

arbeit mit dem VEB Kombinat Impulsa als Einstreumaterial auf Strohbasis Bröckelstroh (Strohgranulat) entwickelt. Dieses Einstreumaterial wurde in Laborversuchen mit Hobelspänen, Strohmehl und Häckselstroh verglichen und zeichnet sich durch große Teilchengleichmäßigkeit, gutes Feuchtigkeitsaufnahmevermögen und geringen Staubgehalt aus. In anschließenden Tierexperimenten konnte hinsichtlich Tierleistungen und -gesundheit sowie Sauberkeit der Tiere und Abferkelbuchten gegenüber der Anwendung von Hobelspänen eine völlige Gleichwertigkeit ermittelt werden. Als ökonomische und technologische Vorteile ergeben sich beim Einsatz von Bröckelstroh eine Reduzierung des Materialbedarfs und der Transport- und Lagerkapazitäten sowie die Möglichkeit, einheitliche Gülletechnologien anzuwenden.

## Literatur

- [1] Schremmer u. a.: Studie über die Verfahren der industriemäßigen Schweinefleischproduktion im Zeitraum von 1990—2000. FZ Dummerstorf-Rostock, Forschungsbericht 1973 (unveröffentlicht).
- [2] Deckert, R.: Untersuchungen über die Leistungen und das Verhalten säugender Sauen und Ferkel bei Anbindehaltung. Dummerstorf, DAL Berlin, Dissertation 1968.
- [3] Klatt, G. u. a.: Untersuchungen zum Einsatz verschiedener Einstreumaterialien bei einstreuarmer Haltung säugender Sauen in Standaufzuchtbuchten bei 28tägiger Säugung. FZ Dummerstorf-Rostock, Forschungsbericht 1973 (unveröffentlicht).
- [4] Drehsig, K.: Untersuchungen zur einstreuarmer und einstreuloser Haltung laktierender Sauen auf massiven Fußböden und zur bodenfernen, einstreulosen Haltung auf Vollspaltenböden. FZ Dummerstorf-Rostock, Dissertation 1974.

A 1312

# Zur Fließgrenze von Gülle und ihrer Bestimmung

Hochschul.-Ing. H. Schemel/Dr.-Ing. G. Hörnig, KDT, Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR

## 1. Problemstellung

Fließkanäle haben sich zum Transport der Gülle aus industriemäßig produzierenden Rinder- und Schweineställen mit Parterrehaltung bewährt. Volkswirtschaftlich wichtige Kennziffern, wie Energie- und Arbeitskräftestundenbedarf, sind minimal. Im Interesse einer günstigeren Gesamtkostengestaltung bedürfen einige Probleme der Kanalbemessung und -bewirtschaftung aber einer dringenden Bearbeitung.

Mehrmals wurde nachgewiesen, daß Gülle mit dem im Fließkanal vorliegenden Trockensubstanzgehalt  $>3\%$  eine Fließgrenze besitzt [1] [2] [3] [4]. Sie stellt sich an der Fließkurve, die den Zusammenhang zwischen Spannung  $\tau$  und Schergradient  $\dot{\gamma}$  angibt, als Schnittpunkt der Kurve mit der Spannungsachse bei  $\dot{\gamma} = 0$  dar. Eine Fließgrenze wird jenen Medien zugeschrieben, die in der Lage sind, ein dreidimensionales Gerüst ihrer Strukturelemente aufzubauen. Bei Überschreitung der Fließgrenze werden die Bindungen des Gerüsts zerstört und die elastische Deformation

durch den Fließvorgang abgelöst [5]. Wie bereits früher vermutet und jetzt nachgewiesen wurde [4], ist Gülle unecht thixotrop [6]. Nach Überschreiten der Fließgrenze tritt also eine nicht vollständig reversible Verbesserung der Fließigenschaften ein. Auch die Fließgrenze erreicht nach der Beanspruchung nicht wieder ihren ursprünglichen Wert. Dadurch wird die Bestimmung der Fließgrenze erschwert.

