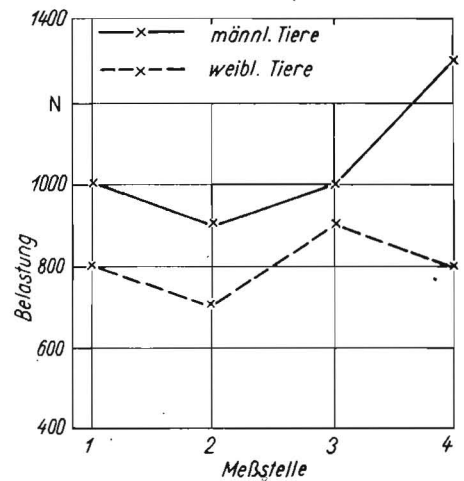


**Bild 6**  
Vergleich der für die Gesamtnutzungsdauer berechneten maximalen Betriebsbelastungen bei männlichen und weiblichen Absatzkälbern an der Vorderwand<sup>1)</sup> ▶



**Bild 5.** Errechnete Maximalbelastungen in Abhängigkeit von der Anzahl der Streßsituationen am Beispiel des Teilversuchs „Umtreiben“, männliche Absatzkälber<sup>1)</sup>; zum Vergleich dazu:  
Darst. a: Werte der Gesamtnutzungsdauer aus den Langzeitmessungen (Normalbetrieb)  
Darst. b: errechnete Maximalbelastungen der Streßsituation „Umtreiben“ bei gleicher Erwartungswahrscheinlichkeit wie bei der Berechnung der Maximalbelastungen aus den Langzeitmessungen

messungen, die beim Normalbetrieb durchgeführt wurden. Mit Hilfe des t-Testes [5] konnte überprüft werden, ob ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Belastungskollektiven männlicher und weiblicher Absatzkälber besteht. Wie Tafel 1 zeigt, konnte ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Tieren ermittelt werden. Die für die gesamte Nutzungsdauer nach der [2] beschriebenen Methode ermittelten Maximalbelastungen liegen bei männlichen Absatzkälbern höher als bei weiblichen (s. Bild 6). Es wird eingeschätzt, daß dieser Belastungsunterschied in diesem Halteabschnitt bereits so groß ist, daß er Konsequenzen für die Bemessung entsprechender Bauteile nach sich ziehen sollte.

#### Zusammenfassung

Die Kenntnis der Wirkung von wesentlichen Einflußfaktoren auf die als Grundlage der Bemessung von Tierplatzausrüstungen dienenden Betriebsbelastungskollektive ist eine maß-

gebliche Voraussetzung für die Minimierung dieser Belastungen. Als solche wesentlichen und durch den Menschen relativ einfach zu berücksichtigenden bzw. zu beeinflussenden Faktoren wurden das Tiergeschlecht, die Tierlebensdauer und Streßsituationen erkannt.

Es konnte festgestellt werden, daß die Höhe der zu erwartenden Belastungen mit steigender Lebensdauer zunimmt und die durch männliche Absatzkälber verursachten Betriebsbelastungen über denen der weiblichen liegen. Bei Streßsituationen, wie sie hier mit eingefangenen Tieren demonstriert wurden, treten relativ hohe Belastungen auf, die im praktischen Betrieb vermieden werden sollten.

#### Literatur

- [1] Wutzig, H.; Scharmentke, S.; Wobst, R.: Materialökonomie und Standardisierung bei Standausrüstungen für die Rinderhaltung. *agrartechnik* 27 (1977) H. 4, S. 155—157.
- [2] Venzlaff, F.: Bestimmung der Betriebsbelastung

an Tierplatzausrüstungen für die Gruppenhaltung von Absatzkälbern. *agrartechnik* 28 (1978) H. 3, S. 127—130.

- [3] Tschierschke, M.; Zschaäge, C.: Ein Vorschlag zur Einteilung und Bezeichnung der Haltungsstufen in der industriemäßigen Rinder- und Schweineproduktion. *agrartechnik* 25 (1975) H. 12, S. 589—591.
- [4] Venzlaff, F.: Zur Ermittlung von Betriebsbelastungen an der Vorderwand von Tierplatzausrüstungen für die Gruppenhaltung von Absatzkälbern. *agrartechnik* 26 (1976) H. 9, S. 442—445.
- [5] Weber, E.: *Grundriß der biologischen Statistik*. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag 1967.
- [6] Linder, A.: *Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure*. Basel/Stuttgart: Birkhäuser Verlag 1964.

A 2162

<sup>1)</sup> Die für die einzelnen Meßstellen festgestellten Werte wurden in den Bildern 3 bis 6 zur Gewinnung eines guten Überblicks miteinander verbunden. Ein funktioneller Zusammenhang zwischen den Meßstellen besteht jedoch nicht.

## Neue Erkenntnisse über den Fließvorgang der Gülle in Fließkanälen von Milchviehanlagen

Dr.-Ing. H. Schemel, KDT/Ing. W. Döring, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### 1. Problemstellung

Während in Schweineställen Fließkanäle ohne Zusatzeinrichtungen (z. B. Stauklappen) wegen schwer beherrschbarer Funktionsstörungen sehr umstritten sind, so sind sie aus Milchproduktionsanlagen nicht mehr wegzudenken.

Trotz relativ großer Kanaltiefen, die nach den bisher gültigen Bemessungshinweisen [1] erforderlich sind, treten in Milchviehanlagen mit Fließkanalsystemen, auch im Vergleich zu Varianten mit Oberflurgülleabführung, die geringsten Verfahrenskosten auf [2]. Funktionie-

rende Fließkanalsysteme bringen vor allen Dingen Vorteile für den Anlagenbetreiber. Das Fehlen der technischen Einrichtungen drückt sich für ihn besonders in Einsparungen an Arbeitskräften für die Pflege, Wartung und Reparatur als auch in Energieeinsparungen aus.

