

Aus einer umfangreichen Untersuchung zur Fließkanalentmischung wurde bereits über die Fließeigenschaften von Rindergülle und über Meßergebnisse zum Güllestand in Fließkanälen von Milchviehanbindeställen berichtet [1/ 2/]. Der vorliegende Beitrag soll nun abschließend auf die Fließvorgänge im Kanal eingehen.

Über die Fließvorgänge im Kanal wurden vielerorts Vermutungen angestellt. Sie reichen von der Annahme einer Bewegung der Gülle auf der Kanalsole (die Sole wurde sogar mit Glas belegt!) über die hauptsächlichliche Bewegung der mittleren Zone (vgl. Begriff „Treibentmischung“) bis zum Abfluß in der oberen Schicht des Güllestapels. Experimentelle Ergebnisse sind jedoch dazu noch nicht bekannt geworden. Da aber sowohl für die Erklärung der Funktionsweise der Kanäle als auch für ihre betriebs sichere Ausführung eine Kenntnis des Fließvorgangs nötig ist, wurden entsprechende Untersuchungen durchgeführt.

## 1. Theoretische Betrachtungen zur Fließkanalentmischung

Zunächst erscheint es zweckmäßig, einige theoretische Betrachtungen voranzustellen.

Ein Fließkanal hat zwei Funktionen. In ihm werden sowohl Kot und Harn aller Tiere, die am Kanal stehen, gesammelt als auch die Gülle abgeleitet. Daraus ergeben sich zwei Besonderheiten:

- Das Güllevolumen, das in einer Zeiteinheit durch den Kanalquerschnitt strömt, wächst in der Hauptfließrichtung an. Während bei der am Kanalbeginn stehenden Kuh (erster Kuhplatz) nur das Güllevolumen abfließt, das von der Kuh selbst angefallen ist, muß bei der am Kanalende stehenden Kuh (letzter Kuhplatz) die gesamte in der Reihe angefallene Gülle vorbeifließen.
- Die Höhe des Güllespiegels sinkt in der Hauptfließrichtung ab. Während am ersten Kuhplatz der Güllestand am höchsten ist, wird am letzten Kuhplatz der niedrigste Stand in der Reihe erreicht. Dem Anwachsen des Güllestroms in der Hauptfließrichtung, der sich aus der ersten Besonderheit des Fließkanals ergibt, steht somit ein Abfall des Güllespiegels gegenüber. Dieser Abfall des Güllespiegels wird u. a. auch von der mit zunehmendem Volumenstrom steigenden Fließfähigkeit der Gülle verursacht [1/]. Ein in Hauptfließrichtung wachsender Güllestrom strömt deshalb durch einen sich in gleicher Richtung verkleinernden Querschnitt des Güllestapels.

Die Besonderheiten im Fließkanal wurden zunächst mathematisch formuliert. Es sollen jedoch an dieser Stelle nur zwei Ausdrücke genannt werden, die für die Auswertung der Experimente von Bedeutung waren. Das sind die Ausdrücke für die Fließgeschwindigkeit  $v$  im Kanal an einem

bestimmten, vom Kanalbeginn an gezählten Standplatz  $x$ , also  $v_x$ , und die Zeit  $t$ , die die Gülle (besser ein Gülleteilchen) benötigt, um im Kanal eine Strecke  $s$  zurückzulegen, also  $t_s$ .

Bei der mathematischen Formulierung wird unterstellt, daß eine einheitliche Fließgeschwindigkeit über den ganzen Kanalquerschnitt vorliegt.