Die Fließgrenze ist diejenige Spannung, die — aus der hydrostatischen Druckkraft der Gülle resultierend — zwischen zwei Gülleteilen wirken muß, damit sich diese verschieben und der Fließvorgang eingeleitet wird. Sie bestimmt die Güllespiegelneigung beim Anfließen der Gülle. Da das anschließende Fließen quasistatisch abläuft, wird die Spannung zur Erzeugung des geringen erforderlichen Schergradienten nicht wesentlich über der Fließgrenzspannung liegen, das heißt, daß die Güllespiegelneigung beim Fließen nur unwesentlich über der beim Anfließen bzw. wegen der thixotropen Verflüssigung noch darunter liegen wird. Die Fließgrenze ist somit eine Stoffkenngröße, durch die der Fließvorgang im Fließkanal maßgeblich charakterisiert ist. Das Güllegemisch im Kanal besitzt aber keine einheitliche Fließgrenze. Durch Sedimentation der Gülle sowie durch thixotrope, chemische und biologische Veränderungen während des Fließens tritt eine starke örtliche und zeitliche Differenzierung der Fließigenschaften auf. Die meßtechnische Erfassung der Fließgrenze, ihrer Verteilung und zeitlichen Veränderung, von der Aussagen zum Mechanismus des Fließvorgangs, zu seiner Beeinflussung und Berechnung erwartet werden können, ist noch nicht befriedigend gelungen.

## 2. Bekannte Methoden zur Fließgrenzenbestimmung

Die fünf bekannten Meßmethoden zur Ermittlung der Fließgrenze  $\tau_0$  bzw. von Fließgrenzenrelativwerten lassen sich wie folgt darstellen:

- Messung von Ausbreitungskenngrößen der Meßflüssigkeit in Fließmodellen, wie z. B. Fließrinne und Schüttkegel [3] [7]
- Errechnung der Fließgrenze aus dem Verhältnis der Kraft, mit der ein Körper in die Flüssigkeit getaucht bzw. aus ihr herausgezogen wird, und der wirksamen Scherfläche im Gleichgewichtszustand  
Die Meßgeräte werden als Konusplastometer [5] [8] [9], Shearometer und Thixometer [10] bezeichnet.
- grafische Ermittlung der Fließgrenze durch Extrapolation einer im Rohr- bzw. Rotationsviskosimeter gemessenen Fließkurve [1] [3] [5] [6] [10] [11] [12] [13] [14]
- Errechnung von  $\tau_0$  aus dem Maximaldrehmoment beim Anlauf

### Verwendete Formelzeichen

$H_M$	Meßkörperhöhe	mm
$L_R$	Rohrlänge	mm
$M$	Drehmoment	N.m
$M_0$	Drehmoment bei Fließbeginn	N.m
$M_{max}$	maximales Drehmoment des Rheotest	
	im jeweiligen Meßbereich	N.m
$R$	Rohr- bzw. Kapillarradius	mm
$R_c$	Meßgefäßradius	mm
$R_v$	Meßkörperradius	mm
$G$	Gleitmodul	Pa
$h_i$	Meßwelleneintauchtiefe	mm
$i$	Übersetzungsverhältnis	
$n_v$	Antriebsdrehzahl	U/min
$p_0$	Druck bei Fließbeginn	Pa
$t$	Zeit	s
$\dot{\gamma}$	Schergradient	1/s
$\tau$	Schubspannung	Pa
$\dot{\tau}$	Spannungszuwachsgeschwindigkeit	Pa/min
$\tau_0$	Fließgrenze	Pa
$\tau_{0k}$	im Kanal oder am Kanalmodell gemessene Fließgrenze	Pa
$\dot{\tau}_{N1}$	Spannungszuwachsgeschwindigkeit am Meßkörpermantel	Pa/min
$\varphi_A$	Antriebswellendrehwinkel	rad
$\varphi_{M1}$	extrapolierter Drehwinkel vor Meßbereichsbeginn	rad
$\varphi_M$	Meßkörperdrehwinkel	rad
$\varphi_{M0}$	Meßkörperdrehwinkel bei $M_0$	rad
$\Delta\varphi$	Meßfederverdrehwinkel	rad

