

### 3. Die Trocknungstechnologie

Nach dem Anheizen des Brenners erreicht die Temperatur in der Trocknungsanlage in einigen Minuten 80 °C. Nun wird frisch gemähtes und auf 20 bis 30 mm Länge gehäckseltes Futter über das Dosierförderband in den Trockner eingebracht und nach etwa 15 min auf den automatischen Gang umgeschaltet. Nach dem Einstellen des Brenners auf optimale Leistung ist nur noch der Nachschub des Grüngutes und die Abnahme des Grünmehles sicherzustellen; Trocknen und Pressen erfolgen vollautomatisch. Die Bedienung kontrolliert lediglich die Arbeit der Anlage. Die gewünschte Feuchtigkeit des Trockengutes wird auf dem elektrischen Temperaturregulator eingestellt. Bei niedriger Eingangsfeuchte des Grüngutes wird die Zufuhr zum Trockner automatisch erhöht und dadurch eine optimale Ausnutzung der Maschine gewährleistet.

### 4. Zusatzeinrichtungen

#### Für das Korntrocknen

Das Getreide wird mit dem Kippwagen in den Bunker geschüttet, wo es die Dosiereinrichtung mit dem Becherelevator direkt in die Trocknungsanlage befördert. Die Regelung der Dosierung ist mit der Automatik der Trocknungsanlage gekoppelt. Das Getreide kann geschrotet oder auch nur getrocknet und gekühlt abgesackt werden.

#### Zusatzeinrichtungen für das Trocknen der Hackfrüchte

Kartoffeln oder Rüben werden von Blattwerk, groben Erdbeimengungen, Steinen sowie anderen Fremdkörpern befreit und gewaschen. Die Funktion des Steinabscheiders in der Waschanlage ist besonders wegen der weiteren Verarbeitung wichtig. Die gewaschenen Hackfrüchte werden anschließend geschnitzelt und über eine Schneckenpresse, die noch vorhandenes Wasser absondert, auf den Dosierförderer der Trocknungsanlage gebracht. Auch diese Anlage ist vollautomatisch und bedienungsfrei.

#### Brikettierungspressen zur Trocknungsanlage BS-6

Ab 1971 ist die Brikettierungspressen C 450 INV System Promill zu erwarten, sie ermöglicht das Trockenpressen halbwelken Grüngutes. Dazu erfolgt das Antrocknen in der Trocknungsanlage auf eine Feuchtigkeit von 60 bis 70 Prozent, wodurch sich die Leistung um 100 bis 150 Prozent erhöht. Das so getrocknete Futter wird dann in Pellets von 20 bis 30 mm Größe gepreßt. Durch diese Technologie werden die Herstellungskosten für das getrocknete Futter beträchtlich gesenkt.

### 5. Vergleich der Anlage BS-6 Promill mit anderen Systemen

5.1. Die Automatisierung der Trocknung gewährleistet die stufenlos elektronisch geregelte Anpassung der Eintritts- und Ausgangstemperatur an die Menge der zufließenden Grünmasse. Bei anderen Systemen, wo man mit dem Brenner reguliert, ändert sich die Eintrittstemperatur evtl. um einige

100 °C. System Promill garantiert so eine ständige optimale Wärmeleistung bei gleichbleibend guter Qualität des Trocknens. Sinkt die Gutfeuchte während des Tages, z. B. am Mittag, so erhöht sich automatisch die zugeführte Menge. Die Ausgangsfeuchtigkeit der getrockneten Masse schwankt weniger als bei anderen Systemen.

5.2. Die Trocknungsstrommel ist konstruktiv so gestaltet, daß sich der Trockenquerschnitt konisch vergrößert. Bei anderen Systemen vergrößert er sich plötzlich beim Übergang aus einer Trommel in die andere, was eine abrupte Senkung der Geschwindigkeit der Trocknungsgase und dadurch eine Verstopfung und die Unterbrechung des Trocknens verursachen kann.

5.3. Der Trocknungsbereich ist ein geschlossenes Aggregat, das Futter durchläuft die Dreizylindertrommel in wechselnder Richtung bei elastisch ausgeglichener Zuführung. Das in der Hammermühle gefertigte Grünmehl wird im Vertikalnischer mit Nähr- und Konservierungsmitteln angereichert und anschließend granuliert.

5.4. Die Preßlinge sind vollkommen ausgekühlt. Die Erzeugung der Preßlinge senkt die Kosten der Trocknung und Lagerung, sie erleichtert die Transportarbeit und das Füttern. Ferner werden die Transport- und Fütterungsverluste geringer. Die Beimischung der Antioxydationsmittel beschränkt die Verluste an Vitaminen und Beta-Karotin bei der Lagerung.

5.5. Die Vollautomatisierung des ganzen Verfahrens ermöglicht theoretisch den Betrieb ohne Bedienung, die lediglich nur dafür zu sorgen hat, daß ständig ausreichend Grüngut vorhanden ist und die Abnahme der Preßlinge erfolgt.

5.6. Die Trocknungsanlage arbeitet geräuscharm und mit geringer Staubentwicklung.

5.7. Die Trocknungsanlage ist mit Hauptteilen auf ein Fahrgestell montiert, Ortsveränderungen im Bedarfsfalle also leicht möglich.