Der bekannte Mangel der Fließkanäle sind die notwendigen Tiefen. Sie führen nicht nur zu erheblichen Bauinvestitionen, sondern zu generellen Schwierigkeiten bei der Rekonstruktion. Verringerung der Investitionen, weitere Kostensenkungen und günstigere bauliche Einordnungsmöglichkeiten sind bei Nutzung der Vorteile des Fließkanalprinzips nur durch Reduzierung der Kanaltiefe zu erreichen. Zur Vermeidung zusätzlicher Kosten durch Abflußstörungen ist gleichzeitig die Funktionssicherheit unbedingt zu garantieren. Es gibt folgende Lösungsmöglichkeiten:

- Bessere Ausnutzung der Kanäle durch genauere Vorausberechnung der erforderlichen Kanaltiefe
  - Ausschaltung von Funktionsstörungen in flachen Kanälen durch „fließkanalgerechte“ Anlagenkonzeption und -bewirtschaftung in der Weise, daß die multiple Wirkung ungünstiger Einflußfaktoren auf den Fließvorgang ausgeschlossen wird
  - Senkung der Güllehöhe durch gezielte Beeinflussung des Fließvorgangs im Kanal.
- Voraussetzungen für die Beurteilung und

Weiterbearbeitung der aufgezeigten Lösungswege ist die genaue Kenntnis des Funktionsmechanismus der Gülleförderung im Fließkanal. In der Literatur [3] liegen hierüber nur unvollständige und zum Teil widersprüchliche Aussagen vor. Auf der Basis der Analyse der Einflußgrößen auf den Fließvorgang müssen deshalb durch Experimente unter Praxisbedingungen wissenschaftlich begründete Erkenntnisse gewonnen werden. Besonders dringend werden Ergebnisse zur Beeinflussbarkeit des Fließvorgangs, insbesondere zur Störungsbeseitigung, benötigt.

## 2. Analyse der Einflußgrößen auf den Fließvorgang

In den Kanal gelangt ein Gemisch von Kot, Harn und Fremdstoffen, dessen qualitative und quantitative Zusammensetzung von einer Reihe Faktoren, die oberhalb des Spaltenbodens wirken, abhängt (Bild 1). Die entscheidenden Einflußgrößen sind dabei die Eigenschaften des von den Tieren abgesetzten Kotes und Harns und ihre Volumenanteile. Wegen des sehr langsamen, quasistatischen Fließvorgangs im Kanal und der geringen Newtonschen Viskosi-

tät des Harns kann angenommen werden, daß die dominierende Größe die Fließgrenze des in den Kanal gelangenden Kotes ist. Bisherige Versuche, Abhängigkeiten zwischen einem im Schüttkegelversuch [4] gefundenen Fließeigenchaftsrelativwert bzw. dem Trockensubstanzgehalt (Tr-Gehalt) des Kotes und der Güllehöhe im Kanal zu finden, erbrachten noch kein positives Ergebnis. Die Kotfließgrenze hängt aber auch indirekt wieder von der Tierart und allen auf das Tier wirkenden Faktoren ab, von denen die Futterzusammensetzung und die Wasseraufnahme zweifellos die wichtigsten sind. Eine Quantifizierung dieses Zusammenhangs ist ebenfalls noch nicht gelungen.

Von den oberhalb des Spaltenbodens wirkenden bau- und verfahrensbedingten Einflüssen bestimmen das Verhältnis von Spalten- zu Stegbreite des Spaltenbodens die Größe der in den Kanal gelangenden Kotbrocken und der Restfutteranteil die Fließfähigkeit des Kot-Harn-Gemisches im Kanal.

Zur Beeinflussung der Güllehöhe durch Reinigungswasser gibt es keine Einstimmigkeit. Häufig wurde empfohlen, durch ständigen geringen Wasserzusatz Funktionsstörungen vorzubeugen [4].

Die Stoffeigenschaften des Güllegemisches im Kanal sind weitestgehend durch die oberhalb des Kanals wirkenden Einflußgrößen festgelegt. Da jedoch zeitabhängige Veränderungen eintreten, sind die Verweildauer der Gülle oder die Fließgeschwindigkeit nicht unwesentlich. Sie werden auch durch die Baueinflüsse und die Bewirtschaftung, die im Bild 1 durch das Abführverfahren gekennzeichnet sind, mitbestimmt. Wenn man von einer aus baulicher und funktioneller Sicht zweckmäßigen Beschränkung auf rechteckige, gefällelose Fließkanäle ausgeht, sind von den baulichen Parametern nur Kanallänge und -breite von Bedeutung. Rauigkeit von Kanalwand und -sohle können als relativ unwesentlich angesehen werden, da ein Gleiten an der Kanalwand nicht eintritt [5].