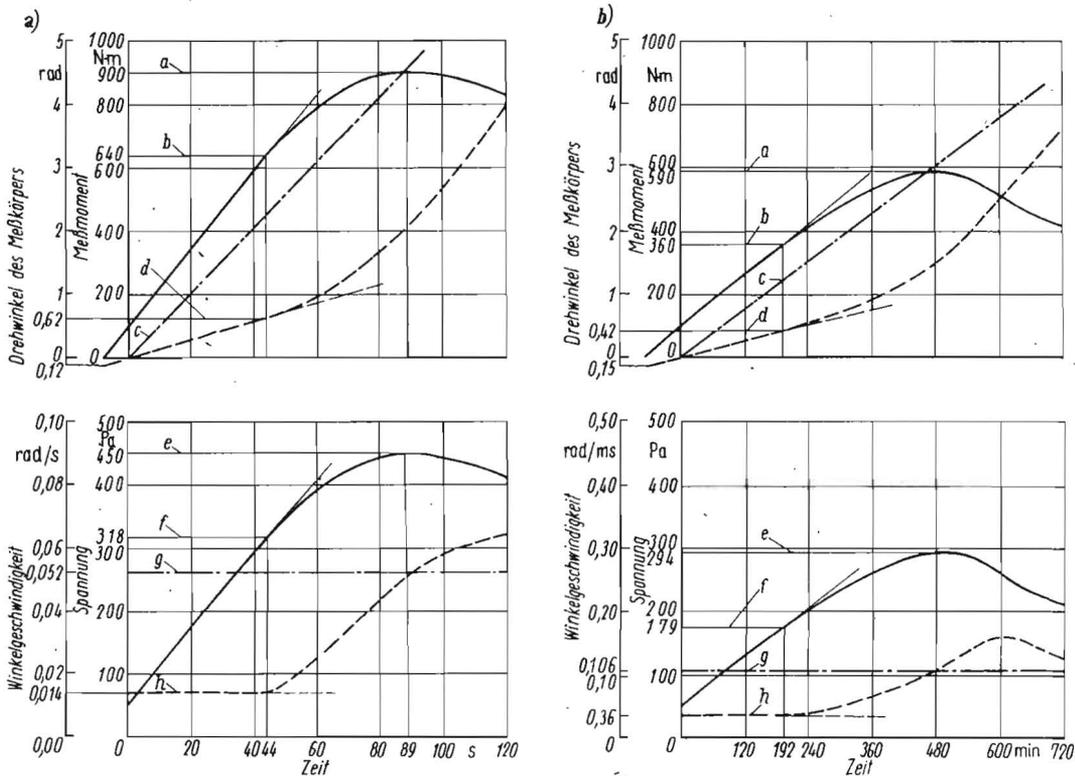


Bild 1. Anfließkurven von Milchviehgülle (Trockensubstanzgehalt 14 %) bei der Untersuchung mit Rheotest I;  $R_M = 40$  mm,  $H_M = 80$  mm  
 a)  $n_A = 0,5$  U/min  
 b)  $n_A = 0,001005$  U/min  
 a max. Moment, b Grenzmoment, c Drehwinkel der Antriebswelle, d Grenzwinkel, e max. Spannung, f Grenzspannung, g Winkelgeschwindigkeit der Antriebswelle, h Anfangswinkelgeschwindigkeit

des Meßzylinders im Rotationsviskosimeter mit kleiner Drehzahl

$$\tau_0 = \frac{M_{max}}{2 \pi H_M R_M^2} \quad (1)$$

bzw. aus der Druckdifferenz  $\Delta p_0$  im Rohr der Länge  $\Delta L_R$ , bei der eine im Rohr befindliche Flüssigkeit zu fließen beginnt

$$\tau_0 = \frac{\Delta p_0 R}{2 \Delta L_R} \quad (2)$$

— Bestimmung von  $\tau_0$  aus dem Grenzdrehmoment im Rotationsviskosimeter, bei dem sich nach Abschalten des Antriebs durch Rückdrehung des Meßkörpers und damit sinkendem Drehmoment der Gleichgewichtszustand einstellt; analog dazu wird  $\tau_0$  im Rohrviskosimeter bei sinkender Druckdifferenz im Gleichgewichtszustand ermittelt.

