

nungsanlagen konstant bleiben, während die Kosten für Umschlag und Lagerung weniger absinken als die Transportkosten zunehmen. Auch die Trocknung verlangt einen kontinuierlichen Ablauf der Prozesse mit der Möglichkeit zur weitgehenden Automatisierung der Aufbereitung und des Umschlags. Die Lagerung ist billig. Die Höhe der Trocknungskosten ist im wesentlichen vom Bedarf an Brennstoffen abhängig, ihr Anteil an den Kosten beträgt gegenwärtig etwa 50 Prozent [7]. Damit könnten die Kosten durch Bereitstellung billigerer Energieträger kurzfristig gesenkt werden. Für einen Vergleich der beiden Verfahren wurde der Wert der Verlustdifferenz von 2 Prozent von den Kosten der Trocknung abgesetzt (Bild 3 und Tafel 4). Die Verfahrenskosten liegen bei der Trocknung für alle Konzentrationen über denen der chemischen Konservierung. Bei Bereitstellung billigerer Brennstoffe wäre jedoch die Trocknung der chemischen Konservierung auch hinsichtlich der Verfahrenskosten überlegen.

Zusammenfassung

Für Schweinemastanlagen mit Konzentration zwischen 6000 und 48 000 Mastplätzen, deren Produktion vorwiegend auf der Grundlage von Futterkartoffeln erfolgt, wurden die Konservierungsverfahren chemische Konservierung mit Stärkeaufschluß durch Garung und technische Trocknung hinsichtlich des Grundmittelbedarfs und, unter Einbeziehung der Kosten für den Transport der Rohware vom Feld zur Aufbereitung, der Verfahrenskosten untersucht. Variiert wurden neben der Konzentration die Futterration und das Anbauverhältnis.

Mit steigender Konzentration sinken der Grundmittelbedarf und die Verfahrenskosten für Aufbereitung, Umschlag und Lagerung bei der chemischen Konservierung, da die entsprechenden Anlagenteile dem Bedarf besser angepaßt oder besser ausgenutzt werden können. Während dies für den Grundmittelbedarf der technischen Trocknung in gleichem Maße gilt, ist der Einfluß steigender Konzentration bei diesem Verfahren auf die Summe der Kosten der genannten

Abschnitte nur gering, da die Trocknungskosten unter Annahme einer vollen Ausnutzung der Trocknungskapazität konstant sind.

Werden die Transportkosten einbezogen, so fallen bei der chemischen Konservierung die Verfahrenskosten bis zur Konzentration 24 000 Plätze ab, steigen mit weiterer Konzentration jedoch wieder an und erreichen bei 48 000 Plätzen etwa die für 6000 Plätze ermittelte Höhe. Bei der technischen Trocknung ist die Zunahme der Transportkosten bereits beim ersten Konzentrationssprung größer als die Abnahme der Kosten für Aufbereitung, Umschlag und Lagerung, so daß sich die Kostensumme von Beginn an erhöht.

Ein Vergleich der beiden Verfahren zeigt einen geringeren Grundmittelbedarf für die technische Trocknung bei höheren, durch den hohen Anteil der Energiekosten bedingten Kosten dieses Verfahrens gegenüber der chemischen Konservierung.