5.8. Die Störanfälligkeit der Trocknungsanlagen des Systems Promill ist praktisch annähernd Null.

5.9. Die Mehrzweckverwendung ermöglicht optimale Ausnutzung und dadurch wesentliche Senkung der Kosten.

### 6. Schlußfolgerung

In der ČSSR wurde in den letzten zwei Jahren ein bedeutender Fortschritt im landwirtschaftlichen Trocknungswesen erreicht. Den Hauptanteil hieran hatte die Lieferung der Mehrzweck-Trommeltrockner Typ BS-6 System Promill an die Landwirtschaft durch RND Ejovice. Diese Trocknungsanlagen haben sich in der ČSSR sehr bewährt. Das Trocknungsprogramm umfaßt Luzerne, Klee, Wiesengras, Pferdebohne, Mais in der Milchrufe, Rübenblatt, alle Sorten Getreidekorn, Rüben- und Kartoffelschnitzel, Zichorie, Hopfentreber, Blut, Gemüse u. a. Die steigende Zahl der Trocknungsanlagen trägt wesentlich zur Verbesserung der Futtermittellieferung bei. A 7898

## Untersuchungen an Fließkanälen zur Entmistung in Rinderanbindeställen

Seitdem die Fließkanalentmistung 1963 das erste Mal beschrieben wurde [1], sind in der Literatur eine ganze Reihe von Veröffentlichungen dazu erschienen. Es ist jedoch auffällig, daß unter dem überschaubaren Material nur wenige experimentelle Untersuchungen zu finden sind. Die Vermittlung von Erfahrungen herrscht vor. Zum Teil werden zum

Dr. R. LOMMATZSCH\*  
Dipl.-Landw. Ing. G. SCHMORL\*

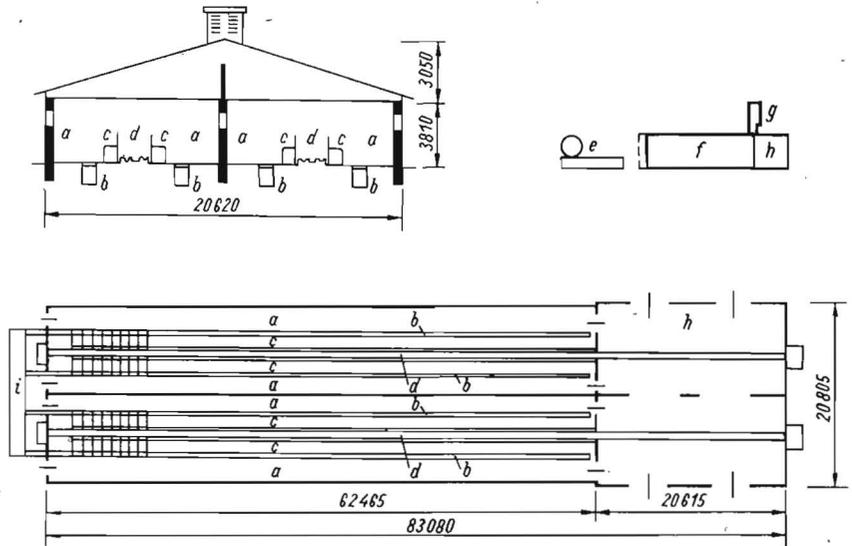
Fließverhalten der Gülle und zur Ausführung der Güllekanäle aber auch Ansichten und Empfehlungen geäußert, die im Hinblick auf eine störungsfreie Funktion der Gülle-Entmistung sehr bedenklich erscheinen.

Die Ursache für diese Situation sind das außerordentlich komplizierte Fließverhalten der Rindergülle [2] und die vielfältigen Einflußfaktoren, denen die Fließkanalentmistung unterworfen ist.

Bei den durchzuführenden Untersuchungen kam es deshalb vorerst darauf an, aufbauend auf die Kenntnis der allge-

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

Bild 1  
Versuchsanlage in Bad Dürrenberg. a Stallgang, b Fließkanal, c Tierstand, d Futterkette, e Gülle, f Stall, g Milchhaus, h Futterhaus, i Sammelkanal



meinen Fließeigenschaften der Gülle, das Verhalten der Gülle auch im Kanal festzustellen. Daneben waren einige der wichtigsten Probleme (Grundwehr, Entmischung) unter besonderer Berücksichtigung der möglichen zweckmäßigen Kanallänge näher zu bearbeiten [3].

## 1. Beschreibung der Versuchsanlagen

Die ersten Versuchsergebnisse lagen zunächst aus dem Milchviehstall in Atzendorf vor. Die Anlage ist bereits ausführlich beschrieben worden [4]. Es soll hierbei nur nochmals hervorgehoben werden, daß es sich um einen vierreihigen Milchviehbindestall handelt. Die 23 000 mm langen Fließkanäle münden in einen Querkanal, der sich in der Stallmitte befindet. Die Fließkanäle sind 760 mm breit und etwa 800 mm tief.

Da es zweifelhaft war, ob die in Atzendorf gefundenen Ergebnisse auf beliebige Kanallängen übertragen werden konnten und um festzustellen, welche maximale Länge Fließkanäle haben können, wurde gemeinsam mit der LPG „Freiheit“ Bad Dürrenberg ein weiterer Versuchsstall errichtet. Es ist ein vierreihiger Milchviehbindestall für 240 Kühe. Auf jeder Reihe stehen 60 in der Laktation befindliche Kühe. Die 4 Güllekanäle münden außerhalb des Stalles in einen Sammelkanal, aus dem die Gülle in den Lagerbehälter umgepumpt werden kann (Bild 1).

Die Fließkanäle sind 800 mm breit und 1250 mm tief. Die Gesamtlänge jedes Kanals einschließlich der Kanalverlängerung (vgl. [5]) und des Abflusses zum Sammelkanal beträgt 64 150 mm. Die Kanalsohle ist waagrecht ausgeführt.

Der Stall wurde im September 1966 in Betrieb genommen. Die Milchleistung der Kühe im Versuchsstall Bad Dürrenberg war aus futterbedingten Ursachen niedrig. Die durchschnittliche tägliche Milchleistung schwankte zwischen 7,9 und 9,6 kg Milch je Kuh. Da bekanntlich zwischen der Höhe der Milchleistung der Tiere und der Beschaffenheit des Kotes eine Beziehung besteht, war die Gülle in Bad Dürrenberg ausgesprochen zähflüssig. Die Fließkanalentmischung erwies sich in diesem Stall nicht immer als funktionssicher.