Für die Aufstellung der Formel bedeuten:

$b$	Breite des Güllekanals	in m
$H$	Güllehöhe am Kanalende	in m
$n$	Anzahl der Kühe auf der Standreihe	
$V_{ges}$	gesamtes täglich anfallendes Güllevolumen in einem Kanal	in m <sup>3</sup>
$V_x$	Güllevolumen, das täglich am Standplatz $x$ vorbeifließt	in m <sup>3</sup>

Außerdem tritt in der Formel  $h'(x)$  auf.  $h'(x)$  ist der erste Differentialquotient des durch eine Regressionsgleichung gefundenen mathematischen Ausdrucks für den Verlauf des Güllespiegels  $h(x)$ . Der erste Differentialquotient gibt bekanntlich den Anstieg der Tangente in dem betrachteten Punkt wieder.

Es sind dann

$$v_x = \frac{V_x}{b [H + (n - x) \cdot |h'(x)|]} \quad (1)$$

und für einen Abschnitt  $s$  der Kanallänge

$$t_s = \frac{n \cdot b}{V_{ges}} \int_{x_1}^{x_2} \frac{H + (n - x) \cdot |h'(x)|}{s} ds \quad (2a)$$

bzw. für die Kanallänge vom ersten Standplatz an

$$t_s = \frac{n \cdot b}{V_{ges}} \int_0^x \frac{H + (n - x) |h'(x)|}{x} dx \quad (2b)$$

Bild 1 veranschaulicht, welche Werte die Fließgeschwindigkeit  $v_x$  in einem 64 m langen Kanal erreicht. Es wurde, wie in der mathematischen Formulierung, eine einheitliche Fließgeschwindigkeit über den ganzen Kanalquerschnitt unterstellt. Die 4 Kurven stellen die Werte der Fließgeschwindigkeit

$$v = f(x)$$

bei verschiedenen, linear abfallenden Neigungen des Güllespiegels (1 bis 2,5 Prozent) dar.

Für die Lösung der Gleichung (2) ist die Berechnung des Integrals nötig. Sie kann umgangen werden, wenn das Integral mit dem Planimeter in einer Darstellung, auf der  $1/v$  über  $x$  aufgetragen ist, ermittelt wird.

## 2. Methode

Die Bewegungsuntersuchung der Gülle wurde mit radioaktiv markierten Teilchen durchgeführt. Der Fließvorgang im Güllestapel wurde dadurch nicht gestört. Als markierte Teilchen dienten Papierstreifen ( $80 \times 20$  mm), die mit der Lösung der verwendeten radioaktiven Salze (Ba/La — 140 und J — 131) getränkt, getrocknet und mit Zaponlack überzogen waren. Die Ortung der Strahlungsquellen erfolgte mit

\* Aus der Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Universität Leipzig, Fachbereich Technologie (Leiter: Prof. Dr. habil. E. THUM)

† Die Durchführung der Untersuchungen wurde von Dr. BEER und Dr. HELBIG, Abteilung Isotopenanwendung des Instituts für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim, unterstützt

(Schluß von Seite 363)

Die Einsatzergebnisse zeigen, daß die geschmierten Zellenverdichter z. Z. noch beim Einsatz mit Melkanlagen zu bevorzugen sind, jedoch die Weiterentwicklung von wartungsfreien Zellenverdichtern grundsätzlich fortzuführen ist, um den Wartungsaufwand zu senken.

## Literatur

- TGL 8611 Bl. 1  
 Melkanlage — Baugruppe einstufige Zellenverdichter Luftgekühlt  
 Bedienungsanweisung für Zellenverdichter (Werksdokumentation)  
 Montageanleitung für Zellenverdichter (Werksdokumentation)

