

Bild 6
Relation zwischen der Güllehöhendifferenz (Kanalumfang und -ende) und der Güllespiegelerhöhung als Folge der Einengung

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Varianten Milchproduktionsanlagen. Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim, Studie 1974 (unveröffentlicht).
- [2] Hörnig, G.; Schemel, H.: Grundlagen der hydraulischen Gülleabführung — Einfluß der Verengung im Fließkanal auf das Abfließen der Gülle. Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim, Arbeitsmaterial 1977 (unveröffentlicht).
- [3] Forderungen an eine „Richtlinie für Projektierung, Bau und Bewirtschaftung von Fließkanälen in Rinderproduktionsanlagen“. VEB Landbauprojekt Potsdam 1977.
- [4] Schemel, H.: Beitrag zum Fließvorgang nicht-linearplastischer Medien in offenen, gefällelosen Gerinnen... Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1977.
- [5] Autorenkollektiv: Gülleabführung in Fließkanälen von Rinderproduktionsanlagen — Grundsätze für die Projektierung, Bauausführung und Bewirtschaftung. Forschungszentrum für Mechanisierung Schlieben/Bornim 1978 (Drucklegung durch VEB Landbauprojekt Potsdam in Vorbereitung).

hinter der sich — in Fließrichtung gesehen — der Kanal wieder auf seine volle Breite erweitert.

Es ist festgestellt worden, daß in Milchviehlaufställen bei Kanalbreiten $b \geq 1,5$ m das Abfließen ohne Beeinflussung durch Wandreibung vor sich geht [4]. Demzufolge ist bei den vorliegenden Abmessungen nach dem Passieren der Einengung keine Abflußbehinderung zu erwarten.

4. Zusammenfassung

Die Einengung eines Güllekanals in Fließrichtung von 2,6 m auf 1,8 m (Winkel der

Abschrägung 45°) hatte einen Sprung der Güllehöhe von 2 bis 6 cm zur Folge. Der Fließkanal funktioniert unabhängig von dem durch die Einengung verursachten Güllehöhenanstieg. Bezogen auf eine Liegeboxenanordnung nach Bild 1b führt die durch die Untersuchungsergebnisse ermöglichte Reduzierung der Kanalbreite von 2,8 m auf 1,8 m zu Einsparungen im Bereich Tiefbau von 62 M/m Kanallänge bzw. 15 % der Bauinvestitionen für einen 2,8 m breiten Kanal. Die vorgelegten Ergebnisse sind in die Richtlinie [5] eingeflossen.

A 2022

Fließverhalten von separiertem Bioschlamm aus Schweinegülle

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

Verwendete Formelzeichen

B	—	Bestimmtheitsmaß
d	m; mm	Rohrinnendurchmesser
l	m	Rohrlänge
l*	m	äquivalente Rohrlänge örtlicher Widerstände
l ₀	m	Einbaulänge von Armaturen und Formstücken
NW	mm	Nennweite
$\Delta p/\Delta l$	Pa/m	spezifischer Druckverlust
r/R	—	Radienverhältnis
Re	—	Reynoldszahl
Re _B	—	Reynoldszahl für Binghamplastische Substanzen
Re _{B krit.}	—	kritische Reynoldszahl Binghamplastischer Substanzen
Tr	%	Trockensubstanzgehalt
t _L	h	Lagerungszeit
t ₀	min	Zeitpunkt des Förderbeginns
t ₁	min	Meßzeitpunkt
v	m/s	mittlere Strömungsgeschwindigkeit
V ₀	cm ³	Volumen der Ausgangsprobe
V _i	cm ³	Volumenanteil in der Schichthöhe i
\dot{V}	m ³ /s; m ³ /h	Volumendurchsatz
$\dot{\gamma}$	1/s	Schergeschwindigkeit
$\dot{\gamma}_N$	1/s	Newtonsche Schergeschwindigkeit an der Rohrwand
δ_z	—	Korrekturzahl des Zeitverhaltens
ϑ	°C	Temperatur des Fördermediums
λ	—	Rohrreibungszahl
ρ	kg/m ³	Dichte des Fördermediums
η_{PI}	Pa · s; mPa · s	plastische Viskosität
η_s	Pa · s; mPa · s	Scheinviskosität