## 2. Untersuchung zum Verlauf des Güllespiegels im Fließkanal

Der höchste Güllestapel in einem Fließkanal stellt sich am Kanalbeginn ein. Er ist nach einer Wurzelfunktion von der Kanallänge abhängig und wird von der Fließgrenze der Gülle beeinflusst.

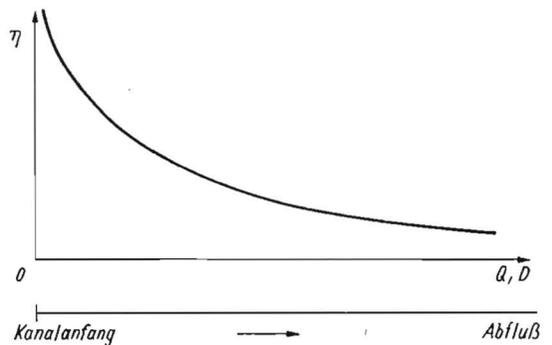


Bild 2. Quasiplastisches Fließverhalten von Gülle im Viskosimeter als Analogie zu den Verhältnissen im Fließkanal

Zwischen Kanalbeginn und Kanalabfluß wird in der Literatur häufig ein linearer Abfall des Güllespiegels angenommen; die Neigung wird in Prozent angegeben. Durchgeführte Messungen an Fließkanälen zeigten jedoch, daß kein linearer Abfall des Güllespiegels erfolgt. Der Abfall des Güllespiegels verläuft im allgemeinen als Kurve.

Bereits aus den Grundlagenuntersuchungen zu den Fließeigenschaften der Gülle [2] läßt sich infolge des quasiplastischen Fließverhaltens eine Krümmung des Güllespiegels ableiten. Es besteht nämlich eine Analogie zwischen den Fließeigenschaften der Gülle im Viskosimeter und den Verhältnissen im funktionierenden Fließkanal.

Im Viskosimeter zeigte sich, daß die Viskosität  $\eta$  der Gülle um so größer wird, je kleiner der Volumenstrom  $Q$  (bzw. das Geschwindigkeitsgefälle  $D$ ) oder die Schubspannung  $\tau$  sind. Am Kanalbeginn fällt nur von einer Kuh Gülle an. Deshalb findet man einen verhältnismäßig geringen Volumenstrom  $Q$  der Gülle. Also hat die Gülle am Kanalbeginn eine hohe Viskosität. Am Kanalabfluß sind dagegen — verursacht sowohl durch den z. B. in Bad Dürrenberg etwa 60 mal (Gülle von 60 Kühen!) so großen Güllévolumenstrom wie am Kanalbeginn als auch durch die auf etwa ein Zehntel gegenüber dem Kanalbeginn abgesunkene Höhe des Güllestapels — ein großer Volumenstrom und damit große Fließgeschwindigkeiten anzutreffen. Die Viskosität  $\eta$  der Gülle ist deshalb an dieser Stelle kleiner als am Kanalbeginn. Demzufolge wird am Kanalabfluß die Neigung des Güllestapels geringer sein als in der Mitte des Kanals oder gar am Kanalbeginn. Den prinzipiellen Zusammenhang zwischen Viskositätskurve und den analogen Verhältnissen im Fließkanal veranschaulicht Bild 2. Ein völlig konkav verlaufender Güllespiegel, wie im Bild 2

dargestellt, müßte also bei Kanälen zu finden sein, in denen auf der ganzen Länge Fließvorgänge stattfinden. Solche Kanäle „funktionieren“, d. h. die täglich abfließende Güllemenge ist gleich oder größer als der tägliche Gülleanfall. „Funktioniert“ ein Kanal nicht, d. h., ist die täglich abfließende Güllemenge geringer als der Gülleanfall je Tag, müßte ein anderer Verlauf des Güllespiegels zu erwarten sein. LEHMANN fand bei seinen Untersuchungen am Schüttkegel [6], daß ein bestimmtes Güllevolumen, das nach dem Aufschütten auseinandergeflossen ist und sich nun in Ruhe befindet, nicht die Form eines Kegels, sondern die Form eines Kugelabschnittes annimmt.

Die Oberfläche der zur Ruhe gekommenen aufgeschütteten Gülle ist also konvex gewölbt. Es ist somit zu vermuten, daß Kanäle in denen kein oder nur ein geringer Abfluß stattfindet ebenfalls eine konvexe Neigung des Güllespiegels aufweisen.

Tatsächlich bestätigte sich in der Praxis, daß der Gülleanstieg in den Kanälen in Atzendorf, die sehr funktionssicher waren, im wesentlichen konkav verlaufenden Kurven folgte (Bild 3). In Bad Dürrenberg dagegen, wo in bestimmten Fütterungsperioden die Fließkanäle häufig nicht funktionierten, fand sich bei 253 Messungen

- 162 mal vorwiegend konkave
- 85 mal vorwiegend konvexe
- 6 mal lineare

Ausbildung des Güllespiegels. Es zeigt sich somit, daß bei einem Drittel der Messungen eine konvexe Ausbildung des Güllespiegels vorherrschte, was auf verringerten Abfluß hindeutet.

Allerdings bildete sich nur manchmal ein völlig konkaver oder völlig konvexer Neigungsverlauf heraus. Vielmehr waren die Kurven vorwiegend umgekehrt s-förmig gekrümmt (Bild 3). Daraus ist abzuleiten, daß die Kanäle in dem Teil „funktionierten“, der dem Abfluß nahe war, während in größerer Entfernung vom Abfluß nur noch ein geringes Fließen erfolgte.

Ein Vergleich der analytischen Ausdrücke, die vom Verlauf des Güllespiegels in Atzendorf (19 Ausdrücke) und in Bad Dürrenberg (45 Ausdrücke) ermittelt wurden, zeigt interessanterweise bei den Gliedern der analytischen Ausdrücke für kurze Kanäle fast immer umgedrehte Vorzeichen wie bei den Gliedern der Ausdrücke für lange Kanäle (Tafel 1).