A 8413

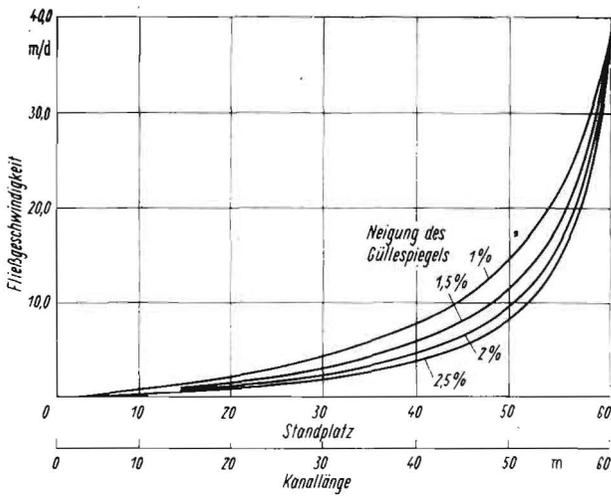


Bild 1  
Errechnete durchschnittliche Fließgeschwindigkeit der Gülle im Versuchsstall Bad Dürrenberg, dargestellt als Funktion des Kuhplatzes bzw. der Kanallänge  $l$  bei einem täglichen Gülleanfall von  $50 \text{ dm}^3$  je Tier für unterschiedliche Neigung des Güllespiegels

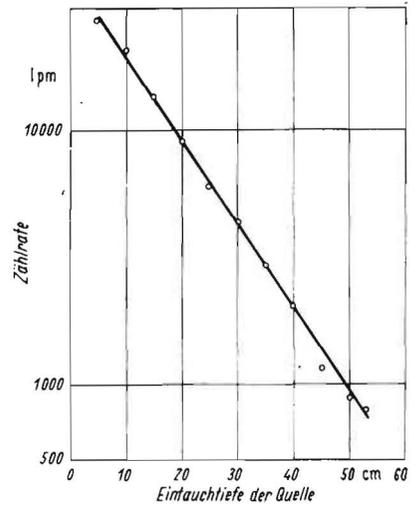


Bild 2  
Absorption radioaktiver Strahlung der Gülle. Justierkurve für Ba - 140 (La - 140)

einem abgeschirmten Zählrohr längs und quer zur Hauptfließrichtung des Kanals [3]. Mit einem auf der Gülleoberfläche aufgelegten freien Zählrohr ließ sich nach Bestimmung der Absorption der radioaktiven Strahlung in der Gülle mit Hilfe einer Justierkurve (Bild 2) auch die Tiefenlage der Probe feststellen.

### 3. Versuchsdurchführung

In den 23 m langen Kanälen des Milchviehanbindestalles der LPG „Sieg des Sozialismus“ Atzendorf wurden die Untersuchungen im März 1966 durchgeführt. Es standen 16 radioaktive Quellen zur Verfügung. Die Einlage erfolgte in jedem Kanal hinter dem ersten und hinter dem fünften Standplatz vom Kanalbeginn an gerechnet. Die Quellen wurden in den Güllestapel auf verschiedener Höhe eingelegt (unten, in der Mitte, oben). Außerdem erfolgte eine Verteilung so, daß die Quellen an der Kanalwanne, die am Kuhstand liegt, in der Mitte des Kanals und an der Gangseite angeordnet wurden.

Aus meßtechnischen Gründen konnten keine Quellen gemeinsam an der gleichen Stelle eines Kanals in verschiedenen Tiefen eingelegt werden. Dieser Nachteil brachte es mit sich, daß eine Reihe nicht genau bestimmbarer Einflüsse auftraten. Die Ortung der Quellen erfolgte zweimal täglich während eines Zeitraumes von 8 Tagen.

Die Auswertung der Ergebnisse und ihre graphische Darstellung gestalteten sich schwierig [4]. Die Ursache dafür war, daß die Messungen an verschiedenen Kanälen des Stalles durchgeführt werden mußten und deshalb nicht voll vergleichbar waren. Außerdem ist die Aufzeichnung des Fließverlaufs längs der Kanäle für jeden Kanal einzeln sehr aufwendig und in zusammenfassender Darstellung unübersichtlich. Schließlich wurde nur jede radioaktive Quelle danach beurteilt, wie sie sich zur durchschnittlich errechneten Fließgeschwindigkeit des Güllequerschnitts verhält (vgl. Bild 1). Je nachdem, ob sie sich schneller, langsamer oder etwa gleich schnell bewegt hatte wie die durchschnittliche errechnete Fließgeschwindigkeit, wurde sie klassifiziert.