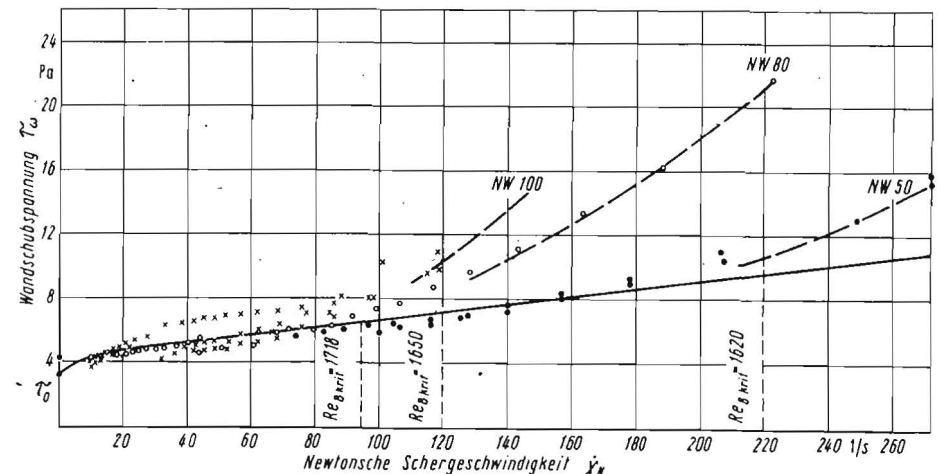
τ	Pa	Schubspannung
τ_0	Pa	Fließgrenze
τ_w	Pa	Wandschubspannung

1. Problemstellung

Der bei der aeroben biologischen Aufbereitung von Güllefugat anfallende und anschließend auf $Tr = 6...8\%$ separierte Schlamm (nachfolgend kurz Bioschlamm genannt) wird aufgrund seines hohen Proteingehaltes (rd. 50% NH₃-freies Rohprotein in der Trockensubstanz) künftig in der Tier- und Pflanzenproduktion verstärkt Anwendung finden [1] [2].

Zur Berechnung und maschinentechnischen Gestaltung der verfahrenstechnischen Grundprozesse (z. B. Lagern, Fördern, Mischen, Dosieren) sind die Stoff-, besonders aber die Fließkennwerte von Bioschlamm erforderlich. In Verbindung mit dem Förderverhalten in Rohrleitungen wurden die Fließeigenschaften systematisch untersucht und übertragbar gekennzeichnet. Weiterhin erfolgten Sedimentationsversuche im Labormaßstab, um das grundsätzliche Lagerverhalten einschätzen zu können. Damit liegen zum Förder- und Lagerverhalten von Bioschlamm Projektierungshin-

Bild 1. Fließkurve von separiertem Bioschlamm:
Tr = 5,07 %, $\tau_{01} = 3,1064$ Pa,
 $\rho = 987$ kg/m³, $\eta_{PI} = 0,02458$ Pa · s.



weise und Berechnungsrichtwerte vor, und die bereits bekannten Grundlagen zur Rheologie landwirtschaftlicher Flüssigkeiten werden in zweckmäßiger Weise ergänzt.

2. Kennzeichnung des Fließverhaltens

Bioschlamm kann physikalisch als homogene, nicht-Newton'sche Flüssigkeit mit linearplastischem (Bingham-plastischem) und zeitabhängigem (thixotropem) Fließverhalten, bestehend aus Wasser und Mikroben (überwiegend Bakterien und Protozoen) feinsten Zusammenballungen, aber auch als kolloide Suspension, definiert werden. Aufgrund des hohen Eiweißgehaltes ist Bioschlamm nur begrenzt lagerfähig, und bereits nach 6 bis 8 h ohne Belüftung können Fäulnis und Gärung einsetzen.

Die experimentelle Untersuchung des Fließverhaltens erfolgte mit Hilfe von Förderversuchen aufgrund der auch hier vorliegenden problembehafteten Übertragbarkeit von Fließkennwerten des Rotationsviskosimeters auf die Rohrströmung sowie aufgrund der Aufgabenbreite [3]. Bei laminarer Rohrströmung wurden nach Abbau der Thixotropie Fließkurven $\tau_w = f(\dot{\gamma}_w)$ ermittelt und das Förderverhalten bei Turbulenz beobachtet. Es wurden Proben von je 2 bis 3 m³ mit Tr = 2,55... 9,17 % untersucht, wobei auch der Alterungsprozess durch Wiederholung der Messungen nach 24 und 48 h qualitativ erfaßt wurde.