## 3. Versuchsmethodik und -durchführung

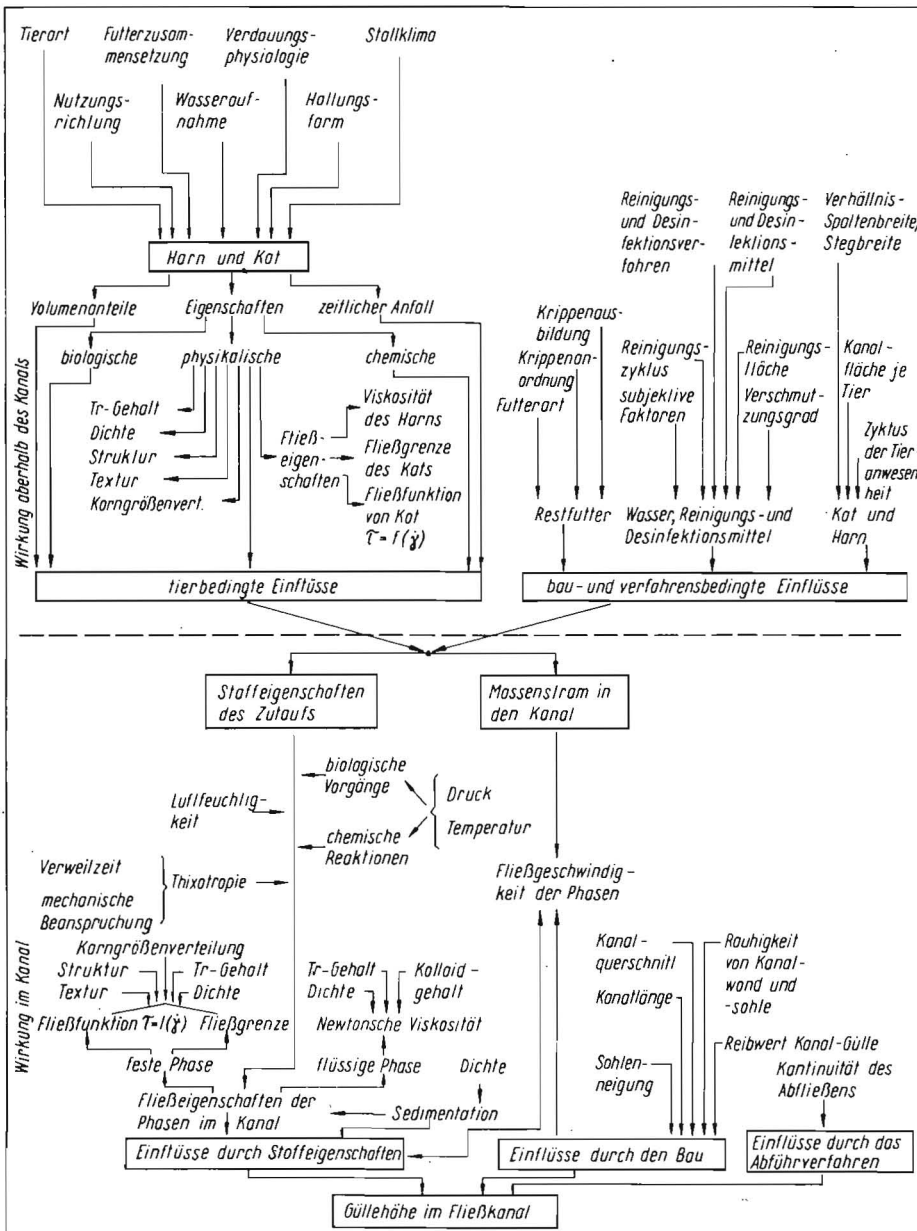
Untersuchungen zum Fließmechanismus lassen sich nur in maßstabgetreuen Kanälen unter Produktionsbedingungen anstellen, da in Modellkanälen

- der Güllezufluß und die Fließeigenschaften den Modellverhältnissen nicht angepaßt werden können und
- andere druck- und zeitabhängige Veränderungen der physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften zu anderem rheologischen Verhalten der Gülle führen.

Weil Ergebnisse zur Wirkung des Wasserzusatzes auf den Fließvorgang bzw. zur Funktionssicherheit ohne Wasserzusatz besonders dringend benötigt wurden, sind Varianten der Wasserzuführung bereits in Voruntersuchungen erprobt worden. Acht 35 mm lange und 0,7 m breite Kanäle eines Milchviehanbindestalls wurden mit Klarwasserzuführleitungen ausgerüstet, die entweder am Kanalende auf der Sohle mündeten oder eine 25 m lange Berieselungsleitung speisten. Durch automatisch angesteuerte Magnetventile erfolgte die Dosierung des Wassers; zur Registrierung des Volumens waren Wasserzähler eingebaut. Alle Kanäle konnten wahlweise mit 10 cm hohem Grundwehr und Stauschieber ausgerüstet werden.

Zum Nachweis des Effekts der Wasserzuführung dienten die Güllehöhenmessung und die Kennzeichnung der physikalischen Eigenschaften einer Güllemischprobe aus dem Kanal.

Bild 1. Einflußgrößen auf die Güllehöhe im Fließkanal



Gemessen wurden der Tr-Gehalt und der Fließfaktor  $a$  nach Lehmann[4].

In den eigentlichen Untersuchungen zum Funktionsmechanismus ist nur noch die Wasserzusatzvariante durch Berieselung auf 25 m Kanallänge berücksichtigt worden. Sie wurden in ebenfalls 35 m langen Kanälen des Milchviehlaufstalls AP MVA 616, einem Baustein des AP MVA 1930, durchgeführt. Einbezogen waren jeweils zwei 1,80 m breite Kanäle im Liegebereich (Kanäle 1 und 4) und zwei 2,65 m breite Kanäle im Freß-Liegebereich (Kanäle 2 und 3), wobei der Wasserzusatz in je einem schmalen (Kanal 1) und breiten (Kanal 2) Kanal erfolgte.

Für diese Untersuchungen wurden Meßmethoden und -geräte eingesetzt, die die Messung der Fließgrenze und der weiteren physikalischen Größen Dichte und Tr-Gehalt an jeder Stelle des Kanals ermöglichten. Die Fließgrenzemeßmethode, durch die Ausschaltung subjektiver und apparaturabhängiger Beeinflussungen gekennzeichnet, wurde bereits beschrieben [6].

Dichte und Tr-Gehalt müssen weiterhin an Proben bestimmt werden, da die erprobte Dichtemessung direkt im Kanal nach der  $\gamma$ -Strahlen-Absorptionsmethode wegen der ungenügenden Auflösung versagte. Die Dichte wurde deshalb pyknometrisch ermittelt. Weil ohnehin Proben zu ziehen waren, konnte der Tr-Gehalt auch durch Differenzwägung/Trocknung bestimmt werden. Zur Entnahme der Proben aus dem Kanal wurde für eine Entnahmehöhe von 0,1 m ein spezieller Probennehmer entwickelt [7]. Der Fehler bei der Messung von Dichte und Tr-Gehalt ist dann nicht größer als  $\pm 1\%$ .