Aus der Auswertung ging zunächst hervor, daß an allen Stellen des Güllestapels im Fließkanal Fließvorgänge stattfinden, wenn auch nicht mit gleicher Geschwindigkeit. Damit ist die These widerlegt, daß die Gülle nur auf der Kanalsole, in der Mitte oder an der Oberfläche fließt und die anderen Schichten liegen bleiben.

SCHILLER [5] gibt für die Strömung in offenen Gerinnen, die in der Form etwa Fließkanälen entsprechen, Isotachen an. Die größte Fließgeschwindigkeit herrscht danach in einem Bereich, der über der Mitte des Flüssigkeitsstapels

liegt; die geringste Fließgeschwindigkeit findet man an den Kanalwänden. Für den Spezialfall des Fließkanals muß diese Darstellung nicht zutreffen, da die Gülle den Fließkanal nicht nur durchströmt, sondern zugleich auf der ganzen Länge in diesem gesammelt wird.

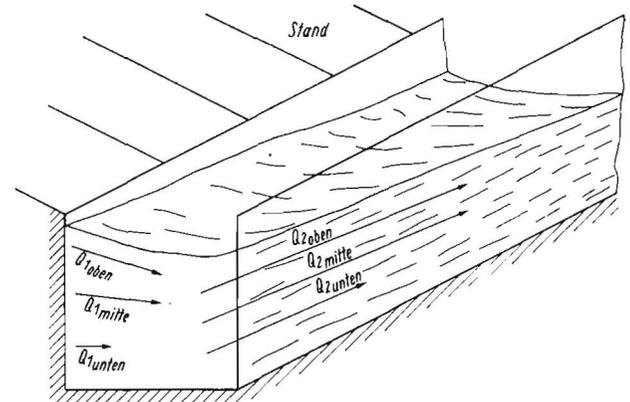
Als die Versuchsergebnisse unter dem Gesichtspunkt der Geschwindigkeitsverteilung betrachtet wurden, fiel auf, daß die Fließgeschwindigkeit in der dem Gang zugewandten Hälfte der Kanäle größer zu sein schien als an der Standseite. Zumindest befanden sich ständig mehr „schnell fließende“ Quellen auf der gangseitigen als auf der standseitigen Hälfte des Kanals.

Im Februar 1968 wurden die Fließvorgänge in den 64 m langen Kanälen des Stalles der LPG „Freiheit“ in Bad Dürrenberg erneut untersucht. Aufgrund der Kanallänge war

Kanalbreite m	Gangseite									
	0,80	9	6	7	6	1	1	3	2	1
0,40	2	4	5	3	2	1	5	2	3	0
0	2	2	5	2	2	1	0	1	0	0
0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
	Standseite									
	0	10	20	30	40	50	m	60		
	Kanallänge									

Bild 3. Untersuchung der Geschwindigkeitsverteilung im Fließkanal (Draufsicht), Erläuterung im Text

Bild 4. Schematische Darstellung der hauptsächlichsten Fließrichtungen am Anfang eines Fließkanals



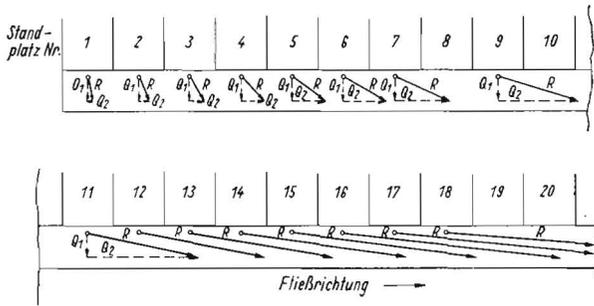


Bild 5. Schematische Darstellung der Richtungskomponenten des Volumenstroms ( $Q_1$ ,  $Q_2$ ) und der Resultierenden  $R$  in Abhängigkeit vom Standplatz

es möglich, in jedem Kanal 4 Strahlungsquellen im Abstand von 50, 450, 950 und 1450 cm vom Kanalbeginn einzulegen. Insbesondere bei den weiter vom Kanalbeginn entfernten Quellen ließ die höhere Fließgeschwindigkeit gegenüber kurzen Kanälen deutlichere Ergebnisse erwarten. Die Meßmethode der 1966 durchgeführten Versuche wurde im wesentlichen beibehalten.