Das linearplastische Fließverhalten von Bioschlamm (Bild 1) wird mit Hilfe des Bingham-Gesetzes mathematisch beschrieben:

$$\tau = \tau_0 + \eta_{PI} \dot{\gamma} \quad (1)$$

Mit den beiden Fließkennwerten τ_0 (Fließgrenze) und η_{PI} (plastische Viskosität) wird das Verformungsverhalten hinreichend gekennzeichnet. Da die Schubspannung bei laminarer Rohrströmung linear von Null (Rohrmitte) bis zur Wandschubspannung τ_w anwächst, bildet sich im Bereich $\tau \leq \tau_0$ ein ungescherter Pfropfen, der sich mit konstanter Geschwindigkeit fortbewegt. Im Bereich $\tau > \tau_0$ liegt ein reinviskoses Verformungsverhalten vor, das durch η_{PI} gekennzeichnet ist. Durch Vereinfachung der bekannten Buckingham-Reiner-Gleichung [4] und mit der einfacher zu berechnenden Newtonschen Schergeschwindigkeit

$$\dot{\gamma}_N = \frac{8v}{d} = \frac{32\dot{V}}{\pi d^3} \quad (2)$$

wird Gl.(1) umgeformt, und man erhält für laminare Rohrströmung:

$$\tau_w = 4/3 \tau_0 + \eta_{PI} \dot{\gamma}_N \quad (3)$$

Wird für die Wandschubspannung

$$\tau_w = \left(\frac{\Delta p}{\Delta l} \right) \frac{d}{4} \quad (4)$$

eingeführt, so ergibt sich der gesuchte Druckverlust für die laminare Rohrströmung wie folgt:

$$\frac{\Delta p}{\Delta l} = \frac{128 \dot{V} \eta_{PI}}{\pi d^4} + \frac{16 \tau_0}{3d} \quad (5)$$

Aus den experimentell ermittelten Druckverlust-Durchsatz-Werten wurden nach Gln.(2) und (4) die Funktionswerte der Fließkurven(3) bestimmt (Bild 1) und für gesicherte Laminarströmung (lineare Abhängigkeit entsprechend Gl. (4)) über lineare Regression die gesicherten Fließkennwerte τ_0 und η_{PI} errechnet.

Zur fehlerfreien Aufnahme der Fließkurven ist der laminare Strömungsbereich sorgfältig abzugrenzen. Bei Turbulenz ist die Abmessungsabhängigkeit (Bild 1) nicht mehr gegeben ($Re_B > 1600$), so daß diese Wertepaare nicht berücksichtigt werden dürfen [3]. Als sicheres Kriterium kann die sogenannte kritische Reynoldszahl nach Gln. (12) und (16) herangezogen werden, d.h. die Grenze des Laminargebietes (Bild 3) ist für alle Rohrdurchmesser bei $Re_{B, krit.}$ erreicht. Mit den Gln. (12) und (2) kann als Äquivalent auch die kritische Schergeschwindigkeit (oder die Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Volumendurchsatz) als obere Meßgrenze im voraus bestimmt werden.

Tafel 1. Berechnung der Fließkennwerte des Bingham-Gesetzes nach Gl. (3) von unbelastetem und belastetem Bioschlamm ($\vartheta = 20^\circ C$)

unbelasteter Bioschlamm (t_0)		belasteter Bioschlamm ($t_0 = 60$ min): vollständiger Thixotropieabbau		
$\tau_0 = 0,02217 Tr^{2,8169}$ Pa	$B = 0,9735^{***}$	$\tau_0 = 0,08354 Tr^{1,9787}$ Pa	$B = 0,9865^{***}$	
$\eta_{PI} = 10,2970 + 0,1422 Tr^{-0,1422}$ mPa · s	$B = 0,9435^{***}$	$\eta_{PI} = 7,8310 Tr^{0,9226}$ mPa · s	$B = 0,9761^{***}$	
Tr %	τ_0 Pa	η_{PI} Pa · s	τ_0 Pa	η_{PI} Pa · s
2	0,1562	0,0114	0,3293	0,0148
3	0,4895	0,0141	0,7345	0,0216
4	1,1008	0,0194	1,2978	0,0281
5	2,0639	0,0281	2,0181	0,0346
6	3,4494	0,0410	2,8948	0,0409
7	5,3250	0,0591	3,9273	0,0472
8	7,7568	0,0831	5,1149	0,0533
9	10,8087	0,1140	6,4574	0,0595
10	14,5434	0,1525	7,9542	0,0655