Diese Meßmethoden sind zur Kennzeichnung der Eigenschaften der unecht thixotropen und zur Gleitschichtbildung neigenden Gülle nur bedingt geeignet. Eine starke mechanische Beanspruchung der Gülle vor der Erreichung des Gleichgewichtszustands ist bei Messung nach den Methoden 1, 2, 3 und 5 nicht vermeidbar. Sie tritt bei der Entnahme einer Gülleprobe aus dem Fließkanal sowie durch vorübergehende Überschreitung der Fließgrenzspannung bei der Messung auf. Im letzteren Fall tritt nicht nur die thixotrope Verflüssigung ein, sondern in der Zone der höchsten Schubspannung, in der dann die Grenzschubspannung gemessen wird, entsteht die Gleitschicht mit günstigeren Fließigenschaften.

Bei der eigentlichen Messung nach Methode 4 wird die Fließgrenze vor ihrer Erfassung nicht überschritten. Im Rohrviskosimeter wird jedoch eine irreversible thixotrope Veränderung der Fließigenschaften durch die Probenahme und die Beschickung des Rohrs mit dem Medium bereits vor dem Meßvorgang auftreten. Ähnliches trifft für das Rotationsviskosimeter zu.

Aus Gleichung (1) geht hervor, daß für die Fließgrenzmessung kein Außenzylinder erforderlich ist. Damit besteht die Möglichkeit, einen Meßzylinder in das Medium einzustecken, ohne eine Probe entnehmen zu müssen. Wenn das Maximalmoment  $M_{max}$ , das bei einem noch so geringen Schergradienten gemessen wurde, für die Berechnung der Schubspannung  $\tau_0$ , bei der die Scherung gerade beginnt, verwendet wird, so ist dieses Vorgehen jedoch nicht exakt.

### 3. Ermittlung der Fließgrenze aus der Anfließschubspannungskurve

Im Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim ist eine neue Methode erprobt und angewendet worden [15][16]. Sie stellt eine Analogie zum Zugversuch dar [17].

Statt aus dem Normalspannungsverlauf wird hierbei die Fließgrenze aus dem Schubspannungsverlauf ermittelt. Man erhält ihn aus dem als Funktion der Zeit aufgenommenen Momentenverlauf, der sich an der Drehachse eines in Gülle getauchten profilierten Rotationskörpers einstellt, wenn man diesen mit geringer Drehzahl in Bewegung setzt. Zur Drehungserzeugung und Aufzeichnung des Moments wurde das Rotationsviskosimeter Rheotest I vom VEB Meßgerätewerk Medingen in Kombination mit einem technischen Schreiber verwendet. Da das Gerät bekannt ist, soll auf seine Beschreibung verzichtet werden. Erwähnenswert ist, daß zur Realisierung besonders kleiner Spannungszunahmen je Minute, wie sie im Fließkanal durch langsames Anwachsen des Güllespiegels auftreten, eine Zusatzübersetzung von  $i = 1570,91$  eingebaut wurde [18]. Als geeignete Rotationskörper sind Zylinder von 40 bzw. 80 mm Höhe und 40 mm Durchmesser ermittelt worden, deren Mantel mit 12 Flügeln (5 mm breit, 1 mm dick) bestückt ist. Die mit diesen Körpern aufgenommenen Schubspannungskurven sind bei gleicher Gülle identisch mit solchen, die mit bisher für die Fließkurvenaufnahme verwendeten feingeriffelten Zylindern [4] ermittelt wurden. Von Vorteil ist jedoch, daß sich die Gülle beim Einführen des Körpers zwischen den Flügeln hindurchschiebt, ohne in der späteren Scherzone stark deformiert zu werden.