Die Ergebnisse bestätigten die bereits in Atzendorf erkannten bzw. vermuteten Zusammenhänge.

Die Geschwindigkeitsverteilung im Fließkanal ist im Bild 3 dargestellt. Dazu wurde der Fließkanal, in der Draufsicht betrachtet, in Felder von 5 m Länge und 20 cm Breite eingeteilt. In die Felder ist die Zahl der radioaktiv markierten Teilchen eingetragen worden, die sich schneller als die errechnete durchschnittliche Fließgeschwindigkeit der Gülle bewegt hatten.

78,5 Prozent der schnellfließenden Teilchen sind auf der dem Gang zugewandten Hälfte des Fließkanals zu finden, dagegen nur 3,5 Prozent in der Nähe der Kanalwand, die am Stand liegt und wo der Kot in erster Linie anfällt (Bild 3). Daraus kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß die Gülle im Kanal vor allem gangseitig schnell abfließt, während sie standseitig sehr langsam strömt. Der Schluß wird von der Beobachtung unterstützt, daß Kot fast regelmäßig standseitig anfällt, während der Harn gleichmäßig über die ganze Kanalbreite verteilt absetzt wird. Der Kot muß deshalb erst in Richtung der gangseitigen Kanalhälfte fließen, ehe er die Hauptströmung erreicht. Es ergeben sich daraus die im Bild 4 dargestellten zwei Richtungen des Volumenstroms  $Q_1$  und  $Q_2$ , wobei

$$Q_1 < Q_2.$$

Innerhalb der jeweiligen Fließrichtung ist, wie sich ebenfalls aus den Untersuchungen ergab,

$$Q_{1 \text{ oben}} \cong Q_{1 \text{ Mitte}} > Q_{1 \text{ unten}}$$

bzw.

$$Q_{2 \text{ oben}} \cong Q_{2 \text{ Mitte}} > Q_{2 \text{ unten}}$$

Infolge der exponentiell ansteigenden durchschnittlichen Fließgeschwindigkeit der Gülle (vgl. Bild 1) ergeben sich in Hauptfließrichtung wachsende Vektoren.

Bild 5 zeigt die sich theoretisch in Abhängigkeit vom Standplatz ergebenden Resultierenden für den jeweiligen Volumenstrom. Die theoretischen Betrachtungen wurden prinzipiell durch die Versuche bestätigt (Bild 6) /4/.

Mit den markierten Teilchen konnten auch Untersuchungen in einem Kanal durchgeführt werden, aus dem die Gülle zu dem gegebenen Zeitpunkt nicht abfloß und der am Kanalbeginn bis zum Rost gefüllt war. Insbesondere interessierte dabei die Frage, ob in einem solchen Extremfall am Kanalbeginn noch Fließvorgänge irgendwelcher Art

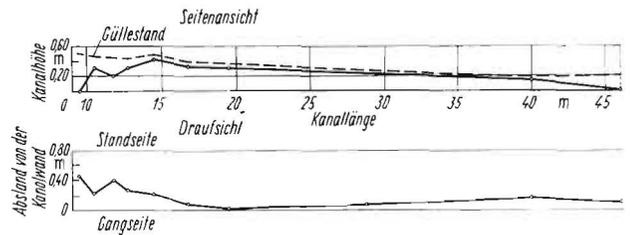


Bild 6. Beispiel für den Fließverlauf eines markierten Teilchens im Kanal (Bad Dürrenberg). Die Güllehöhe ist gestrichelt.