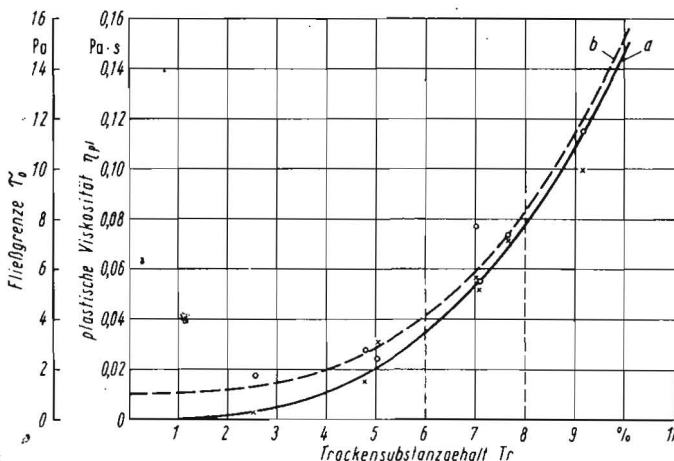


Bild 2
Fließkennwerte von unbelastetem Bioschlamm in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt ($\vartheta = 20^\circ C$);
a $\tau_0 = f(Tr)$; b $\eta_{PI} = f(Tr)$ entsprechend Tafel 1

Wie die meisten organischen kolloiden Suspensionen zeigt auch Bioschlamm ein ausgeprägtes thixotropes Fließverhalten, d.h. bei mechanischer Beanspruchung verringert sich zeitabhängig die Flüssigkeitsreibung. Zur Erfassung übertragbarer Fließkennwerte wurden nach erfolgtem Thixotropieabbau bei konstanter Beanspruchung (zur Zeit $t_1 = 60$ min) die Fließkurven aufgenommen. Durch Gegenüberstellung mit den Ausgangswerten für τ_w (zur Zeit t_0) konnte eine Korrekturzahl des Zeitverhaltens δ_z [5] ermittelt werden, die wie folgt anwendbar ist:

$$\tau_0(t_0) = \delta_z \tau_0(t_1); \quad (6)$$

$$\eta_{PI}(t_0) = \delta_z \eta_{PI}(t_1). \quad (7)$$

Die experimentell ermittelten Fließkennwerte von belastetem und nach Gln.(6) und (7) korrigiertem, d.h. unbelastetem Bioschlamm wurden mit dem Trockensubstanzgehalt Tr in Beziehung gesetzt und die in Tafel 1 angegebenen sowie im Bild 2 gezeigten Funktionen ermittelt.

Die Zeitabhängigkeit des Fließverhaltens konnte aufgrund des experimentellen Aufwandes noch nicht mathematisch beschrieben werden. Die Thixotropie ist innerhalb von 24 h reversibel, nach erneuter Belastung zeigt sich jedoch ein schneller Abbau. Langzeitabhängigkeit des Fließverhaltens im Zeitraum von 48 h infolge biologischer Umwandlungsprozesse konnte nicht nachgewiesen werden.

3. Berechnung des Druckverlustes bei der Rohrströmung

Die Druckverlustberechnung für stationäre Laminarströmung kann nach Gl. (5) erfolgen. Da bei der Förderung von Bioschlamm auch turbulente Strömungsverhältnisse vorliegen können, ist eine Darstellungsweise des Widerstandsverhaltens erforderlich, die alle praktischen Strömungsformen erfaßt (Bild 3). Dazu werden die für Newton'sche Flüssigkeiten bekannten Beziehungen [4] für die hier vorliegenden Bingham-plastischen Medien modifiziert angewendet.

Die Rohrreibungszahl

$$\lambda = \left(\frac{\Delta p}{\Delta l} \right) \frac{2d}{\rho v^2} \quad (8)$$

wird mit der Reynoldszahl

$$Re_B = \frac{v d \rho}{\eta_s} \quad (9)$$

in Beziehung gesetzt. Die Scheinviskosität η_s in Gl. (9) ergibt sich laut Definition [6] wie folgt:

$$\eta_s = \frac{\tau_w}{\dot{\gamma}_N} \quad (10)$$

Mit den Gln. (2) und (3) erhält man daher

$$\eta_s = \eta_{PI} + \frac{\tau_0 d}{6v} \quad (11)$$

so daß die Re_B -Zahl für Bingham-plastische Medien folgendermaßen formuliert werden kann:

$$Re_B = \frac{1}{\frac{\eta_{PI}}{v d \rho} + \frac{\tau_0}{6 \rho v^2}} \quad (12)$$

Für die verschiedenen Strömungsregime sind nun die Funktionen $\lambda = f(Re_B)$ zu bestimmen. Im Laminarbereich gilt das Gl. (5) analoge Gesetz

$$\lambda = \frac{64}{Re_B} \quad (13)$$

Im Turbulenzbereich kann das für Newtonsche Flüssigkeiten bekannte Prandtl-Gesetz für hydraulisch glattes Rohr angewendet werden:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \left(\frac{Re_B \sqrt{\lambda}}{2,51} \right) \quad (14)$$