Literatur

- [1] LAUBE, W. / F. WEISSBACH: Untersuchungen über den Futterwert von Trockenkartoffeln, die im Trommeltrockner der Zuckerfabrik hergestellt wurden. Tierzucht 15 (1961), S. 306 bis 311
- [2] PFEIFFER, M.: Einsatz von Kartoffeltrockenschnitzel in der Schweinefütterung. Dtsch. Ldw. 17 (1966), S. 37
- [3] WEISSBACH, F.: Oskar-Kellner-Institut für Tierernährung Rostock. Mündliche Mitteilung, 1968
- [4] SCHNEIDER, W.: Zur Herstellung von Kartoffeltrockenschnitzeln. Dtsch. Ldw. 17 (1966), S. 35
- [5] FREITAG, H.: Zwischenbericht zum Forschungsabschlußbericht Plan-Nr. 3680-21/8-560. Institut f. Mech. d. Lw. Potsdam-Bornim 1968 (unveröffentlicht)
- [6] KLUG, A.: Institut f. Mech. d. Lw. Potsdam-Bornim. Mündliche Mitteilung, 1968
- [7] EICHLER, CH.: Grundlagen der Instandhaltung von Landmaschinen und Traktoren. VEB Verlag Technik, Berlin, 1964
- [8] SCHLESINGER, F.: Vorträge der wissenschaftlichen Jahrestagung 1966 des Instituts für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim. Tagungsbericht 91 der DAL, 1967
- [9] Anonym: Studie zur Standard-Mehrzweck-Großtrocknungsanlage für die Landwirtschaft. VEB Zuckerfabriken-Export Halle, 1967

A 7705

Dr. R. LOMMATZSCH*

Der Einfluß von Futterresten und Wasser auf die Fließeigenschaften von Rindergülle

1. Zur Wasserbindung in der Gülle

Es ist bereits mehrfach darauf hingewiesen worden, daß für die Fließfähigkeit der Gülle nicht der Wassergehalt (bzw. Trockensubstanzgehalt) schlechthin, sondern allein der Gehalt an freiem Wasser, das als „Schmiermittel“ zwischen den festen Teilchen wirkt, entscheidend ist.

Das gesamte, in den festen Bestandteilen des Kotes (unverdaute oder unverdauliche Futterreste, Bakterien) gebundene Wasser ist dagegen für die Fließfähigkeit der Gülle ohne Bedeutung.

Auch das in den Solvathüllen der „Güllekolloide“ adsorbierte Wasser hat kaum Einfluß auf den Fließvorgang, da es nur bei stärkerer mechanischer Beanspruchung der Gülle frei wird [3]. Bei der Fließkanalentmischung treten jedoch die dazu notwendigen Schubspannungen kaum auf.

Der Gehalt eines Kolloide enthaltenden Stoffes, wie z. B. Gülle, an freiem Wasser kann experimentell auf direktem Wege nicht ermittelt werden. Dazu sind keine Methoden bekannt. Aus den später dargelegten Untersuchungen an Gülle läßt sich jedoch ableiten, daß der Anteil von freiem Wasser am Gesamtwassergehalt nur einen Bruchteil ausmacht, da die Fließfähigkeit der Gülle durch geringe Wassergehalten stark verbessert werden kann.

Die Fließkanalentmischung hat in den letzten Jahren in der DDR starke Verbreitung gefunden. In den meisten Fällen wurde sie bisher in Milchviehanbindeställen angewendet. Wie die vorliegenden Erfahrungen zeigen, sind die Anlagen bei richtiger baulicher Ausführung im allgemeinen funktionssicher [1] [2]. Treten Schwierigkeiten auf, so sind diese meist auf Baufehler an den Kanälen, die Aufstallung von Tieren, die besonders festen Kot absetzen (Färsen und trockenstehende Kühe), an Kanälen, deren Tiefe für Milchkühe bemessen ist, oder auf einen hohen Anfall von Futterresten in der Gülle zurückzuführen. Insbesondere der Anteil der Ställe, in denen durch unsachgemäße Ausbildung der Krippe Futterreste aller Art zunächst auf die Liegefläche und später in die Güllekanäle gelangen, ist hoch. Deshalb wurde untersucht, inwieweit Futterreste die Fließfähigkeit der Gülle verschlechtern können. Dabei zeigte es sich, daß in diesem Zusammenhang die Formen der Wasserbindung in der Gülle genauer untersucht werden mußten. Bei den Untersuchungen ergaben sich eine Reihe von allgemeinen Erkenntnissen zur Gülle, die den Versuchsergebnissen zunächst vorangestellt werden sollen.