Die These, daß die Art der Krümmung des Güllespiegels im Kanal Aufschluß darüber gibt, inwieweit der Kanal „funktioniert“, kann durch weitere Untersuchungsergebnisse gestützt werden.

So wurde z. B. bei einer Meßreihe in Bad Dürrenberg der Gülleabfluß durch Einbau eines 350 mm hohen Stauschiebers gehemmt. Damit war eine Abflußstörung simuliert worden. Während der Dauer der Störung gelierte die Gülle. Nach 13 Tagen war der Fließkanal auf einer Länge von 14 m — vom Kanal Anfang an gerechnet — bis an die Roste gefüllt. Nachdem nun der Schieber entfernt wurde, strömte die Gülle in der Nähe des Abflusses aus dem Stall. Am Kanal Anfang war noch kein Absinken festzustellen. Es konnte jedoch der Beginn eines ständigen Abfalles des Güllestandes vom Abfluß her beobachtet werden. Der Abfall schritt nach oben kontinuierlich fort. Es wurde eine Voraussage des Zeitpunktes,

Tafel 1. Vorzeichen der Glieder der analytischen Ausdrücke für den Verlauf des Güllespiegels in kurzen und langen Kanälen

	kurze Kanäle	lange Kanäle
kubisches Glied	-	+
quadratisches Glied	+	-
lineares Glied	-	+/-
absolutes Glied	+	+

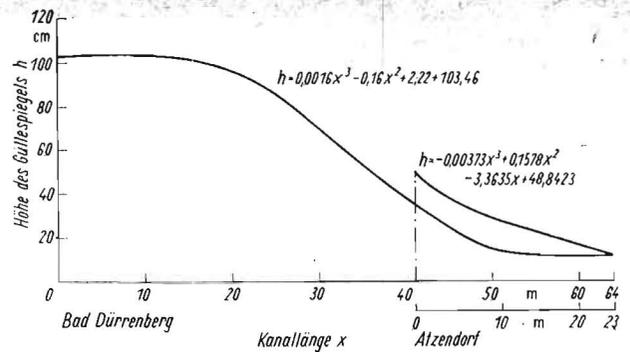


Bild 3. Typischer Verlauf des Güllespiegels in kurzen (Atzendorf) und langen Kanälen (Bad Dürrenberg)

an dem die Gülle am Kanal Anfang absinken würde, möglich. Bild 4 zeigt deutlich, wie sich der Teil des Kanals, in dem die Gülle abfließt, mit der Zeit vergrößert, d. h. wie sich der Wendepunkt der Kurve zum Kanal Anfang hin verschiebt. Je näher der Wendepunkt der Kurve dem Abfluß liegt, um so größer ist demzufolge der Anteil des Kanals, in dem sich die Gülle in Ruhe befindet.

Ein Anzeichen dafür, daß kein Fließen erfolgt, ist, daß sich unter dem Rost hinter den Kühen Kotkegel auftürmen. Damit muß zugleich eine frühere Aussage entkräftet werden, die das Auftreten solcher Kegel auf den Kot trockenstehender Kühe beschränkte [4].

### 3. „Pendeln“ des Güllestands in langen Fließkanälen

Bild 4 zeigt weiterhin, daß es neben Perioden, in denen sich der Güllestapel abbaut und in denen demzufolge der Gülleabfluß größer sein muß als der Anfall, auch Perioden geben muß, in denen sich der Güllestapel aufbaut. In diesen Zeiträumen ist der Gülleabfluß kleiner als der Anfall. Tatsächlich konnte während der über ein Jahr durchgeführten Messungen des Güllestands in Bad Dürrenberg festgestellt werden, daß der Güllestand am Kanal Anfang auch bei gleichbleibender Fütterung ständig zwischen Extremwerten schwankt, d. h. daß der Güllestand „pendelt“. Dabei baut sich die Gülle — verursacht durch irgend ein auslösendes Ereignis — zunächst am Kanal Anfang auf, wobei sich der Wendepunkt des Güllespiegels mehr und mehr zum Abfluß hin verschiebt. Meist war eine Störung im Fließvorgang die Ursache dafür, daß die in der Gülle wirkenden Kräfte (Schubspannungen) geringer wurden. Dadurch erhöhte sich die Viskosität. Außerdem setzte eine thixotrope Erstarrung ein. Erst als der hydrostatische Druck (und damit die durch diesen erzeugte Schubspannung) in dem gewachsenen Güllestapel größer war als die durch die Thixotropie angewachsene Fließgrenze, kam es wieder zu einem Abfließen. Durch zunehmende Verflüssigung und Viskositätsverminderung wurde die Strömung mehr und mehr laminar. Der Abfluß erfolgte dann bis weit unter den durchschnittlichen Güllestand, wobei die Wölbung des Güllespiegels mehr und mehr konkav wurde. Er kam erst zum Stehen, als der hydrostatische Druck (und damit die durch diesen erzeugte Schubspannung) kleiner wurde als die dem thixotropen Abbau entsprechende Fließgrenze. Der nun erreichte geringe Güllestand war die Ursache dafür, daß sich die Erscheinung wiederholen konnte, weil der Minimalstand des Güllestapels nur einen geringen hydrostatischen Druck (Schubspannung) erzeugte. Dieser genügte nicht, einen Abfluß hervorzurufen.