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Förderversuche ist jedoch erkennbar, daß allgemein geringere Rohrreibungszahlen λ experimentell ermittelt wurden. Die errechnete Regressionsfunktion ist zudem einfacher zu handhaben, da sich λ explizit ausdrücken läßt:

$$\lambda = \frac{0,2629}{(\lg Re_B)^{1,5615}}; B = 0,6955^{***} \quad (15)$$

Daraus ist abzuleiten, daß im Übergangs- und Turbulenzbereich, der für die praktische Anwendung interessant ist, die Rohrrauhigkeit von untergeordneter Bedeutung ist. Mit steigender Turbulenz vermindert sich der nicht-Newtonsche Charakter (d. h. der τ_0 -Einfluß) und die Kurven b und c (Bild 3) treffen erst bei voll ausgebildeter Turbulenz zusammen ($Re_B \geq 10^4$).

Damit stellen die Gln. (13) und (14) bzw. (15) die abmessungsunabhängigen und dimensionslosen Grundgesetze zur Berechnung des Förderwiderstands von Bioschlamm dar.

Auf Grundlage der in Tafel I angegebenen Fließkennwerte und einer mittleren Dichte von $\rho = 990 \text{ kg/m}^3$ kann nach Gl. (12) die das Förderproblem beschreibende Re_B -Zahl bestimmt und aus Bild 3 die entsprechende Rohrreibungszahl λ abgelesen werden. Nach Gl. (8) ist dann für jeden Anwendungsfall der entsprechende Druckverlust $\Delta p/\Delta l$ zu errechnen. Die Grenze des Bereiches laminarer Strömung wird durch die kritische Reynoldszahl gekennzeichnet:

$$Re_{B \text{ krit.}} = 1600 \dots 1800, \quad (16)$$

die generell geringer ist als bei Newtonschen Flüssigkeiten ($Re_{\text{krit.}} = 2320$).

Zur Bemessung von Formstücken und Armaturen kann bei Laminarströmung aufgrund vorliegender Erfahrungen eine äquivalente Rohrlänge von $l^* = 2 \cdot l_0$ angenommen werden.

Im Turbulenzbereich können die in der Rohrhydraulik bekannten Widerstandszahlen für Wasser Anwendung finden.

4. Lagerverhalten von Bioschlamm

Bei der technischen Gestaltung von Lager-, Beschickungs- und Abzugseinrichtungen stellt sich vor allem die Frage nach dem Langzeitverhalten des Bioschlammes. Es ist zu untersuchen, ob sich die Stoffeigenschaften verändern (vorwiegend durch Sedimentation) und welche technischen Einrichtungen vorzusehen sind, um weitgehend konstante Fließeigenschaften beim Abzug aus einem Lagerbehälter zu erreichen.

Zur Beurteilung des Lagerverhaltens dienen die Stoffkenngrößen Trockensubstanzgehalt Tr , Dichte ρ , Scheinviskosität η_s entsprechend Gl. (10) sowie die optische Beobachtung des Absetzverhaltens.

In Abhängigkeit von der Lagerungszeit t_L wurden aus verschiedenen Lagerebenen Proben entnommen und untersucht. Dazu wurden labormäßige Modellversuche mit 2000-cm^3 -Standzylindern durchgeführt. Zur vergleichenden Einschätzung des Fließeigenschaften wurde die Scheinviskosität η_s bei $\dot{\gamma}_N = 243 \text{ 1/s}$

