0,19 0,18 0,17	0,40 bis 0,90	0,45	0,85	0,25
Reduzierstücke (auf $d_{min}$ bez.)	100/80 80/70 70/50	TGL 14390	0,20 0,20 0,15	0,20	0,35	0,80	0,20
90°-Krümmer ( $R_k = 1,5 d$ )	100 80 70 50	TGL 14390	0,35 0,30 0,25 0,20	1,0 bis 3,2	0,50	1,00	0,35
T-Stücke (gerade durchströmt)	100 80 50	TGL 14390	0,40 0,36 0,30	2,0 bis 4,4	0,50	0,80	0,40
T-Stücke (umgelenkte Strömung)	100 80 50	TGL 14390	0,40 0,36 0,30	2,7 bis 5,9	0,50	0,95	0,40

zentnerschneckenpumpe M 13/2-115  $\times$  140 ohne Zwangszuführung kann eine Futtermischung  $m_{ZR}/m_{TMF} = 1:1$  mit  $Tr = 25\%$  angesehen werden, die mit  $\dot{V} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$  durch ein Rohr  $d = 0,1 \text{ m}$  maximal  $l = 62 \text{ m}$  weit gefördert werden kann.

Analog ergibt sich für Futtermischungen  $m_{ZR}/m_{TMF} = 3:1$  als Grenzwert  $Tr = 20\%$ . Beim Einsatz von frischen ZR verringert sich der Reibungswiderstand beträchtlich (Tafel 1), da der vorhandene Zuckersaft zur Verminderung des Verformungswiderstands führt. Durch nachträgliche Zugabe des bei der Lagerkonservierung anfallenden Zuckersaftes kann ein ähnlicher Effekt erzielt und bei Futtermischungen  $m_{ZR}/m_{TMF} = 1:1$  der Druckverlust beim Fördern im Stahlrohr NW 100 mm auf etwa 75% vermindert werden.

Beim Fördern von Futtermischungen mit hohem Wasseranteil  $m_W$  und hohen Strömungsgeschwindigkeiten können durchsatz erhöhende Wandgleit-effekte auftreten, die mit bekanntem Korrekturverfahren [1] [6] eliminierbar sind. Die im Bild 2 für einige Medien erkennbaren Abweichungen der Meßpunkte bei hohen  $Re_n$ -Zahlen zeigen den Einfluß des Wandgleit-effekts. Man geht davon aus, daß während des Fördervorgangs im Rohr lokale Entmischungsvorgänge erfolgen, indem sich ein Teil der flüssigen Phase als dünne Gleitschicht an der Rohrwand anlagert. Es existiert immer eine Kombination von Laminarströmung im Kern und Grenzschichtströmung an der Rohrwand, so daß mit steigendem Durchsatz der gemessene Reibungswiderstand geringer als bei Gültigkeit der Wandhaftungsbedingung  $v(R) = 0$  wird.

Allgemein kann man in erster Näherung für die Rohrförderung landwirtschaftlicher Suspensionen Wandhaftung annehmen, da bei den vorliegenden ZR-Futtermischungen nachweisbare Wandgleit-effekte im Durchsatzbereich  $\dot{V} < 25 \text{ m}^3/\text{h}$  lediglich bei kleineren Rohrnennweiten ( $d < 80 \text{ mm}$ ) auftraten.

Mit den in Tafel 1 angegebenen Fließkennwerten der unterschiedlichen ZR-Futtermischungen, die bei praktischen Förderversuchen bestimmt und überprüft wurden, liegen gesicherte Bemessungsgrundlagen zur Berechnung von Druckverlust-Durchsatz-Abhängigkeiten vor, so daß praktische Förderprobleme einfacher und mit höherer Sicherheit gelöst werden können.