stattfinden (vgl. /2/). Die Messungen zeigten jedoch, daß bei dem betreffenden Kanal in dem Abschnitt, der einen horizontal verlaufenden Güllespiegel aufwies (vom Kanalbeginn bis etwa zum 12. Tierstand), gar keine und am 15. Tierstand, bei dem der Güllespiegel bereits eine geringe Neigung zeigte, nur eine sehr geringe Fließgeschwindigkeit festzustellen war. Damit ist nachgewiesen, daß in dem Teil eines Fließkanals, dessen Fluß zum Stehen gekommen ist, auch in tieferen Schichten keine Fließvorgänge stattfinden. Erst in dem Umfang, wie sich der Wendepunkt der Kurve, die der Güllespiegel in der Seitenansicht darstellt, zum Kanalbeginn hin verschob (vgl. /2/), kamen auch die markierten Teilchen wieder in Bewegung.

### Zusammenfassung

Untersuchungen des Fließvorgangs mit Hilfe radioaktiv markierter Teilchen zeigten zunächst, daß an allen Stellen des Güllestapels im Fließkanal Fließvorgänge stattfinden, wenn auch nicht mit gleicher Geschwindigkeit. Weiterhin wurde festgestellt, daß sich der Fließvorgang aus zwei Richtungskomponenten zusammensetzt. Die hauptsächlichste Längsströmung vollzieht sich in der gangseitigen Hälfte des Fließkanals. Quer dazu strömt der standseitig anfallende Kot zur Gangseite. Aus beiden Richtungskomponenten ergibt sich eine vom jeweiligen Tierstandplatz abhängige Resultierende. In der Vertikalen betrachtet sind dabei die schnellsten Strömungen in den beiden oberen Dritteln des Güllestapels zu finden.

### Literatur

- /1/ LOMMATZSCH, R.: Die Fließeigenschaften von Rindergülle. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 7, S. 318 bis 321
- /2/ LOMMATZSCH, R. / G. SCHMORL: Untersuchungen an Fließkanälen zur Entmistung in Rinderanbindeställen. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) H. 8, S. 368 bis 372
- /3/ BEER, M. / W. HELBIG / H. RETTIG: Bewegungsuntersuchungen mit radioaktiv markierten Stoffen. Deutsche Agrartechnik 18 (1968) H. 7, S. 304 bis 305
- /4/ Teilabschlußbericht „Untersuchungen zum Transport von Rindergülle ohne Wasserzusatz vom Stall in den Lagerbehälter durch Schwerkraft“ des Forschungsauftrages 4502021 Vf 8008/8 „Entmistung und Mistbehandlung bei einstreuloser Haltung von Rindern“ vom 30. Juni 1968. Institut für Landtechnik der Karl-Marx-Universität Leipzig (unveröffentlicht).
- /5/ SCHILLER, L.: Strömung in Rohren und Gerinnen. In: Handbuch der Experimentalphysik, Bd. IV, 4. Hrsg. W. WIEN und F. HARMS, Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig 1932. A 8077

## Bewerbungen zum Hochschulfernstudium

Die Bewerbungen für das vierjährige Hochschulfernstudium in der Grundstudienrichtung „Maschineningenieurwesen“, Fachstudienrichtung „Landtechnik“, sind bis zum 30. September bei der Zentralstelle für das Hochschulfernstudium, 8020 Dresden, Teplitzer Str. 16, einzureichen. Voraussetzung für die Zulassung zum Studium ist der Abschluß als Fachschulingenieur bzw. bei entsprechenden fachlichen Voraussetzungen die Hochschulreife.

Die Immatrikulation erfolgt an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg und an der Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik der TU Dresden.

Anfragen können an beide Einrichtungen gerichtet werden. A 8432