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

2. Einfluß der Futterreste auf die Fließeigenschaften von Rindergülle

Betrachtet man unter Anwendung der dargelegten allgemeinen Erkenntnisse den Einfluß von Futterresten auf die Fließfähigkeit der Gülle, so ist ihre ungünstige Wirkung unter zwei Gesichtspunkten zu sehen, der relativen und der absoluten Verminderung des Gehalts der Gülle an freiem Wasser.

Eine relative Verminderung des Anteils an freiem Wasser tritt bei Anfall von Frischfutter, Rüben u. ä. in der Gülle auf: der Volumenanteil der dispersen Phase am Gesamtvolumen der Gülle wächst.

Zu einer absoluten Verminderung des Anteils an freiem Wasser kommt es, wenn lufttrockene Futterreste, wie Heu, Stroh u. ä., in die Gülle gelangen. Diese Stoffe saugen bedeutende Mengen an freiem Wasser auf (Bild 1), und zwar solange, bis ihr Wasseraufnahmevermögen erschöpft ist oder mit den Adsorptivkräften der in der Gülle enthaltenen Kolloide im Gleichgewicht steht [3].

Bei den durchgeführten Untersuchungen wurde zunächst der Einfluß der relativen Verminderung des Anteils an freiem Wasser überprüft.

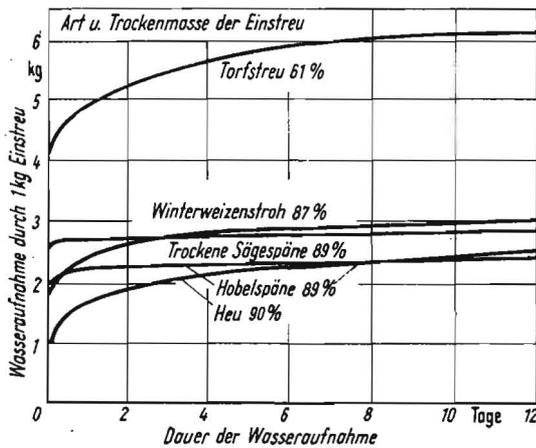
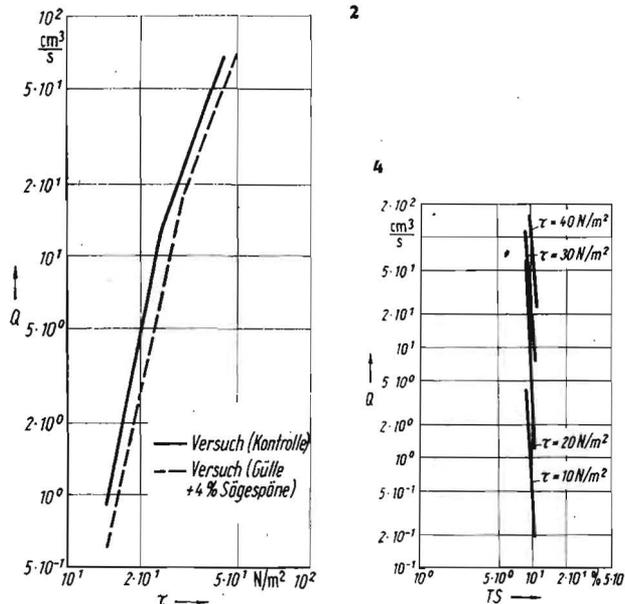


Bild 1. Wasseraufnahme durch 1 kg Einstreu oder Futterreste als Funktion der Zeit (nach [4])

Bild 2. Fließverhalten der Gülle bei Zugabe von gequollenen Sägespänen

Bild 4. Volumenstrom von Gülle im Viskosimeter in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt bei verschiedenen Schubspannungen. Rohr $r = 9,6$ mm



Die Versuche erfolgten mit einem Viskosimeter. Es wurde der Volumenstrom Q der Gülle in einem Rohr in Abhängigkeit von der Schubspannung τ an der Rohrwand erfaßt.¹

Die dazu verwendete Apparatur ist bereits beschrieben worden [3] [5]. Da der Durchmesser des Meßrohres nicht größer als 20 bzw. 25 mm war, mußte zunächst in Erfahrung gebracht werden, ob die Teilchengröße der Futterreste soweit vermindert werden kann, daß keine Verstopfungen am Gerät auftreten.