Die Aufnahme des Fließgeschwindigkeitsprofils durch Wegverfolgung radioaktiv markierter Gülle gelang meßtechnisch noch nicht [7].

Mit Hilfe der dargestellten Meßmethoden sind neben der Güllehöhenmessung in den beiden schmalen Kanälen 1 und 4 die Verteilungen der  $\tau_0$ , Tr- und  $\rho$ -Werte in rd. vierwöchentlichen Abständen während eines Jahres aufgenommen worden. Meßtechnische Schwierigkeiten durch Futterreste in der Gülle waren hier ausgeschlossen.

Das Meßprogramm für die Kennwertmessung wurde so aufgebaut, daß einerseits die Kennwertprofile in vertikalen und horizontalen Schnittebenen gewonnen werden, andererseits die Kennwertfassung je Kanal als idealisierte Momentaufnahme in rd. 12 Stunden abgewickelt wird.

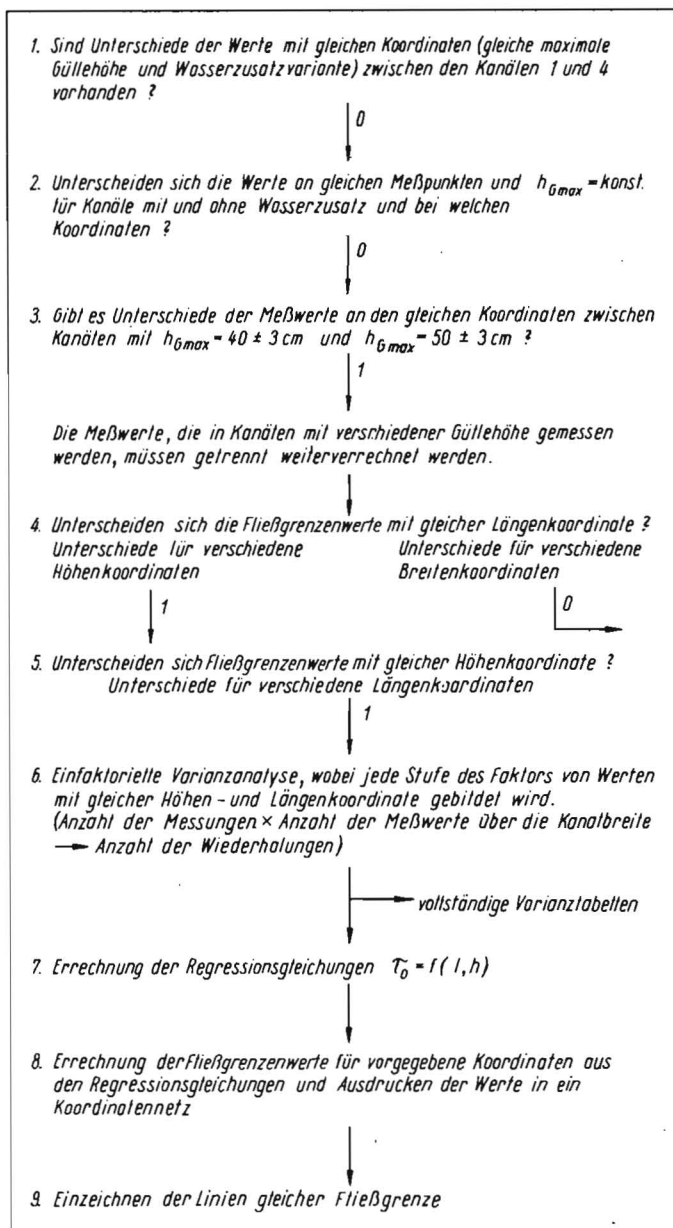
Die Proben für die Bestimmung von Tr-Gehalt und Dichte sind als Mischprobe über die Kanalbreite entnommen worden. Nach der neuen Fließgrenzemeßmethode sind an diesen Proben mit unterschiedlich hohen Meßzylindern auch die Fließgrenzen gemessen worden, um die Korrelation mit den im Kanal ermittelten Werten zu überprüfen und systematische Meßfehler zu erfassen [6]. Von den Tieren sind Kot und Harn aufgefangen worden, um Tr-Gehalt und Dichte der beiden wichtigen Zuflußkomponenten in den Kanal zu bestimmen. Für die Fließgrenzemesung an Kot reichte der Meßbereich der beschriebenen  $\tau_0$ -Meßeinrichtung nicht immer aus [7].

#### 4. Aufbereiten der Versuchsergebnisse

Für die kontinuierlich ablaufenden Kanäle im Anbindestall wurden Fließfaktor  $a$  und Tr-Gehalt der Mischproben sowie Güllehöhe am Kanalende und Güllevolumen im Kanal als Funktion der Laufzeit aufgetragen.

Für die angestauten Kanäle sind aus den

Bild 2  
Plan für die Verrechnung der direkt gemessenen Fließgrenzwerte



Güllehöhenmeßwerten die Güllevolumina vor und nach dem Ablassen errechnet worden. Fließfaktor und Tr-Gehalt der Mischproben vor und nach dem Ablassen wurden in Abhängigkeit vom Wasserzusatz und der Wasserzusatzvariante dargestellt.

Für den Laufstall sind ebenfalls die zeitlichen Güllehöhen- und Güllevolumenverläufe aufgetragen worden. Die Kennwerte Fließgrenze  $\tau_0$ , Tr-Gehalt und Dichte  $\rho$  werden nicht mehr primär in ihrer zeitlichen Schwankung betrachtet, sondern sollen als Kennwertprofile in Abhängigkeit von den auf den Kanal wirkenden Einflußgrößen dargestellt werden. Dazu wurden zunächst Varianzanalysen mit der Zielrichtung angestellt, die Meßreihen zu ermitteln, die als zufällige Wiederholungen angesehen werden können.