Das „Pendeln“ des Güllestands in den Fließkanälen war nur in den langen Kanälen in Bad Dürrenberg zu beobachten. Möglicherweise erfolgt es auch in kürzeren Kanälen. Es erreicht dort aber niemals eine derartig große Amplitude wie in langen Kanälen. Durch das Pendeln der Gülle um einen Mittelwert reichte in den langen Kanälen die Kanaltiefe

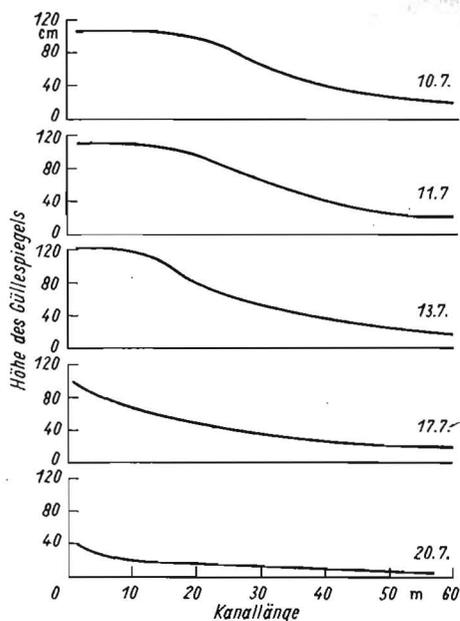


Bild 4. Gülespiegel im Kanal 3 des Stalles in Bad Dürrenberg an mehreren aufeinanderfolgenden Meßtagen

manchmal nicht aus, den Güllestapel beim Erreichen seiner Maximalhöhe aufzunehmen.

Wie bereits erwähnt, beginnen die Fließvorgänge im Kanal, wenn die auftretende Schubspannung die Fließgrenze überschreitet. Diese ist abhängig sowohl von der Zusammensetzung der Gülle selbst als auch von ihrem thixotropen Erstarrungszustand. Während die Kanaltiefe in Atzendorf der Fließgrenze entsprach, schwankte sie in Bad Dürrenberg, ausgedrückt als Güllehöhe am Kanalbeginn, in weiten Grenzen zwischen 40 cm und einem Wert, der  $> 125$  cm ist. Der Maximalwert konnte nicht experimentell gefunden werden, da er die Abmessungen des Kanals überstieg. Alle Werte, die 110 cm oder größer sind, wurden als Extremwerte bezeichnet, weil Güllehöhen von 110 cm an bei der Kanaltiefe von 125 cm als kritisch angesehen werden müssen.

Um ganz grob eine Vorstellung davon zu erhalten, welche Güllehöhe bei den vorliegenden Kanallängen erwartet werden könnte, wurde aus den ermittelten Extremwerten bei Unterstellung der durchschnittlichen Neigung des Gülespiegels (linearen Anstieg vorausgesetzt!) ein theoretischer Wert extrapoliert. Obwohl die durch Extrapolation gefundenen Werte nur in gewissem Maße der Orientierung dienen können, da sie von der ungenauen Voraussetzung des linearen Anstiegs des Gülespiegels ausgehen, soll für den ungünstigsten Fall die notwendige Kanaltiefe von 172 cm an dieser Stelle genannt werden.

Nach einer weiteren Methode, bei der die Güllehöhe im Kanal in Beziehung zur Fließfähigkeit der Gülle (bestimmt mit der Schüttkegelmethode [6]) gesetzt wurde, ergaben sich fast gleichgroße Werte wie im ersten Fall.

Da die Ergebnisse noch nicht als gesichert anzusehen waren, wurde die maximal notwendige Kanaltiefe für die 64 cm langen Kanäle noch nach einer dritten Methode bestimmt. Es ist bisher noch nicht möglich, die Schubspannung festzustellen, die in der Gülle bzw. an der Kanalwand herrschen muß, damit bei einer bestimmten Güllekonsistenz der Abfluß beginnt. Ein Tastversuch brachte jedoch eine ungefähre Vorstellung darüber, wie groß die Kraft sein muß, die den Fließvorgang in einem Kanal beginnen läßt, der am Kanalbeginn bis zum Rost gefüllt ist. Das heißt, mit Hilfe einer äußeren Kraft sollte eine größere Kanaltiefe als vorhanden simuliert werden. Dazu wurde eine Holztafel, die den Ab-

messungen des Kanalquerschnitts entsprach, in die Kanalverlängerung eines gefüllten Fließkanals eingesetzt. An der Tafel war in der Mitte ein Stahlseil befestigt, das eine horizontal wirkende Kraft übertrug. Mit Hilfe eines Flaschenzuges wurde dann erreicht, daß die Holztafel mit etwa 300 bis 450 kp auf den Gülestapel drückte. Dadurch bewegte sich die Tafel bereits während des Anspannens etwa 30 bis 40 cm in Zugrichtung. Nach dem Anspannen wurde das Seil so fest wie möglich arretiert. Infolgedessen blieb auch über die nächsten Tage eine gewisse Schubkraft erhalten.

Während vor dem Einwirken der Kraft kein Abfluß am Schieber erfolgte, konnte nach 12 Stunden ein sichtbares Fließen und eine Veränderung des Güllestandes beobachtet werden. Vor dem Versuch betrug der Güllestapel am Kanalbeginn 109 cm; nach 6 Tagen war er auf 81 cm abgesunken. Der Druck, den die Holztafel auf die Stirnfläche des Gülestapels ausübte, hatte (bei Versuchsbeginn) eine Größenordnung von 3334 bis 5000 N/m<sup>2</sup> (0,034 bis 0,051 kp/cm<sup>2</sup>). Damit zeigte sich, daß der Kanal vermutlich von selbst funktionsfähig geworden wäre, wenn in der Kanalverlängerung der Flüssigkeitsstand mindestens 34 bis 51 cm höher gewesen, d. h. 143 bis 160 cm betragen hätte.

Es ergibt sich also nach den drei verschiedenen Methoden

- Extrapolation aus der Extremneigung,
- Untersuchung der Beziehung zwischen Fließfähigkeit der Gülle und Güllehöhe sowie
- Einwirken einer äußeren Kraft

für die in Dürrenberg angetroffenen Fließkanäle mit einer Gesamtlänge von 64,15 m eine notwendige Tiefe von 160 bis 172 cm, um unter extremen Bedingungen und unter Berücksichtigung des Pendelns ein sicheres Funktionieren zu gewährleisten.