In der Literatur gibt es dazu Untersuchungen, in denen nachgewiesen wird, daß für die Viskosität eines dispersen Systems nicht der Durchmesser der Teilchen maßgebend ist, sondern lediglich ihr Volumenanteil am Gesamtvolumen [6]. Deshalb konnte für die vorgesehenen Versuche auf die Zugabe von Futterresten zur Gülle mit Abmessungen, wie sie in der Praxis vorkommen, verzichtet werden.

Als Modell für Futterreste eigneten sich, wie ein Vorversuch zeigte, Sägespäne. Sie waren einige Tage in Wasser aufgequell worden. Die Zugabe von 0,5 bis 4,0 Prozent Sägespäne zu der Gülle erfolgte in wachsenden Masseanteilen.

Bei der Auftragung der Durchflußkurven zeigten sich verhältnismäßig kleine Unterschiede im Fließverhalten (Bild 2).

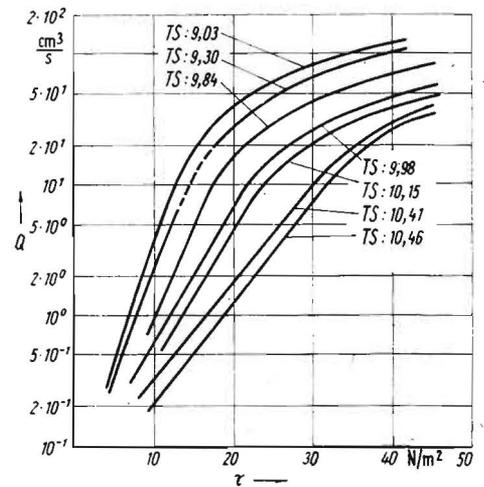


Bild 3. Änderung des Volumenstroms von Gülle im Viskosimeter infolge Wasserzusatz

Alle Werte lagen zwischen dem Kontrollversuch und dem Versuch, bei dem die Gülle 4 Prozent Späne enthielt. Eine Verschiebung der Geraden mit zunehmendem Späneanteil in Richtung auf höhere Schubspannungswerte bei gleichen Durchflußmengen war erkennbar. Unterschiedliche analytische Ausdrücke ließen sich jedoch nicht ermitteln, da die Werte innerhalb der Grenzen der Reproduzierbarkeit lagen. Im Bild 2 werden deshalb nur die Potenzfunktionen für die beiden „Extreme“ angegeben.

Die im Versuch erfolgte Zuführung von 4 Prozent Sägespänen zur Gülle würde in der Praxis einer Zuführung von 2 bis 2,5 kg Futterresten zur Gesamtmasse der täglich anfallenden Gülle je Kuh entsprechen. Wie aus dem Bild ersichtlich, war der Einfluß relativ gering. Die Späne verminderten den Volumenstrom im ungünstigsten Fall auf die Hälfte.

Das Ergebnis dieses Laboratoriumsexperiments konnte im wesentlichen in der Praxis bestätigt werden. So gelangten im Milchviehstall der LPG „Sieg des Sozialismus“ Atzendorf zeitweise täglich bis zu durchschnittlich 3,6 kg Grünfutter je Kuh in die Fließkanäle. Trotzdem war nur ein mäßiger, wenn auch die Grenze der Funktionssicherheit der Kanäle erreichender Anstieg der Neigung des Güllespiegels festzustellen.

¹ Die Schubspannung an der Rohrwandung errechnet sich aus dem Druck, der auf die Stirnfläche des Rohres wirkt, dividiert durch die Rohrmantelfläche.