Die Varianzanalysen wurden für die  $\tau_0$ -Werte nach einem Verrechnungsplan (Bild 2) durchgeführt. Darin sind zur Vereinfachung nur die notwendigen Rechenschritte enthalten (vgl. Pkt. 5). Für die als Wiederholung anzusehenden Meßreihen sind die Regressionsgleichungen  $\tau_0$ , Tr,  $\rho = f$  (Kanalkoordinaten) mit dem Rechner KRS 4200 errechnet worden. Zur bestmöglichen Modellierung des tatsächlichen Kennwertverlaufs wurde folgende allgemeine Funktion vorgegeben:

$$\tau_0, \text{Tr}, \rho = f(B_0, l, l^2, l^3, h, h^2, h^3, hl; h^2, h^2)^2 \quad (1)$$

Durch ein für diesen Zweck erarbeitetes Rechenprogramm [8] wurden aus den Regressionsfunktionen für die Koordinatenpunkte ( $0 \leq l \leq 36$  m,  $\Delta l = 2$  m und  $-0,05 \leq h \leq 0,35$  m,  $\Delta h = 0,1$  m) die Kennwerte errechnet und in ein Koordinatennetz ausgedrückt.

Der Koordinatenwert  $h=0$  entspricht der Grundwehoberkante. In das Koordinatennetz können dann Linien gleicher Kennwertgröße durch Interpolation zwischen den Koordinatenpunkten eingezeichnet werden.

Schließlich sind die funktionellen Zusammenhänge zwischen den Größen Fließfaktor  $a$  und Tr sowie  $\tau_0$ , Tr und  $\rho$  durch Errechnung der entsprechenden Regressionsfunktionen und ihrer Bestimmtheitsmaße quantifiziert worden. Inwieweit im Kanal gemessene  $\tau_0$ -Werte mit den an Proben bestimmten identisch sind, wurde mit Hilfe von paarigen t-Tests überprüft.

#### 5. Versuchsergebnisse

##### 5.1. Fließkanäle im Milchviehbindestall

In dem Versuchstall wurden Standflächen, Roste, Gänge und auch Tiere etwa wöchentlich mit einem Wasseraufwand von 1,8 bis 7,5 m<sup>3</sup> je

Kanal gereinigt. Das entsprach einem täglichen Wasserzusatz von 12 bis 22 l/Tier, der den gezielten Wasserzusatz teilweise überschritt. Bei den Anstauvarianten wurde während der Anstauperiode jedoch kein Reinigungswasser zugesetzt. Die nachfolgenden Ergebnisse sind dadurch beeinflusst.

### 5.1.1. Kanäle mit kontinuierlichem Ablauf

- Im Beispielkanal 2 (Bild 3) ohne gezielten Wasserzusatz wuchs die Güllehöhe stetig an, bis sie während der Stallreinigung durch Abspülung wieder abgesenkt wurde. Daß es sich um eine reine Abspülung handelt, ist an den vom Wasserzusatz unabhängigen Tr-Gehalten und Fließfaktoren erkennbar.
- In Kanälen mit 10 cm hohem Grundwehr am Kanalbeginn ergeben sich keine signifikant anderen Tendenzen.
- Bei zweimal täglichem Wasserzusatz von 5 l/Tier über die Rieselleitung wichen Güllehöhenverlauf, Tr-Gehalt und Fließfaktor der Gülle nicht von der Nullvariante ab (Bild 4). Durch die Wasserberieselung kommt es zu keinem „Verflüssigungseffekt“ der Gülle im Kanal.
- Am Kanalende in Sohlennähe zugesetzte Flüssigkeit trat bei allen Varianten kurz nach der Zugabe 3 bis 5 m vom Kanalablauf aus der Gülle aus. Bei einem Wasserzusatz bis 40% des Kot- und Harnvolumens war keine Güllehöhenreduzierung erreichbar.

### 5.1.2. Kanäle mit Anstau

- Durch die Abspülungen während der Reinigung betrug das Restgüllevolumen vor dem Anstau immer rd. 4,5 m<sup>3</sup>. Während des siebentägigen Anstaus gelangten 9 bis 12 m<sup>3</sup> Kot und Harn sowie das gezielte Spülwasser von 0 bis 47% des Kot- und Harnvolumens am Kanalende in Sohlennähe hinzu.
- Wurde ohne Wasserzusatz angestaut und nach 7 Tagen abgelassen, liefen etwa 60% des in der Stauzeit in den Kanal gelangten Kotes und Harns ab. Je 10% Wasserzusatz erhöhte sich dieser Anteil nur um jeweils rd. 6%. Der größte Kot- und Harnablauf wird bei den Varianten mit Wasserzugabe beim Ablassen erreicht. Die Höhe der Restgülle am Kanalende verringerte sich jedoch nur um maximal 10 cm.
- Qualitativ war beim Anstau reiner Kot-Harn-Gemische in der Nähe des Stauschiebers eine Ansammlung des Harns unter einer dünnen Schwimmschicht festzustellen. Bei Zusatz von Wasser dehnte sich die Zone niedrigviskoser Flüssigkeit am Kanalbeginn aus.
- Das Güllegemisch, das nach dem Ablassen im Endbereich des Kanals verblieb, wies keine signifikanten Veränderungen des Tr-Gehalts und der Fließgrenze in Abhängigkeit von der Höhe des Wasserzusatzes auf (Bild 5).
- Die Abspülwirkung durch das auf die Gülleoberfläche gelangende Reinigungswasser war sehr gering. Das Volumenverhältnis zwischen Reinigungswasser und abgespülter Gülle betrug 0,8:1 bis 5,7:1, wobei der Quotient mit abnehmender Güllestapelhöhe stark anstieg.