Eine derartige Kanaltiefe, die notwendig ist, um die Fließkanalentmischung auch beim Auftreten des „Pendelns“ noch „in der Hand“ zu haben, kann jedoch vom Bauaufwand her nicht mehr vertreten werden. Es ist deshalb anzustreben, mit kürzeren Kanälen, wie sie in Atzendorf Verwendung fanden, auszukommen. Das ist bei langen Ställen durch die Anlage eines oder mehrerer Querkäle möglich.

#### 4. Einfluß eines Grundwehres auf den Güllestapel

Im Versuchsstall in Bad Dürrenberg bot sich die Möglichkeit, den Einfluß eines Grundwehres (Staustufe) auf die Funktionssicherheit der Güllekanäle zu untersuchen. Versuchsergebnisse wurden zu diesem Problem noch nicht bekannt. Es liegen lediglich subjektive Ansichten über die Auswirkung vor.

Zur Untersuchung der Problematik wurde am 22. September 1967 ein Grundwehr von 5 cm Höhe in den Kanalabfluß des Kanals 3 eingesetzt. Es mußte erst nach mehr als 3 Monaten, am 3. Januar 1968, wieder entfernt werden, weil der Gülestapel am Kanalbeginn den Gitterrost erreicht hatte. Die Auswirkung des Grundwehres auf den Güllestapel konnte nun im Vergleich zu den Fließkanälen ohne Grundwehr im gleichen Zeitraum betrachtet werden.

Während der Zeit vom 22. September 1967 bis zum 3. Januar 1968 ergaben sich folgende Mittelwerte der Güllehöhen am Kanalbeginn:

Kanal 1	64,38 cm
Kanal 2	64,35 cm
Kanal 3	79,71 cm
Kanal 4	64,80 cm

Aus dem Mittelwert der Güllehöhe am Kanalbeginn ergibt sich anscheinend ein ungünstiger Einfluß des Grundwehres auf das Abfließen der Gülle. Im gleichen Versuch war jedoch auch festzustellen, daß die Kanäle ohne Grundwehr bei Abfluß-

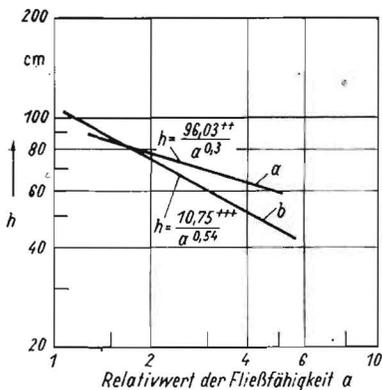


Bild 5. Auswirkung eines Grundwehres auf den Güllestand am Kanal-anfang der Fließkanäle in Bad Dürrenberg. a Kanal mit Grundwehr, b 3 Kanäle ohne Grundwehr

störungen, die im Dezember 1967 auftraten, etwas eher einen Gülleanstieg bis zum Gitterrost zeigten als der Kanal mit Grundwehr. Deshalb wurde geprüft, welche Auswirkungen das Grundwehr bei unterschiedlicher Fließfähigkeit der Gülle hat. Im Bild 5 ist der Güllestand am Kanal-anfang der Kanäle ohne Grundwehr (1,2 und 4) und des Kanals mit Grundwehr (3) der Fließfähigkeit der Gülle gegenübergestellt. Zur Bestimmung der Fließfähigkeit wurde die Schüttkegelmethode benutzt [6]. Je größer der Relativwert für die Fließfähigkeit ist, um so „flüssiger“ ist die Gülle.

Bei der Betrachtung des Bildes 5 fällt auf, daß die Gerade für den Kanal 3 einen auffallenden kleinen Anstieg aufweist. Das bedeutet, daß sich durch ein Grundwehr die Fließeigenschaften der Gülle auf die Güllehöhe am Kanal-anfang weniger auswirken.

Vergleicht man die Regressionsgerade von Kanal 3 mit der Regressionsgeraden, die sich aus dem Mittelwert von Kanal 1, 2 und 4 ergibt, läßt sich ein Schnittpunkt beider Geraden finden, der etwa bei einem Relativwert der Fließfähigkeit von 1,6 liegt. Bei Gülle mit Relativwert  $> 1,6$  war demzufolge der Güllestand im Kanal mit Grundwehr höher als im Kanal ohne Grundwehr. Erst bei einem Relativwert  $< 1,6$  verursachte das Grundwehr einen niedrigeren Güllestand im Kanal.

Da der höchste konsistenzbedingte Güllestand Schwierigkeiten in der Bewirtschaftung des Kanals mit sich bringt, könnte somit die Verwendung eines Grundwehres im untersuchten Stall vorteilhaft sein. Diese Erkenntnis deckt sich auch mit den Erfahrungen BERGLUNDS u. a. [7], daß sich ein Grundwehr bei Gülle, die viel Trockensubstanz oder Futterreste enthält, als günstig erweist.

Auch Beobachtungen an Fließkanälen mit sehr zäher Gülle lassen sich zur Unterstützung dieser Aussage heranziehen. Dabei war festzustellen, daß am Abfluß die Gülle an der Kanalsohle klebte und Harn um diese klebenden „Gülleinseln“ herumfloß. Insbesondere für diesen Fall tritt der Nutzen eines Grundwehres zutage.

Die Ergebnisse lassen sich jedoch sehr wahrscheinlich nicht auf beliebige Kanallängen übertragen. Eine entscheidende Verbesserung der Funktionsfähigkeit zu flach ausgeführter Kanäle durch Einbau eines Grundwehres kann kaum erwartet werden. Ein fest eingebautes Grundwehr stellt zudem ein erhebliches Hindernis bei der gründlichen Reinigung oder Desinfektion der Fließkanäle dar.