#### 4. Druckverluste in örtlichen Widerständen

Während zur Berechnung der Druckverlustanteile gerader Rohre beim Fördern von nicht-Newton'schen Medien ausreichende Berechnungsgrundlagen bekannt sind, fehlen diese für örtliche Widerstände (Armaturen und Formstücke) völlig und man ist auf experimentelle Angaben angewiesen. Es kann generell Laminarströmung vorausgesetzt werden, so daß die Widerstandszahl

$$\zeta = \frac{2 \Delta p}{\rho v^2} \quad (8)$$

analog zur stationären Rohrströmung hauptsächlich von den Fließeigenschaften des Fördermediums abhängt. Im praktischen Förderbereich  $\dot{V} = 10 \dots 25 \text{ m}^3/\text{h}$  verändern sich die

Widerstandszahlen mit dem Durchsatz in bedeutendem Maß und konstante  $\zeta$ -Werte werden erst bei  $\dot{V} > 30 \text{ m}^3/\text{h}$  erreicht (Bild 3). Es ergeben sich eindeutige, z. T. abmessungs-unabhängige lineare Abhängigkeiten der Form  $\lg \zeta = f(\lg Re_n)$  (Bild 4). Dabei zeigt sich bei 90°-Krümmern und T-Stücken ein ähnliches Widerstandsverhalten, so daß gleiche Strömungsverhältnisse anzunehmen sind, da die Form der Umlenkung bei Laminarströmung kaum von Einfluß ist [3].

Ein Vergleich des Strömungswiderstands von Armaturen und Formstücken mit bekannten Werten der Hydromechanik ist erst mit Hilfe der äquivalenten Rohrlänge  $l^*$  als Rechengröße sinnvoll:

$$l^* = \frac{\zeta}{\lambda} d \quad (9)$$

Ein gleichartiges, gerades Rohr mit der äquivalenten Länge  $l^*$  verursacht den gleichen Druckverlust wie das entsprechende Bauteil. Damit vereinfacht sich Gleichung (2):

$$p_{ges} = \sum \left( \frac{\Delta p}{\Delta l} \right) l_{ges} + H_{geo} \rho g \quad (10)$$

$l_{ges}$  setzt sich dabei aus der Summe der Längen gerader Rohre und der Summe der  $l^*$  der örtlichen Widerstände einer NW zusammen. Die experimentell bestimmten Mittelwerte  $l^*$  der untersuchten Bauteile sind in Tafel 2 als Bemessungsvorschlag angegeben. Es zeigt sich, daß die äquivalenten Rohrlängen für Schieber etwa den bekannten Werten der Hydromechanik entsprechen, während bei Formstücken

generell geringere  $I^*$ -Werte beobachtet wurden.

Ein erhöhter Wasseranteil der Futtermischungen führt zu größeren äquivalenten Rohrlängen, da die Eigenbeweglichkeit der ZR-Schnitzel erhöht wird und damit auch der Widerstand an scharfkantigen Querschnittsänderungen.