Setzt sich die Antriebswelle des Viskosimeters zur Spannungskurveaufnahme mit konstanter Drehzahl bzw. Winkelgeschwindigkeit in Bewegung, so verdreht sich wegen des Scherwiderstands der Gulle an dem mit der Meßwelle verbundenen Meßzylinder die zwischen Meß- und Antriebswelle angeordnete Feder. Gleichzeitig mit dem proportional zur Winkeldifferenz beider Wellen steigenden Moment wird die Gulle deformiert, und der Körper beginnt sich zu drehen. Der Drehwinkel des Meßzylinders ist der um die Winkeldifferenz  $\Delta\varphi$  verminderte Drehwinkel der Antriebswelle  $\varphi_A$ . Es gilt

$$\varphi_M = \varphi_A - \Delta\varphi$$

$$= \frac{\pi n_A t}{30} - \frac{\pi(M-20)}{200} \quad (\text{Meßbereich I}) \quad (3)$$

$$= \frac{\pi n_A t}{30} - \frac{\pi(M-100)}{1000} \quad (\text{Meßbereich II}) \quad (4)$$

In diesen Gleichungen ist der unterdrückte Nullpunkt des Rheotest berücksichtigt. Die Zeitachse beginnt mit Null, wenn das mit dem Meßbereichsanfang zusammenfallende Moment von 100 bzw. 20 N · m erreicht ist. Das ist nicht störend, da der Meßkörperdrehwinkel bei linear ansteigendem Moment ebenfalls linear zunimmt (Bild 1 oben) und eine Extrapolation auf den Momentenwert Null möglich ist. Nach Erreichen eines Grenzmoments weicht die Momentenkurve bei nach dem Grenzwinkel  $\varphi_{M_0}$  steil ansteigender Winkelgeschwindigkeit des Meßzylinders (Bild 1 unten) von der Linearität ab. In diesem Punkt ist die Spannung am Meßzylinderumfang über den von der Gullestruktur aufnehmbaren Wert angestiegen, die Strukturzerstörung beginnt, der Gleitvorgang setzt ein. Der herrschende Grenzspannungswert kann als Fließgrenze definiert werden. Für den Zylindermeßkörper gilt:

$$\tau_0 = \frac{M_0}{2\pi H_M R_M^2} \quad (5)$$

Da die größte Spannung stets am Meßkörperumfang auftritt und mit dem Radius quadratisch abnimmt, ist die Breite des Meßspalts unwesentlich.

Der weitere Spannungsanstieg über die Fließgrenze hinaus ist auf die ansteigende Winkelgeschwindigkeit zurückzuführen. Mit dem Einsetzen des Gleitvorgangs beginnt jedoch schon die thixotrope Verflüssigung, die zur relativen Spannungsabnahme führt und nach Überschreitung der maximalen Spannung die Spannungszunahme infolge Winkelgeschwindigkeitserhöhung übersteigt. Die physikalische Beschreibung dieses Verlaufs ist sehr kompliziert und soll hier nicht betrachtet werden.

Aus dem linearen Bereich läßt sich außer der Fließgrenze bei endlichem Außenradius  $R_a$  eines zylindrischen Meßgefäßes theoretisch der Gleitmodul ermitteln [17]:

$$G = \frac{\tau_0}{\varphi_{M_0} + \varphi_{ME}} (R_a - R_M) \quad (6)$$

Der Gleitmodul ist eine Stoffkenngröße zur Charakterisierung der Festigkeit des Materials, die aber in diesem Zusammenhang nicht betrachtet werden soll.

Die Differenz der im Beispiel (Bild 1 unten) dargestellten Fließgrenze macht deutlich, daß jeder Meßwert einer bestimmten Antriebsdrehzahl zuzuordnen ist.

Nachgewiesen werden konnte auch, daß der Meßwert unterhalb einer von der Gulle abhängigen Drehzahl nicht weiter absinkt. Dieser Grenzwert muß die wirkliche Fließgrenze sein. Der Nachweis, ob der Grenzwert der Fließgrenze erfaßt wird, ist nur durch Messung bei mindestens zwei niedrigen Drehzahlen möglich, wenn nicht bei extrem kleinen Drehzahlen gemessen werden soll. Beides ist nur für Einzelmessungen zu empfehlen. Tatsächlich ist die Ursache für auftretende Meßwertdifferenzen jedoch nicht die Drehzahl, sondern die Spannungszuwachsgeschwindigkeit  $\dot{\tau}$  in der Gulle. Sie hängt auch von der Scherfläche ab:

$$\tau_0 = f \frac{d\tau}{dt} = f(\dot{\tau}) \quad (7)$$

Nimmt man die theoretische Spannungszuwachsgeschwindigkeit am Meßkörpermantel bei festgehaltenem Meßkörper als Bezugsbasis, so gilt Gleichung (8), da zur Erreichung des Maximummoments ein Drehwinkel der Antriebswelle von  $\pi$  erforderlich ist.