## 5. Entmischung der Gülle im Fließkanal

In der Literatur wird gelegentlich auf eine Schichtenbildung im Güllestapel der Fließkanäle hingewiesen. Die Autoren sind zum Teil der Meinung, daß eine gewisse Trennung der

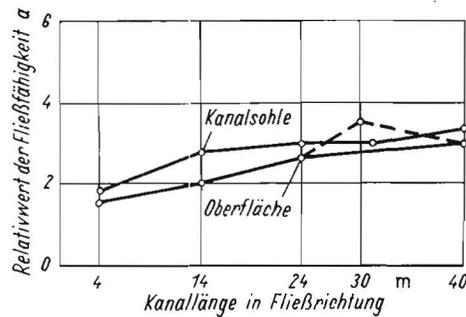


Bild 6. Fließfähigkeit der Gülle im Kanal 3 des Stalles in Bad Dürrenberg an der Oberfläche und auf der Kanalsohle in Abhängigkeit von der Kanallänge

festen von den flüssigen Teilen eine Voraussetzung für das Funktionieren der Fließkanalentmischung ist. BERGLUND u. a. [7] hingegen behaupten, daß eine Schichtenbildung zu besonderen Gesetzmäßigkeiten bei der Ausbildung der Neigung des Güllespiegels führt und bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten auftritt. Das wäre in langen Kanälen der Fall. Auch bei der Begründung für den Einbau von Grundwehren wird angeführt, daß es notwendig ist, eine Flüssigkeitsschicht am Kanalboden zu erhalten. Aus der Beobachtung, daß beim Wasserzusatz in den Kanal ein „Durchfluß unter der Gülle“ erfolgt [5], war ebenfalls eine Entmischung der Gülle im Fließkanal zu vermuten.

Tastversuche in Atzendorf hatten gezeigt, daß am Kanalende eine Schicht zähflüssiger Gülle über dünnflüssiger ruhte. Deshalb wurde in Bad Dürrenberg nach mehreren verschiedenen Methoden der Güllestapel auf eine Horizontierung untersucht.

Da sich ein Hohlzylinder zum „Ausstechen“ eines Gülleprofils als kaum geeignet erwies, wurde eine andere Methode entwickelt. In den Güllestapel wurde behutsam ein am Grunde verschlossenes Messingrohr mit einem Durchmesser von 25 mm eingeführt. In dieses Rohr wurde flüssiger Stickstoff mit einer Temperatur von  $-197^{\circ}\text{C}$  gefüllt. Nach einer gewissen Zeit war an dem Rohr ein „Mantel“ aus Gülle angefroren, aus dem Proben in beliebiger Zahl entnommen werden konnten.

Mit dieser Methode konnte am Kanal-anfang ein unterschiedlicher Gehalt der Gülle an Trockensubstanz in den verschiedenen Tiefen festgestellt werden (Tafel 2). Der geringe Trockensubstanzgehalt in der untersten Schicht der Gülle bestätigte die Literaturangaben und die eigenen Vermutungen.

Um festzustellen, ob eine Trennung der Gülle in eine flüssigere „Bodenschicht“ und eine festere „Schwimmschicht“ über die ganze Kanallänge zu finden ist, wurden aus den Kanälen 2 und 3 des Stalles in Bad Dürrenberg entsprechende Proben entnommen. Der verwendete Probenehmer wurde in unterschiedlicher Tiefe, unmittelbar über der Kanalsohle und mit der oberen Gülleschicht gefüllt.

Bei diesen Untersuchungen wurde nicht der Trockensubstanzgehalt der Gülle bestimmt, sondern ihre Fließfähigkeit nach der Schüttkegelmethode [6] festgestellt. Bild 6 läßt erkennen, daß wesentliche Unterschiede in der Fließfähigkeit zwischen der oberen und der unteren Gülleschicht bestehen. Da sich mit zunehmendem Relativwert die Fließeigenschaften ver-

Tafel 2. Horizontierung der Gülle im Fließkanal

Tiefe von der Gülleoberfläche mm	TS-Gehalt %
0 ... 200	12,1
400 ... 600	13,9
800 ... 1000	10,1

bessern, ist abzulesen, daß die untere Gülleschicht flüssiger ist als die obere. Außerdem kann man erkennen, daß der Relativwert der Fließfähigkeit beider Gülleschichten mit der Kanallänge zunimmt, d. h., daß sich die Fließfähigkeit der Gülle auch in Fließrichtung verbessert. Ein Abbau der thixotropen Erstarrung und eine zunehmende Vermischung von Kot und Harn könnte u. a. dafür die Ursache sein.

Das Bestehen von Schichten in der Gülle wirft die Frage auf, in welchem Bereich des Güllestapels das Abfließen der Gülle hauptsächlich erfolgt. Man könnte annehmen, daß es gerade die Gülle mit den günstigsten Fließeigenschaften sein müßte, die am stärksten aus dem Güllestapel abfließt. Das ist jedoch nicht der Fall, wie in einem späteren Beitrag über die Bewegung der Gülle in Fließkanälen nachgewiesen werden soll. Eine starke Entmischung wirkt deshalb ungünstig auf die Fließkanalentmischung.

## 6. Schlußfolgerungen

Aus den durchgeführten Untersuchungen ergibt sich, daß bei kurzen Fließkanälen weniger Probleme auftreten als bei langen. So zeigte es sich, daß die reichlich 64 m langen Kanäle in Bad Dürrenberg nicht während des ganzen Jahres funktionssicher waren. Die Tiefe dieser Kanäle von 125 cm hatte sich aus dem Gülleanstieg in den 23 m langen Kanälen in Atzendorf unter Annahme gleicher Fließfähigkeit der Gülle ergeben. Da jedoch, wie nachgewiesen werden konnte, der Gülleabfluß diskontinuierlich (Pendeln der Güllehöhe) und der Gülleanstieg nach Potenzfunktionen erfolgt, hätte die Kanaltiefe in Bad Dürrenberg etwa 170 cm betragen müssen. Um die Fließkanalentmischung in jedem Falle funktionssicher betreiben zu können, ist es deshalb zweckmäßig, eine Kanallänge von 25 m nicht wesentlich zu überschreiten. Dadurch können solche Probleme wie das Pendeln des Güllespiegels oder die starke Entmischung der Gülle im Fließkanal ganz oder teilweise umgangen werden.