Tafel 1
Abhängigkeit des Volumenstroms einer Gülle in einem Rohr von ihrem Gehalt an freiem Wasser, ausgedrückt durch den Trockensubstanzgehalt, bei verschiedenen Schubspannungen. Rohrradius $r = 9,6$ mm

Schubspannung N/m ²	Volumenstrom bei Gülle verschiedenen Trockensubstanzgehalts								analytischer Ausdruck	Regres- sions- koeffi- zient	Siche- rung
	TS 10,46 % cm ³ /s	TS 10,41 % cm ³ /s	TS 10,15 % cm ³ /s	TS 9,98 % cm ³ /s	TS 9,84 % cm ³ /s	TS 9,30 % cm ³ /s	TS 9,03 % cm ³ /s				
10	0,21	0,34		0,64	1,00	2,18	3,63	$Q = \frac{10^{17,86}}{TS^{18,08}}$	0,99	+++	
20	1,27	1,84	4,51	6,85	17,80	28,00	42,10	$Q = \frac{10^{23,78}}{TS^{23,03}}$	0,953	+++	
30	7,66	10,0	21,6	27,5	45,2	67,1	83,9	$Q = \frac{10^{16,89}}{TS^{15,55}}$	0,95	++	
40	27,1	31,7	39,6	48,2	72,5	106,2	126,0	$Q = \frac{10^{12,17}}{TS^{10,49}}$	0,88	++	

3. Einfluß des Anteils an freiem Wasser auf die Fließeigenschaften von Rindergülle

Die Erhöhung des Volumenanteils der dispersen Phase in der Gülle hatte sich in relativ geringem Maße auf die Fließfähigkeit ausgewirkt. Es mußte nunmehr untersucht werden, welchen Einfluß der Entzug freien Wassers durch lufttrockene Futterreste hat.

Für die Experimente ergab sich dabei die methodische Schwierigkeit, der Gülle gleichmäßig Wasser zu entziehen. Deshalb wurde der umgekehrte Weg gewählt und einer relativ zähen Gülle Wasser zugesetzt. Dieser Wasserzusatz erhöht den Anteil an freiem Wasser jedoch nur in dem Fall absolut, wenn die Gülle wassergesättigt ist, d. h., die adsorptiven Kräfte der Kolloide mit den ihnen entgegengesetzten Kräften im Gleichgewicht stehen. Unterstellt man diese Bedingung, wird auch der Trockensubstanzgehalt als Maß für den Wasserzusatz aussagekräftig. Seine Veränderung von Versuch zu Versuch zeigt dann die Erhöhung der Menge an freiem Wasser an.

Die Untersuchung erfolgte dergestalt, daß der Gülle nach jedem Versuch eine gewisse Menge Wasser zugemischt wurde. Der Trockensubstanzgehalt sank dabei von 10,46 auf 9,03 Prozent, d. h. es waren am Ende der Versuchsserie 1,43 Prozent mehr Wasser in der Gesamtmasse der Gülle enthalten als am Beginn. Bild 3 läßt die auffallend große Zunahme des Durchflußstroms erkennen.

Da der Wasserzusatz den Volumenstrom so stark beeinflusste, wurde versucht, den Volumenstrom Q auch als Funktion des Trockensubstanzgehalts (TS) darzustellen. Es zeigte sich, daß dies durch Potenzfunktionen möglich ist. Sie wurden für vier verschiedene Werte der an der Rohrwandung herrschenden Schubspannung ermittelt (Bild 4, Tafel 1). Der außerordentlich steile Verlauf der Funktionen weist nachdrücklich auf die Bedeutung des Anteils an freiem Wasser hin.

4. Schlußfolgerungen für die Praxis

Aus den Laboratoriumsversuchen lassen sich eine Reihe von Hinweisen für die Praxis ableiten. An dieser Stelle soll jedoch nur auf zwei wichtige Gesichtspunkte eingegangen werden:

— Wie bereits dargelegt, setzt sich die ungünstige Einwirkung von Futterresten auf das Fließverhalten der Gülle aus zwei Faktoren zusammen: der relativen und der absoluten Verminderung des Anteils an freiem Wasser. Dabei ist die Auswirkung der absoluten Verminderung des Anteils an freiem Wasser durch aufsaugende Futterarten um ein mehrfaches höher als die Auswirkung der relativen Verminderung.