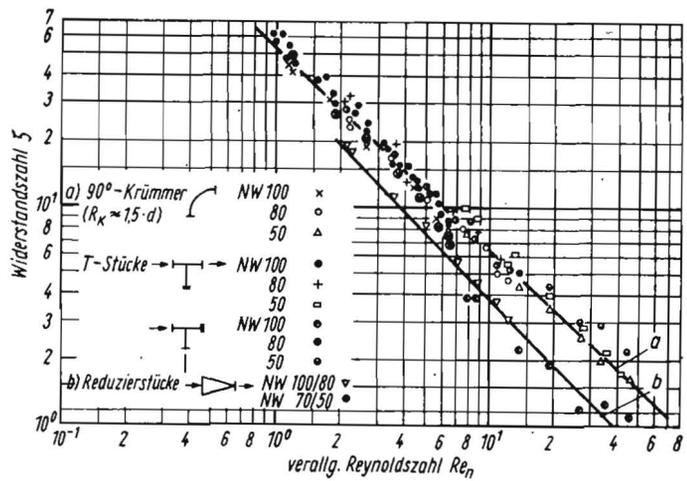
## 5. Zusammenfassung

Ausgehend von bekannten Berechnungsgrundlagen [1] werden Förderversuche mit ZR-Futtermischungen unterschiedlicher Zusammensetzung beschrieben und gesicherte Fließkennwerte zur Druckverlustberechnung gerader Rohre bei Anwendung des Potenzgesetzes von Ostwald und de Waele angegeben (Tafel 1). Weiterhin wurden die in der landwirtschaftlichen Praxis häufig eingesetzten Armaturen und Formstücke untersucht und Bemessungsvorschläge erarbeitet, die die Projektierung von Förder- und Verteilanlagen zur fließfähigen Fütterung vereinfachen und eine höhere Zuverlässigkeit ermöglichen.

## Literatur

[1] Türk, M.: Berechnung des Druckverlustes bei der Förderung konzentrierter landwirtschaftlicher Suspensionen in Rohrleitungen. *agrartechnik* 26 (1976) H. 10, S. 486—490.

**Bild 4**  
Widerstandsverhalten von Formstücken (Futtermischung Nr. 1.2)  
a)  $\lg \zeta = \lg 52,43 - 0,906 \lg Re_n$   
b)  $\lg \zeta = \lg 38,63 - 1,005 \lg Re_n$



[2] Kramer, S. u. a.: Technische Ausrüstungen für Hackfruchtsilos. *agrartechnik* 23 (1973) H. 8, S. 376—378.

[3] Türk, M.: Beitrag zum Berechnen horizontaler Rohrleitungssysteme für konzentrierte fließfähige Hackfruchtfuttermischungen unter besonderer Berücksichtigung des Zuckerrübeneinsatzes. Universität Rostock, Dissertation 1975.

[4] Türk, M.; Schmidt, H.: Messung des Druckverlustes beim Rohrleitungstransport konzentrierter,

grobdispenser Suspensionen. *agrartechnik* 27 (1977) H. 8, S. 367—369.

[5] Türk, M.: Berücksichtigung der Fließgrenze  $\tau_0$  bei der Berechnung der laminaren Rohrströmung landwirtschaftlicher Suspensionen. *agrartechnik* 28 (1978) H. 2, S. 71—74.

[6] Pfannschmidt, P.; Reher, E.-O.: Zur Ermittlung der Fließigenschaften nicht sedimentierender nicht-Newtonscher Suspensionen mit Wandeffekten in Kapillaren. *Plaste und Kautschuk* 19 (1972) H. 7, S. 502—507. A 1469

## Kurz informiert

### Fachtagung „Getriebetechnik“

Vom 12. bis 14. Oktober 1977 fand in Rostock-Warnemünde die Fachtagung „Getriebetechnik“ statt. Diese Fachtagung mit internationaler Beteiligung wurde von der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, und vom Bezirksvorstand Rostock der KDT in enger Zusammenarbeit und in Abstimmung mit dem nationalen IFToMM-Komitee<sup>1)</sup> der DDR und dem Fachausschuß Theorie der Maschinen und Mechanismen veranstaltet. Die über 330 Teilnehmer kamen aus verschiedenen Kombinat und Betrieben, Akademien, Hoch- und Fachschulen des In- und Auslands. Vertreten waren Wissenschaftler aus sämtlichen RGW-Staaten, aus der BRD, aus Ägypten und aus der Schweiz.

Dem international hochgeschätzten sowjetischen Gelehrten Akademiemitglied Prof. Dr. E. h. I. I. Artobolevskij, der am 21. September 1977 verstorben war, wurde zu Beginn der Tagung in einer Schweigeminute gedacht.

Die Beratung wurde vom amtierenden Rektor der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Prof. Dr. sc. agr. Neumann, eröffnet. In seinen Ausführungen betonte er, daß es die Universität als Anerkennung für die junge Disziplin der Technikwissenschaften ansieht, durch das IFToMM-Komitee der DDR mit der Durchführung der Getriebetagung beauftragt worden zu sein.