## Zusammenfassung

In zwei Rinderanbindeställen mit 23 m und 64 m langen Fließkanälen wurden Untersuchungen zum Verhalten der

Gülle in den Kanälen durchgeführt. Es konnte nachgewiesen werden, daß der Anstieg der Gülle im Kanal nicht linear ist, sondern einer Potenzfunktion folgt. Kanäle, in denen ein Abfluß stattfindet, weisen dabei einen konkaven, Kanäle mit gestörter Funktion einen mehr oder weniger konvexen Kurvenverlauf auf. Ein im wesentlichen konvexer Kurvenverlauf wurde bei einem Drittel der Messungen an den langen Kanälen gefunden. Er wird teilweise auch durch das beim „Pendeln“ des Güllestapels auftretende diskontinuierliche Fließen hervorgerufen.

Der Einbau eines Grundwehres in einem langen Kanal brachte keine wesentlich höhere Funktionssicherheit gegenüber den Kanälen ohne Grundwehr.

Da neben den angeführten Problemen in langen Kanälen auch eine verstärkte Entmischung der Gülle erfolgt, sollte künftig eine Kanallänge von 25 m nicht wesentlich überschritten werden.

## Literatur

- [1] POELMA, H. R.: Erfahrungen mit der Schwemmentmischung ohne Wasser. Landtechnik 18 (1963) S. 790 und 791
- [2] LOMMATZSCH, R.: Die Fließeigenschaften von Rindergülle. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 7, S. 318 bis 321
- [3] Teilabschlußbericht „Untersuchungen zum Transport von Rindergülle ohne Wasserzusatz vom Stall in der Lagerbehälter durch Schwerkraft“ des Forschungsauftrages 4502021 Vf. 8008/8 „Entmischung und Mistbehandlung bei einstreuloser Haltung von Rindern“ vom 30. Juni 1968. Institut für Landtechnik der Karl-Marx-Universität Leipzig (unveröffentlicht)
- [4] LOMMATZSCH, R. / A. HENNIG: Erfahrungen mit der Fließkanalentmischung. Deutsche Agrartechnik 17 (1967) H. 6, S. 267 bis 270.
- [5] LOMMATZSCH, R. / G. SCHMORL: Praktische Erfahrungen mit der Fließkanalentmischung in Rinderanbindeställen. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 7, S. 316 bis 318
- [6] LEHMANN, R.: Gülletransport mit Schleppschaufelanlage. Deutsche Agrartechnik 18 (1968) H. 7, S. 330 bis 333
- [7] BERGLUND, S. / G. ANLANSOON / I. EKESBO: Hantering av flytande gödsel. Jordbrukstekniska Institutet, Meddelande Nr. 310 Uppsala 1965  
A 7824

## Technologische Verfahren der Jungrinderhaltung

cand. ing. K.-J. PLASCHNICK\*

Die Besonderheiten der Jungrinderhaltung bestehen in der Aufzucht wachsender Tiere. Die gesamte Inneneinrichtung der Stallgebäude muß also dem Alter der Tiere angepaßt werden. MITTAG schlägt vor, die Tiere in 5 Altersgruppen zu unterteilen und für jede dieser Altersgruppen einen Stall mit speziell dafür ausgelegter Inneneinrichtung vorzusehen [1] [2] [3]. Tafel 1 unterrichtet darüber. Ergänzt sei noch, daß in der Altersgruppe IV bei einem Alter von etwa 18 Monaten die Besamung der Jungtiere erfolgt. Die hohen Abgänge in dieser Altersgruppe setzen sich zusammen aus 2 Prozent natürlichen Verlusten und einer Selektion von etwa 3 Prozent infolge von Sterilität. Die Altersgruppe V umfaßt den Bereich der tragenden Färsen. Etwa 2 Monate vor dem Abkalben werden die Tiere als hochtragende Färsen ausgestellt. Für eine einheitliche Variante einer nach Altersgruppen gegliederten Jungrinderanlage wird vorgeschlagen, weibliche Tiere bis zur Altersgruppe V und männliche bis zur Altersgruppe II in einer Anlage zu halten. Dieser Festlegung liegen die in Tafel 1 dargestellten Werte für die Zusammensetzung der Gesamtkapazität einer Anlage zugrunde, wobei mit 50 Prozent Bullenkälbern gerechnet wurde.

Für die Jungrinderhaltung sind eine Vielzahl technologischer Varianten denkbar. Zum systematischen Aufstellen solcher Varianten werden folgende technologische Gesichtspunkte betrachtet (Bild 1):

1. Haltungsforn: 1.1. Laufhaltung
2. Stallbau: 2.1. Kaltstall, 2.2. Warmstall
3. Haltnngsart: 3.1. mit ....., 3.2. ohne Weidehaltung
4. Fütterungssystem: 4.1. mobil, 4.2. stationär
5. Aufstallungsprinzip: 5.1. Liegeboxen, 5.2. Vollspaltenboden
6. Anzahl der Tiere je Freßplatz: 6.1. 2 Tiere, 6.2. 3 Tiere
7. Art der Entmischung: 7.1. Festmist (mit Einstreu), 7.2. Flüssigmist

Als Haltungsforn ist die Laufhaltung zu empfehlen. Die bauliche Hülle der Stallgebäude kann mit oder ohne Wärmedämmung errichtet werden, wobei sich das Klima des Kaltstalles günstig auf die physiologische Entwicklung und die Fruchtbarkeit der Tiere auswirkt [4]. Der Kaltstall ist allerdings mit Einstreu zu bewirtschaften. Ob den Jungrindern Sommerweide gewährt werden kann, wird in erster Linie von der Anlagengröße und den speziellen Standortbedingungen bestimmt. Hinsichtlich der Stallgebäude ergeben sich bei Weidehaltung keine Unterschiede gegenüber ganzjähriger

\* TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik (Direktor: Prof. Dr. habil. R. THURM)