### 5.2. Fließkanäle im Milchviehlaufstall

Im Gegensatz zum Anbindestall gelangte im Laufstall während der fast einjährigen Meßperiode Fremdwasser nur in Höhe von  $\leq 10$  l/d in jeden Kanal. Es erfolgte lediglich eine Reinigung mit dem Reinigungsgerät M 806, bei

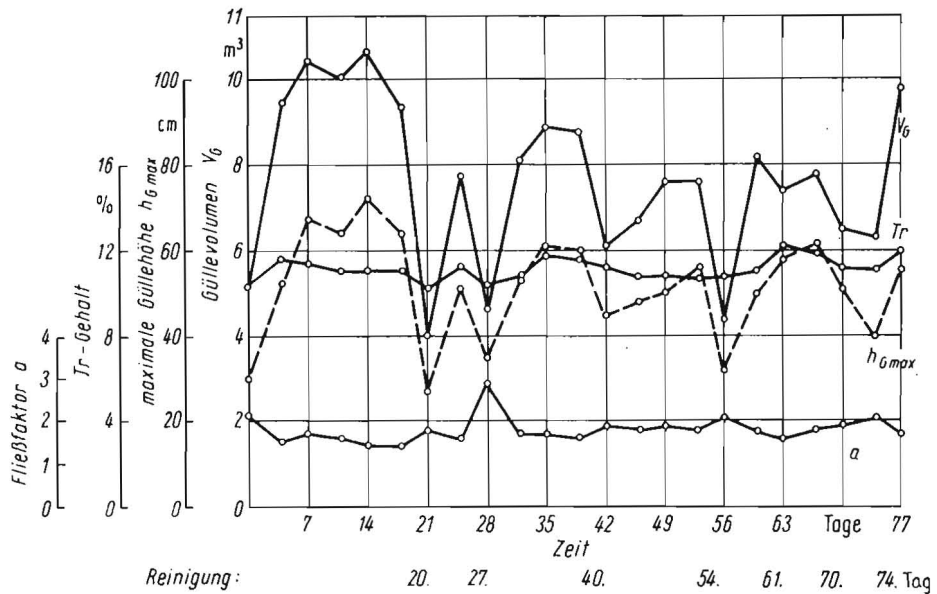


Bild 3. Kenngrößenverlauf im Kanal 2 des Anbindestalls

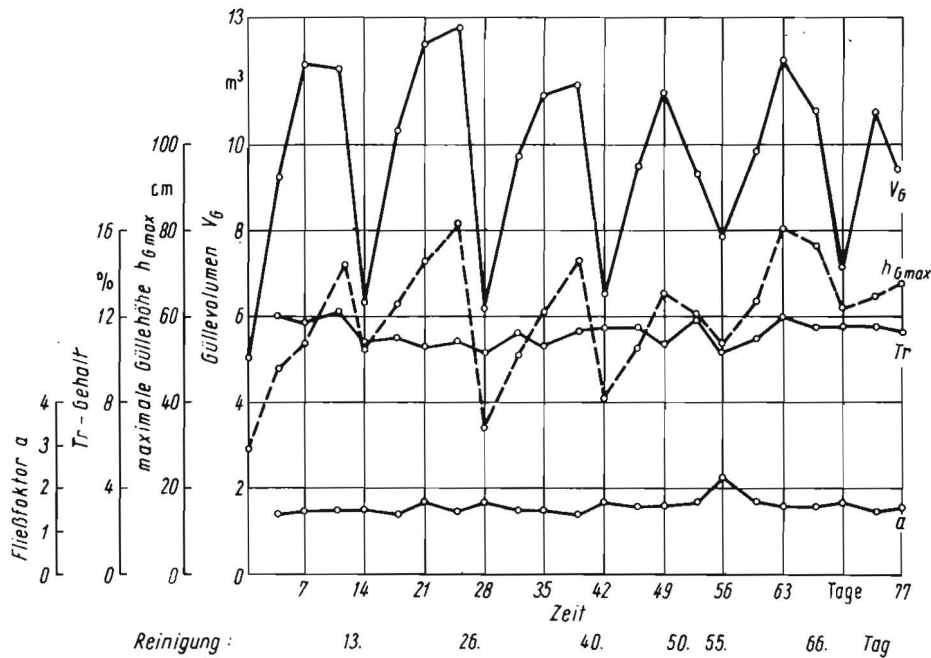


Bild 4. Kenngrößenverlauf im Kanal 1 des Anbindestalls

der der Wasserzusatz während einer Schicht 2,5 m<sup>3</sup>/h betrug.

Die mittleren Tr-Gehalte und Dichten von Kotproben, die an 10 bis 16 dem jeweiligen Kanal zugeordneten Tieren aufgefangen wurden, lagen mit  $\bar{Tr} = 13,90\%$  und  $\bar{\rho} = 1001 \text{ kg/m}^3$  in den in der Literatur angegebenen Bereichen [9].

Stichprobenmessungen an Harn ergaben  $\bar{Tr} = 3,17\%$  und  $\bar{\rho} = 1019 \text{ kg/m}^3$ . Das in den Kanal gelangende Kot-Harn-Gemisch hatte unter Berücksichtigung der Volumenanteile einen Tr-Gehalt von rd. 11%. Schwankungen der Kennwertigenschaften in Abhängigkeit von den Einflüssen auf das Tier konnten im Praxisexperiment noch nicht nachgewiesen werden. Der Meßbereich des Fließgrenzenmeßgeräts war bei Kot teilweise überschritten, weshalb nur eine näherungsweise Kotfließgrenze von rd. 350 N/m<sup>2</sup> angegeben werden kann.