$$\dot{\tau}_M = \frac{M_{max}}{2\pi H_M R_M^2} 2n_A \quad (8)$$

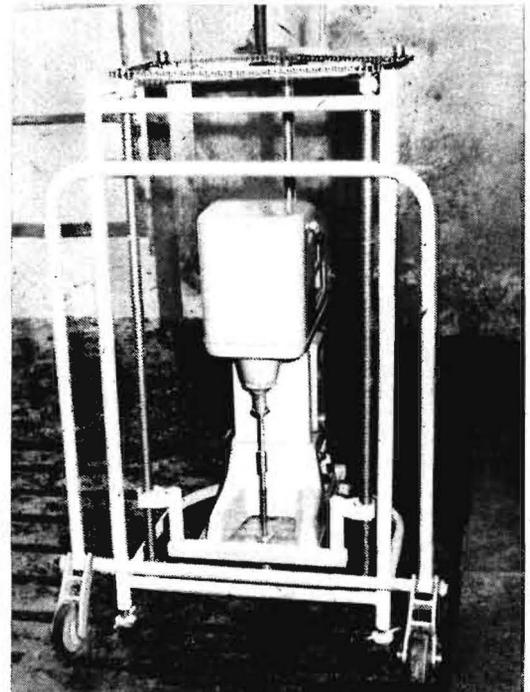
Für die wirtschaftliche Ermittlung einer großen Anzahl von Fließgrenzwerten, die vorwiegend zu Vergleichen herangezogen werden sollen, erwies sich die Zuordnung der Fließgrenze zu  $\dot{\tau}_M = 1000$  Pa/min als zweckmäßig. Dieses  $\dot{\tau}_M$  erhält man bei Messung mit dem 40 mm hohen Zylinder und einer Antriebsdrehzahl von 0,5 U/min im Meßbereich II. Die wirkliche Fließgrenze beträgt etwa 60 bis 80% der so ermittelten Werte.

Zur Bestimmung des Meßfehlers können keine Eichflüssigkeiten verwendet werden, da solche mit fixer Fließgrenze nicht existieren. Auch Schlämkkreidesuspensionen waren für die Fehlerermittlung ungeeignet. Es mußten Gulleproben erzeugt werden, die während einer Meßreihe zu Meßbeginn stets gleiche Fließeigenschaften besitzen. Dies war übrigens auch bei den vorher beschriebenen Versuchen notwendig und gelang weitgehend durch kräftiges Rühren der Probe vor der Messung. Kleine Differenzen sind nicht vermeidbar und gehen somit bei der Fehlerbestimmung ein. Für den 40 mm hohen Zylinder mit dem Meßbereich von 20 bis 800 Pa wurde bei einer statistischen Sicherheit von 0,90 bei Berücksichtigung von 90% der Werte der Grundgesamtheit ein etwa konstanter Fehler von rd. 10% ermittelt. Die Meßbereichsangaben leiten sich wie auch die Spannungen in den bisherigen Darlegungen aus dem Gesamtmoment ab. Darin ist jedoch ein geringes Fehlermoment enthalten, das durch Reibung am Zylinderboden entsteht und nach der Höhenkorrekturmethode ermittelt werden kann. Es ist vom Gesamtmoment vor der Spannungsberechnung zu subtrahieren. Bei der Durchführung der Höhenkorrektur ist auf die gleiche Spannungszuwachsgeschwindigkeit bei den verschiedenen hohen Meßkörpern zu achten.