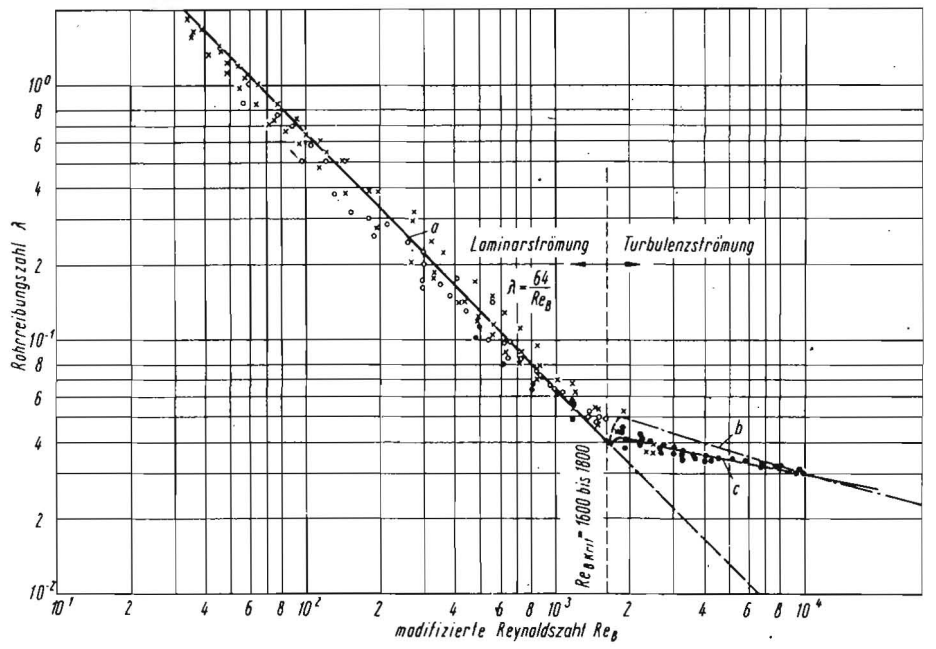


Bild 3. Widerstandsverhalten von separiertem Bioschlamm im laminaren und turbulenten Bereich; — Laminarströmung ($Re_B < 1800$): Kurve a entsprechend Gl. (13) — Übergangs- und Turbulenzströmung ($Re_B > 1800$): Kurve b entsprechend Gl. (15); Kurve c entsprechend Gl. (14)

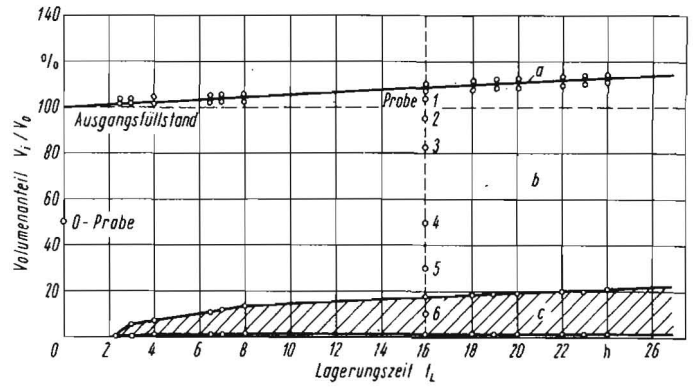


Bild 4. Lagerverhalten von separiertem Bioschlamm; a Auftrieb durch Gärungsprozesse, b Bioschlamm, c sedimentierte Flüssigkeitsschicht

Probe	Tr %	ρ kg/m ³	η_s mPa · s
0	5,22	937,8	37,00
1	8,87	884,8	69,51
2	7,26	982,0	76,32
3	6,96	973,7	76,34
4	7,23	995,0	64,75
5	5,95	975,0	64,18
6	1,13	1006,0	3,42

= konst. verwendet und mit dem Rotationsviskosimeter Rheotest RV 2, Zylindergröße S 1, bestimmt.

Diese Untersuchungen lassen nur eine qualitative Einschätzung des Lagerverhaltens von Bioschlamm zu, zeigen aber konkrete, an Originalbehältern speziell zu prüfende Probleme.

Das charakteristische Sedimentationsverhalten von Bioschlamm mit $Tr < 6\%$ zeigt Bild 4. Durch Gärungs- und Fäulnisprozesse bilden sich Gasbläschen, die zu einer Dichteverringern in Abhängigkeit von der Schichthöhe führen. In Bodennähe setzt sich stetig zuneh-

mend eine deutlich abgegrenzte Flüssigkeitsschicht ($Tr = 1$ bis 4%) ab, während sich an der Oberfläche eine Auftriebsschicht geringerer Dichte bildet, die maximal 10% des Ausgangsvolumens V_0 betragen kann. Durch diese Dichteunterschiede bewegt sich das nichtgebundene Wasser nach unten und der Trockensubstanzgehalt steigt nach oben hin an (Bild 5). Dadurch ist Tr in den entwässerten Schichten um etwa 1 bis 2% höher als bei der Ausgangsprobe (0-Probe). Analog verhält sich die Scheinviskosität (Bild 6) als Ausdruck der Konsistenz. So kann es bei Lagerungszeiten von $t_L > 8 \dots 10 \text{ h}$ zu technischen Störungen