Der Generalsekretär der IFToMM, Prof. Dr. A. Morecki, Warschau, wertete in seiner Ansprache die repräsentative Teilnahme als

Anerkennung und Wertschätzung der Getriebewissenschaft in der DDR.

Besonders gewürdigt und begrüßt wurde der Nestor der DDR-Getriebewissenschaft, NPT Prof. (em.) Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. e. h. W. Lichtenheldt.

Alle Fachvorträge enthielten die generelle Zielstellung, Wissenschaft und Technik zur Erhöhung des Gebrauchswerts, zur Steigerung der Qualität sowie zur Senkung des Materialverbrauchs und der Fertigungszeit zu nutzen. Eingeschlossen in verschiedene Plenarvorträge, fanden rd. 90 Fachvorträge in vier Sektionen statt:

Sektion 1: Analyse, Synthese, Dynamik und Konstruktion von Mechanismen

Sektion 2: Zuverlässigkeit, Betriebsfestigkeit und Instandhaltung einschließlich Diagnostik von Getrieben

Sektion 3: Getriebetechnische Anwendung konstruktiver Einzelheiten

Sektion 4: Kurvengetriebe.

In den Plenarvorträgen wurden Querschnittsfragen in Form von Ergebnissen über geleistete Arbeiten vermittelt.

Materialökonomie am Beispiel von Umlauf- rädergetrieben durch Verbesserung des MasseLeistungs-Verhältnisses und die mögliche Beeinflussung bereits in der Phase von Forschung und Entwicklung (Gläser/Voigtländer) war Hauptinhalt des ersten Vortrags.

Ergebnisse aus der Forschung auf dem Gebiet „Reibung-Schmierung-Verschleiß“ (Fleischer), Herstellen der Instandsetzungsseignung und Beeinflussung der Schädigungsintensität (Eichler), Steigerung der Arbeitsproduktivität in den Konstruktionsbüros durch zugriffs- und an-

wendungsbereite Rechentechnik (Luck) waren weitere Themen.

Die Veranstaltungen in den Sektionen liefen parallel. Über alle Vorträge zu berichten, ist im Rahmen dieses Überblicks nicht möglich. Der Berichterstatter stellt deshalb als Teilnehmer der Veranstaltungsreihe der Sektion 2 diese Vorträge in den Mittelpunkt.

Materialökonomie, höhere Zuverlässigkeit, längere Grenznutzungsdauer und maximaler Gebrauchswert sind Prämissen des modernen Getriebebaus, was auch in den Vorträgen zum Ausdruck kam.

Im Beitrag von Prochnow wurde ein Überblick über die theoretischen und experimentellen Methoden der Betriebsfestigkeit gegeben, die bei der Dimensionierung von Getrieben Anwendung finden. Zur Verbesserung der Methoden der linearen Schadensakkumulationen wurden die Erkenntnisse der Kurzzeitermüdung, zutreffende Stoffgesetze und andere neuere Erkenntnisse (statistische Betrachtungsweise) mit einbezogen.

Zu den Themen „Lebensdauerberechnungen“ (Hertwig), „Niedriger Endpreis — hohe Zuverlässigkeit“ (Gärtner), „Erhöhung der Materialökonomie durch Steigerung der Verschleißfestigkeit und Reibungsverringerung“ (Golle) wurden wertvolle Anregungen gegeben.

Vorträge über die „Einbeziehung von Prüfstandproben von Zahnradgetrieben“ (Seibicke) und „Belastungskollektive und ihre Simulation in Lebensdaueruntersuchungen“ (Bathe) bereicherten die Tagung. Zu berücksichtigende tribotechnische Aspekte und ihre ökonomischen Auswirkungen (Eiselt) sowie der Einfluß der Schmierstoffe auf die Tragfähigkeit