#### 4. Direkte Messung der Fließgrenze im Gullekanal

Die Entnahme einer Gulleprobe aus dem Fließkanal ist mit einer Verminderung der Fließgrenze verbunden. An Proben sind reproduzierbare Werte nur nach vorheriger starker Struktur-

Bild 2. Rheotest I auf Spezialwagen montiert



beanspruchung zu gewinnen. Da die Meßmethode keine Forderungen an den Meßspalt stellt und der Meßzylinderdurchmesser so gewählt wurde, daß der Körper durch den Spaltenboden paßt, kann die Fließgrenzenmessung auch direkt im Kanal vorgenommen werden. In diesem Fall wird der Meßzylinder an einer Meßwellenverlängerung befestigt, die durch den Spaltenboden in den Kanal eingeführt wird. Zur Vermeidung unerwünschter Reibmomente ist die Welle mit einem Schutzrohr umgeben, das 2 mm über dem Meßkörper endet. Sie ist im oberen Teil des Rohrs oberhalb der zulässigen Tauchtiefe reibungsarm gelagert. Eine vollständig reibfreie Abdichtung am Wellenende kann technisch nicht realisiert werden. Festgestellt wurde aber, daß durch den Spalt nur dünnflüssige Gülle bis zu einer Höhe von maximal 8 cm in das Schutzrohr eindringt und an der mit Silikonlack behandelten, 10 mm dicken Welle sehr geringe Reibmomente erzeugt. Die Wellenverlängerung ist an einer Grundplatte befestigt, auf der auch das Rheotest arretiert ist, und durch eine Gelenkwelle mit der Meßwelle des Viskosimeters verbunden. Die Grundplatte ist auf einem Spezialwagen montiert (Bild 2), auf dem sie horizontal und vertikal verfahren werden kann. Damit ist eine Messung an jeder beliebigen Stelle des Kanals möglich. Die Eichung erfolgt an einem Kanalmodell (mit Gülle gefüllter zylindrischer Behälter von 1 m Höhe) durch Messung der Fließgrenze bei verschiedenen Eintauchtiefen des Meßkörpers und Vergleich mit Werten, die ohne Wellenverlängerung an der gleichen Gülle ermittelt worden sind.

Es wurde eine Korrelation gefunden, die wegen ihres hohen Bestimmtheitsmaßes zur Errechnung der Fließgrenze der Gülle aus dem mit der verlängerten Meßwelle ermittelten Wert umgestellt werden konnte:

$$\tau_{OK} = f(\tau_0, h_t) \quad (9)$$

Mit der beschriebenen Meßeinrichtung sind Fließgrenzenverläufe in Fließkanälen aufgenommen worden, die zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht werden sollen.

## 5. Zusammenfassung

Die Fließgrenze ist eine Stoffkenngröße der Gülle, durch die der Fließvorgang im Fließkanal maßgeblich charakterisiert ist und die den Güllespiegelverlauf entscheidend bestimmt. Bekannte Methoden zu ihrer Ermittlung führen hauptsächlich wegen der Nichtbeachtung der unechten Thixotropie der Gülle zu schlecht reproduzierbaren Werten. Es wird eine neue Methode vorgeschlagen, bei der ein profilierter Rotationszylinder in Gülle eingestochen wird, ohne die Gülle in der Scherzone um den Zylindermantel stark zu deformieren. In dem als Funktion der Zeit

aufgenommenen Spannungsverlauf am Zylindermantel beim langsamen Andrehen des Zylinders ist die Fließgrenze als Beginn der Abweichung vom linearen Anfangsbereich zu erkennen. Mit einer vorgestellten Zusatzeinrichtung zum Rheotest I ist die Aufnahme von Fließgrenzenverläufen in Fließkanälen ohne Probeentnahme möglich.