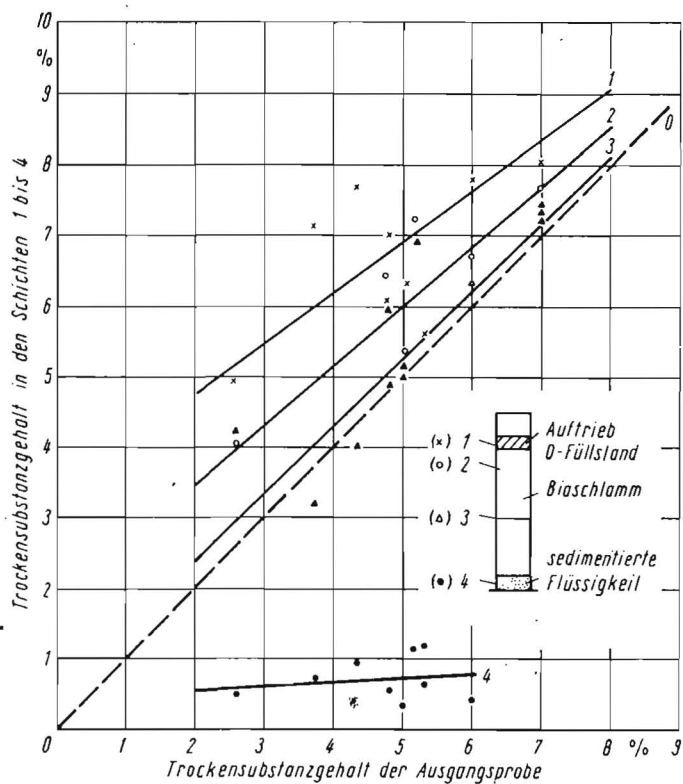
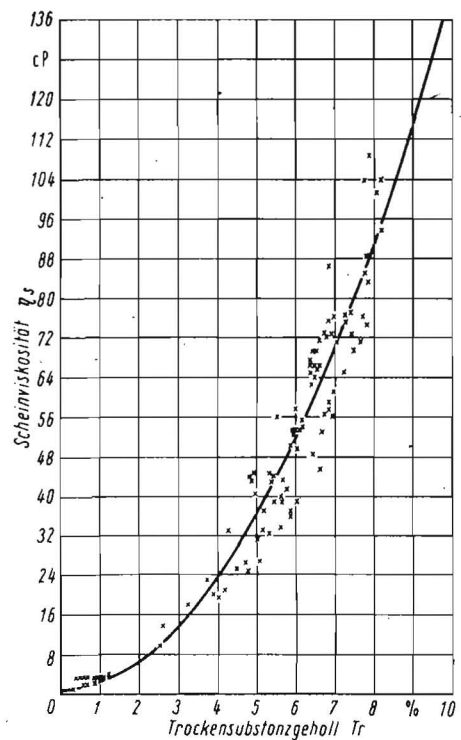


Bild 5
Trockensubstanzverteilung bei der Lagerung von separiertem Bioschlamm nach $t_L = 16 \dots 20$ h (Sedimentationsversuche in 2000-cm^3 -Standzylindern)

Bild 6
Kennzeichnung des Fließverhaltens von Bioschlamm mit Hilfe einer definierten Scheinviskosität ($\vartheta = 20^\circ\text{C}$); Meßgerät: Rheotest RV 2, Meßzylinder S 1 ($r/R = 0,98$)
 $\dot{\gamma}_c = 243 \text{ 1/s} = \text{konst.}$,
 $\eta_s = 0,8965$
 $+ 1,4083 \text{ Tr}^2 \text{ mPa} \cdot \text{s}$,
 $B = 0,9245^{***}$



beim Abzug aus dem Behälter kommen, so daß entsprechende Homogenisierungseinrichtungen (z. B. Umwälzpumpen) erforderlich werden. Mit Hilfe von Bild 6 können die relativen Konsistenzunterschiede bei bekanntem Verlauf von Tr mit der Lagerhöhe abgeschätzt werden. Nach den Gln. (13), (9) und (8) ist damit auch die Veränderung des Förderwiderstands beurteilbar, da der Druckverlust $\Delta p/\Delta l$ der Scheinviskosität η_s direkt proportional ist:

$$\frac{\Delta p}{\Delta l} = \frac{32 v}{d^2} \eta_s \quad (16)$$

Zur konkreten Bemessung der Rohrleitungen sind allerdings die in Tafel 1 angegebenen Fließkennwerte zu verwenden.