Die im Versuch ermittelte unterschiedliche Fließfähigkeit der Gülle bei einer maximalen Differenz von 1,5 Prozent an freiem Wasser würde in der Praxis einem Wasserentzug durch nur 1 kg lufttrockener Futterreste je Kuh und Tag entsprechen! Hinzu käme die Verminderung des Volumenstroms durch Erhöhung des Teilchenanteils in der Gülle.

Aus den Untersuchungen ergibt sich für die Praxis, entweder die Krippe so zu gestalten, daß keine Futterreste auf die Liegefläche gelangen oder, wenn die erste Forderung nicht erfüllt werden konnte, die anfallenden Futterreste nach Möglichkeit über die Futtergänge zu entfernen. Nur in Ausnahmefällen kann bei ausreichender Tiefe der Fließkanäle zugestimmt werden, die Frischfutterreste in die Güllekanäle zu kehren. Das muß dann jedoch immer in der Nähe des Querkanaals und niemals am Kanal Anfang (geschlossenes Ende des Kanals) geschehen.

— Aus den Versuchsergebnissen kann weiterhin geschlossen werden, daß die Wasserverdunstung aus Gülle einen bedeutenden Einfluß auf die Fließeigenschaften hat. Das Anwachsen der Schwierigkeiten wird deutlich, wenn man die Fließkanalenthmistung für Spaltbodenlaufställe anwendet. Bei diesen ist bekanntlich die Oberfläche des Güllespiegels je Tier mindestens doppelt so groß wie im Anbindestall. Da die Verdunstung an der Oberfläche stattfindet, muß auch ein dementsprechend größerer Wasserverlust erwartet werden. Deshalb sind neben einer Reihe anderer Probleme die für die Fließkanalenthmistung in Milchviehanbindeställen genannten Kanaltiefen auch aus diesem Grund nicht für Laufstallanlagen zutreffend.

Zusammenfassung

In Laboruntersuchungen wurden Vorstellungen gewonnen, wie Futterreste und die Veränderung des Gehalts der Gülle an freiem Wasser die Fließeigenschaften beeinflussen.

Futterreste verschlechtern die Fließfähigkeit der Gülle sowohl durch die Erhöhung des dispersen Anteils in der Gülle, als auch — wenn sie lufttrocken sind — durch Entzug von freiem Wasser.

Während wassergesättigte Futterreste den Volumenstrom der Gülle in einem Meßrohr nur im ungünstigsten Falle auf die Hälfte verminderten, hatten geringe Veränderungen des Gehalts der Gülle an freiem Wasser sehr starke Auswirkungen auf die Fließeigenschaften.

Um die Funktionssicherheit von Fließkanälen nicht zu beeinträchtigen, ist in der Praxis darauf zu achten, daß keine Futterreste in die Gülle gelangen.

Literatur

- [1] LOMMATZSCH, R. / A. HENNIG: Erfahrungen mit der Fließkanalenthmistung. Deutsche Agrartechnik (1967) H. 6, S. 267 bis 270.
- [2] LOMMATZSCH, R. / G. SCHMORL: Praktische Erfahrungen mit der Fließkanalenthmistung in Rindernbindeställen. Deutsche Agrartechnik (1969) H. 7, S. 316 bis 318.
- [3] LOMMATZSCH, R.: Rheologische Untersuchungen an Rindergülle als Beitrag zur Mechanisierung in der Güllewirtschaft. Landwirtschaftliche Dissertation 1969. Sektion für Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Universität Leipzig.
- [4] BERGLUND, S. / G. ANIANSSON / EKESBÖ, J.: Hantering av flytande gödsel. Jordbrukstekniska Institutet, Meddelande nr. 310, Uppsala 1965.
- [5] LOMMATZSCH, R.: Zur Rheometrie von Rindergülle. Archiv für Landtechnik. (Zur Veröffentlichung eingereicht)
- [6] KUHN, A.: Kolloidchemisches Taschenbuch 5. Auflage. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig 1960. A 7735