### 5.2.1. Güllespiegelverläufe

- Während der fast einjährigen Messungen wurde eine maximale Güllehöhe  $h_{G \max} = 0,7 \text{ m}$  in Kanalmitte nicht überschritten. In Abhängigkeit von den unterschiedlichen Kanalbreiten ergaben sich keine signifikant verschiedenen Güllehöhen. Die Wasserberieselung mit einem Zusatz von 10 l/Tier · d in die Kanäle 1 und 2 wirkte sich auf die Güllespiegelverläufe ebenfalls nicht nachweisbar aus (Bild 6).
- In den Kanälen mit einer nutzbaren Kanal Tiefe  $H_N = 1,0 \text{ m}$  war die Funktion des Gülleabflusses gewährleistet. Lediglich in den Kanälen an den Futterkrippen kam es an der Krippenseite zu Futterrestanhäufungen, die nach etwa einem Jahr Betriebszeit der Kanäle beseitigt werden mußten.
- Die täglichen Schwankungen der Güllehöhe im Kanal waren gering, d. h., es handelt sich um keinen periodischen Gülleablauf. Die



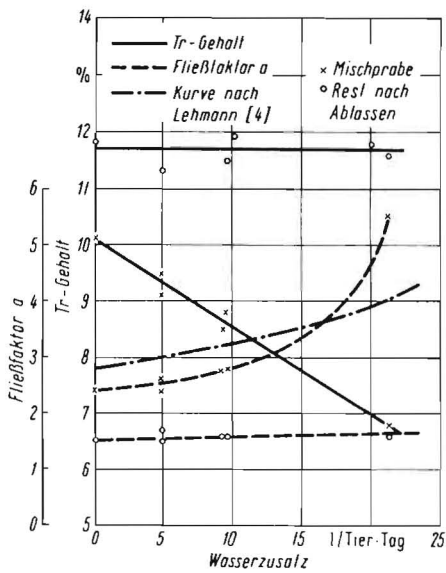


Bild 5. Fließfaktoren und Tr-Gehalte von Güllemisch aus angestauten Kanälen und der nach dem Ablassen im Kanal verbleibenden Gülle

wöchentlichen Mittelwerte der maximalen Güllehöhe und des Güllevolumens wiesen in allen Kanälen etwa identische Schwankungen auf. Wegen der kurzzeitigen Einflußgrößenveränderungen und langen Reaktionszeit des Fließkanals kommt es zu Verschiebungen, die sich in Differenzen der maximalen Güllehöhe zwischen den Kanälen um 15 cm zum gleichen Zeitpunkt ausdrücken.

### 5.2.2. Kennwertprofile im Fließkanal

Bei der Abarbeitung der Punkte 1 bis 6 des Verrechnungsplans (Bild 2), die die varianzanalytische Untersuchung der im Kanal gemessenen  $\tau_0$ -Werte betreffen, ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Bei gleichem Güllespiegelverlauf bestehen zwischen  $\tau_0$ -Werten, die an den gleichen Koordinatenpunkten in den Kanälen 1 oder 4 gemessen wurden, keine signifikanten Unterschiede.
- Unter der Voraussetzung gleichen Güllespiegelverlaufs unterscheiden sich  $\tau_0$ -Werte im Kanal mit und ohne gezielten Wasserzusatz an keinem Koordinatenpunkt gesichert voneinander.
- An einigen Koordinatenpunkten sind  $\tau_0$ -Werte, die in Kanälen mit zum Meßzeitpunkt verschiedener Güllehöhe gemessen wurden, auch signifikant verschieden.

- Die  $\tau_0$ -Werte mit gleicher Längenkoordinate unterscheiden sich bei gleicher Güllehöhe in einigen Fällen nur, wenn sie verschiedene Höhenkoordinaten haben. Die Differenzen der Fließgrenzenkennwerte über die Kanalbreite sind größer als der Meßfehler, d. h. über die Kanalbreite liegt Inkonzanz der Fließeigenschaften vor. Jedoch gibt es keine Breitenkoordinate, an der kleine bzw. große Werte bevorzugt auftreten. Damit ist es möglich, alle in der Breitenkoordinate gemessenen Werte als Wiederholungen zu werten.
- Die  $\tau_0$ -Werte mit identischer Höhenkoordinate sind nicht gleich. Für einige Werte mit verschiedenen Längen-, aber gleichen Höhenkoordinaten lassen sich ebenfalls gesicherte Unterschiede nachweisen.

Auf Erläuterungen zu den Punkten 6 bis 9 des Verrechnungsplans (Bild 2) soll verzichtet werden, da der Inhalt dieser Schritte durch die grafisch dargestellten Kennwertprofile (Bilder 7 bis 9) sehr anschaulich dargestellt worden ist. Es handelt sich hier um die  $\tau_0$ -, Tr- und  $\rho$ -Profile in Fließkanälen mit den zufällig angetroffenen Güllehöhen  $h_{G \max} = 40$  cm und  $h_{G \max} = 50$  cm am Kanalende.

### 6. Zusammenhänge zwischen den Stoffkennwerten

Zwischen dem im Schüttkegelversuch ermittelten Fließfaktor a und dem Tr-Gehalt von Gülle oder Kot gibt es nur einen groben Zusammenhang. Im Gegensatz zu der von Lehmann [4] angegebenen Beziehung

$$a = 21,9 \text{ Tr}^{-0,8918}; B = 0,78 \quad (2)$$

wurde an 231 Proben aus dem Anbindestall die Beziehung

$$a = 42,2 \text{ Tr}^{-1,3000}; B = 0,58 \quad (3)$$

ermittelt. Der anfangs vermutete Verflüssigungseffekt durch Wasserzusatz kommt im Bild 10 zum Ausdruck. Wird Kot mit Wasser verdünnt, fällt die Fließgrenze im Tr-Bereich von 15 bis 10% sehr stark exponentiell ab. Die funktionelle Abhängigkeit ist hoch gesichert.  $\tau_0$ - und Tr-Werte, die im Kanal bzw. an Proben aus dem Kanal ermittelt wurden, korrelieren jedoch nicht. Das ist auch nicht überraschend, wenn man die unterschiedliche Tendenz der  $\tau_0$ - und Tr-Verläufe im Fließkanal betrachtet (Bilder 7 und 8). Damit ist bewiesen, daß die Fließeigenschaften von Gülle der gleichen Tierart nicht nur vom Tr-Gehalt abhängen.