Auch bei Bioschlamm mit $\text{Tr} > 6\%$ finden bereits nach 5 bis 6 h „Entmischungsvorgänge“ statt und führen zu einem Anstieg von Tr in Abhängigkeit von der Höhe (Bild 5), wobei die Dichte allerdings weitgehend konstant bleibt. Es kann mit einer mittleren Dichte von $\rho = 990 \text{ kg/m}^3$, für die Auftriebsschicht mit $\rho = 880 \dots 900 \text{ kg/m}^3$ gerechnet werden. Eine abgesetzte Flüssigkeitsschicht entsprechend Bild 4 konnte allerdings auch nach Lagerungszeiten von $t_L = 16 \dots 20$ h nicht beobachtet werden. Trotzdem wird auch hier der Einsatz

einer Umwälzpumpe zur Homogenisierung notwendig, wenn beim Abzug ein konstantes Fließverhalten des Schlamms für die nachfolgenden technischen Prozesse gefordert wird.

5. Zusammenfassung

Das Fließ-, Förder- und Lagerverhalten von separiertem Bioschlamm wurde in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt systematisch untersucht. Zur Druckverlustberechnung bei laminarer und turbulenter Rohrströmung wurden verallgemeinerungsfähige Grundlagen abgeleitet.

Das Fließverhalten von separiertem Bioschlamm ist äußerst kompliziert und wird von einer Reihe chemischer, biologischer und technologischer Faktoren beeinflusst. Insbesondere ist die Vorgeschichte (Güleeigenschaften, Aufbereitungsverfahren, Belastungsverhältnisse, Alterung usw.) von entscheidender Bedeutung. Mit steigendem Trockensubstanzgehalt erhöht sich zudem der Einfluß der Thixotropie. Die gezeigten Ergebnisse zum Fließverhalten können daher nur als Bemessungsrichtwerte angesehen werden. Zum Lagerverhalten erfolgten labormäßige Untersuchungen, wobei insbesondere die Sedimentationsneigung beobachtet wurde. Die

beschriebenen Ergebnisse dienen zur qualitativen Einschätzung und lassen die Schlußfolgerung zu, daß bei Lagerungszeiten $t_L > 6$ h Homogenisierungen (Umwälzpumpen) erforderlich werden.

Literatur

- [1] Flachowsky, G.; Löhnert, H.-J.: Exkrememente von Schweinen. In: Hennig, A.; Poppe, S.: Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag 1975, S. 120–163.
- [2] Koriath, H.: Verfahren der Gülleaufbereitung und -verwertung. agrartechnik 28 (1978) H. 2, S. 58–60.
- [3] Türk, M.: Versuchseinrichtung zur Untersuchung des Fließ- und Förderverhaltens landwirtschaftlicher Flüssigkeiten in Rohrleitungen. agrartechnik (in Vorbereitung).
- [4] Reher, E.-O. u. a.: Mechanische Verfahrenstechnik. Lehrbriefe für das Hochschulfernstudium, Nr. F 63/1.—3.
- [5] Türk, M.: Druckverlust bei der Förderung konzentrierter Futtermischungen mit getrockneten Kartoffeln in Rohrleitungen. agrartechnik 27 (1977) H. 3, S. 115–117.
- [6] Türk, M.: Berücksichtigung der Fließgrenze τ_0 bei der Berechnung der laminaren Rohrströmung landwirtschaftlicher Suspensionen. agrartechnik 28 (1978) H. 2, S. 72–74. A 2018

Güllelagerung, -aufbereitung und -ausbringung

Die von einem namhaften Autorenkollektiv des Instituts für Düngungsforschung Leipzig — Potsdam, Bereich Potsdam, verfaßte Broschüre mit dem o. g. Titel erschien als Heft 5/1977 der Reihe „Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft“ der AdL der DDR.

Es wird eine Übersicht über die wichtigsten

Verfahren zur Lagerung, Aufbereitung und Ausbringung von Gülle gegeben. Die Lagerung erfolgt in Rechteck-Betonbehältern mit eingebautem Homogenisierungseinrichtungen für Rohgülle. Als wesentliche Aufbereitungsverfahren werden die Fest-Flüssig-Trennung von Gülle und biologische Aufbereitungsverfahren für Gülleflüssigkeit detailliert dargestellt. Für

das Ausbringen der Gülle kommen Spezialfahrzeuge (5 bis 18 t Nutzmasse) oder Verregnungsanlagen, z. T. in Kombination für Gülle und Klarwasser, zum Einsatz. Auf die besonderen Anforderungen von seiten des Umweltschutzes wird hingewiesen, dabei werden auch Güllepipelines in die Betrachtung einbezogen.

AK 1895/2