## Literatur

- [1] Kalinin, V. A.: Parameter der Selbstlaufkanäle zum Entfernen des Stallmistes. *Mechanizacija i elektrifikacija* (1973) H. 7, S. 16—18.
- [2] Hörnig, G.: Beitrag zur Bemessung von Beregnungsrohrleitungen... Technische Universität Dresden, Dissertation 1969.
- [3] Lommatzsch, R.: Rheologische Untersuchungen an Rindergülle... Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation 1969.
- [4] Boese, E.: Erarbeitung von Grundlagen für die quantitative Beschreibung des thixotropen Verhaltens von Gülle... Universität Rostock, Dissertationsentwurf 1975.
- [5] Pfannschmidt, P.: Zur Ermittlung der Fließeigenschaften... TH für Chemie Leuna-Merseburg, Dissertation 1973.
- [6] Hediger, M.: Messung rheologischer Eigenschaften. Zürich 1969
- [7] Lehmann, R.: Untersuchungen zur Fließgrenze der Rindergülle. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation 1970.
- [8] Jampolski, B. A.; Rebinder, P. A.: Untersuchung der strukturmechanischen Eigenschaften... nach der Methode des Kegelplastometers. *Kolloidnyj žurnal Moskva* 10 (1948) S. 466—474.
- [9] Reher, E.-O.; Pfannschmidt, P.: Zu einigen Problemen der Ermittlung rheologischer Größen. *Wissenschaftliche Zeitschrift* 11 (1969). H. 1, S. 65—68.
- [10] Jessberger, H.-L.: Die viskosen und thixotropen Eigenschaften von Ton-Wasser-Gemischen. *VDI-Zeitschrift* 105 (1963) H. 1, 2, 5.
- [11] Die Bestimmung der Fließgrenze an plastischen Substanzen. *Internationale Fachzeitschrift für die Schokoladen-Industrie* 12 (1975) H. 9.
- [12] Epprecht, A.: Die Viskosität plastischer Flüssigkeiten. *Chemische Rundschau* 9 (1956) 18
- [13] Fincke, A.; Heinz, W.: Zur Bestimmung der Fließgrenze grobdisperser Systeme. *Rheol. Acta* 1 (1961) S. 530—538.
- [14] Kaljuga, V. V.: Experimentell-technische Untersuchungen des Selbstlaufsystems... Leningrad — Puschkin, Autorref. zur Diss. 1974.
- [15] Schemel, H.: Prinziplösung für die Gülleabführung in Unterflurkanälen bei Milchvieh. IfM Potsdam-Bornim, Forschungsbericht 1975.
- [16] Wallberg, K.: Bestimmung des Anlaufwertes bei der Mehrschichtenströmung im Güllefließkanal. Universität Rostock, Diplomarbeit 1974.
- [17] Reiner, M.: *Rheologie in elementarer Darstellung*. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1967.
- [18] Zschaage, F.: Meßeinrichtungen zur Untersuchung von Gülleeigenschaften. IfM Potsdam-Bornim, Forschungsteilbericht 11975.

A 1152

## Landtechnische Dissertationen

Am 30. März 1976 verteidigte Dipl.-Ing. Peter Kaul an der Sektion Architektur der Technischen Universität Dresden mit Erfolg seine Dissertation

„Temperaturverhalten von Tierproduktionsanlagen“

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Petzold, TU Dresden

Dr. rer. nat. Kolbig, Hauptamt für Klimatologie  
Potsdam

Dr. sc. techn. Maltry, Institut für Mechanisierung  
Potsdam-Bornim

In der Arbeit wird das Temperaturverhalten der Stallluft beim Betrieb einer Zwangslüftung in Abhängigkeit von der Außenluft untersucht. Es wird ein einfaches mathematisches Modell gefunden, das gestattet, die Stalllufttemperatur in ihrem Tagesgang

und Jahresgang vorauszubestimmen. Die bei den Berechnungen der Modellkennzahlen durchgeführte Analyse der Tagesgänge der Außenlufttemperaturen im Sommer führt zu dem Ergebnis, daß die Außenlufttemperatur einer reinen Cosinusfunktion ohne Oberschwingungen folgt, jedoch von einer weitgehend normal verteilten Streuung überlagert ist. Die Zuverlässigkeit des vorgeschlagenen mathematischen Modells wird an einem Beispiel durch den Vergleich mit Praxismessung nachgewiesen. Die maximale Abweichung beträgt nur 1 K. In Verbindung mit einem Gleichungssystem zur Bestimmung der Zunahme von Mastschweinen in Abhängigkeit von der Stalllufttemperatur wird über EDV-Anlagen anhand eines Beispiels die durchschnittliche klimabedingte Zunahmeeinbuße von Mastschweinen in einem Stall ohne Heizung theoretisch ermittelt.

AK 1313