Einen relativ eindeutigen Zusammenhang gibt es aber zwischen Tr- und  $\rho$ -Werten. Im Tr-Bereich von 10 bis 30% kann für Gülle aus dem Fließkanal mit einem linearen Dichtean-

stieg als Funktion des Tr-Gehalts gerechnet werden:

$$\rho = 930 + 820 \text{ Tr}; B = 0,74 \quad (4)$$

Direkt im Kanal gemessene  $\tau_0$ -Werte waren mit den an Proben ermittelten nicht identisch. Bei den Abweichungen der Werte gab es keine Gesetzmäßigkeiten. Das ist erfahrungsgemäß auf die subjektiven Beeinflussungen bei der Probenentnahme und -behandlung zurückzuführen und begründet den eingeschlagenen Weg der Fließeigenschaftsmessung direkt im Kanal.

### 7. Diskussion der Ergebnisse

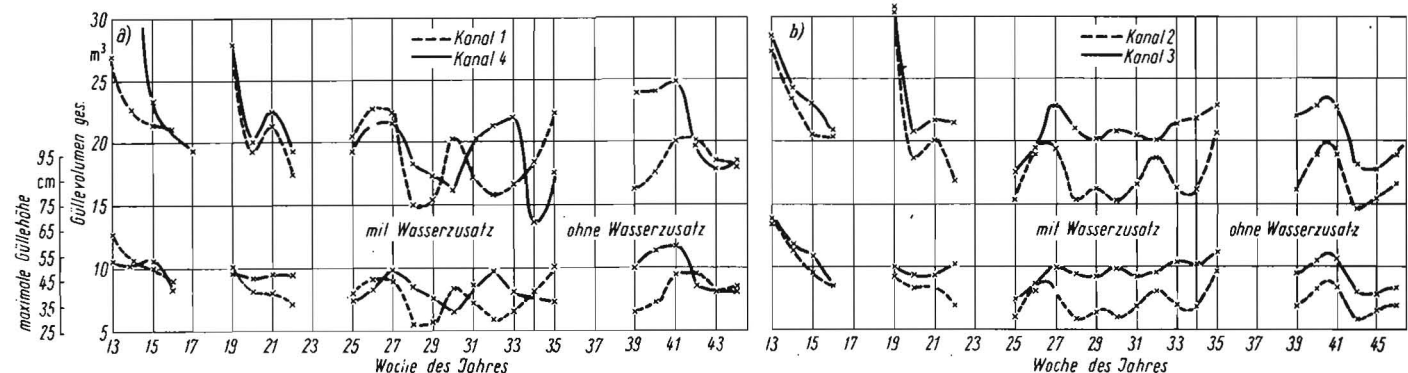
Mit Hilfe der erstmals quantifizierten und grafisch dargestellten Inhomogenität der Gülleigenschaften im Fließkanal und der Zusammenhänge zwischen den Stoffkenngrößen läßt sich der Fließvorgang der Gülle besser als bisher deuten. Trotz fehlender Fließgeschwindigkeitsprofile kann die Ablaufbewegung sehr gut aus dem Fließgrenzenprofil abgeleitet werden, denn die Bereiche geringer Fließgrenze werden die bevorzugten Fließzonen sein. Da für beide Güllehöhen die Tendenzen des  $\tau_0$ -Verlaufs gleich sind, nur im Kanal mit größerer Güllehöhe das Wertenniveau folgerichtig höher liegt, kommt ein generelles Funktionsprinzip zum Ausdruck, das nachfolgend erläutert und begründet wird:

Im hinteren Kanaldrittel steigen die Linien geringer Fließgrenze in Richtung Kanalablauf an (Bild 7). Ein Abgleiten des hinzufallenden hochviskosen Materials auf den unteren Schichten ist somit nicht wahrscheinlich. Vielmehr sinkt die Gülle im hinteren Kanaldrittel unter dem Druck des hinzufallenden Materials nach unten, verbessert dabei trotz zunehmenden Tr-Gehalts seine Fließeigenschaften und wird in Richtung Kanalablauf ansteigend herausgedrückt.

Durch Vergleich der Dichtelinien (Bild 9) mit der gemessenen Harndichte wird deutlich, daß im hinteren Kanalbereich keine Trennung von Kot und Harn durch Dichteunterschiede eintritt. Durch die Berührung von Kot und Harn setzt eine verstärkte Gärung ein [10], die offensichtlich die Fließfähigkeitsverbesserung und eine Dichteverringering bewirkt. Daraus erklärt sich auch die Aufwärtsbewegung der Gülle. Im Kanal mit größerer Güllehöhe zeigen höhere  $\tau_0$ - und Tr-Werte im unteren, hinteren Kanaldrittel einen geringeren Harnanteil und verminderte Reaktionen mit fließfähigkeitsfördernder Wirkung an.

Relativ gut fließfähige Gülle aus dem letzten Kanaldrittel, die etwa bei der halben Kanallänge dicht unter die Gülleoberfläche gelangt ist, vermischt sich in der ersten Kanalhälfte mit

Bild 6. Wochenmittel der maximalen Güllehöhen und der Gesamtgüllevolumina a) in den Kanälen 1 und 4; b) in den Kanälen 2 und 3



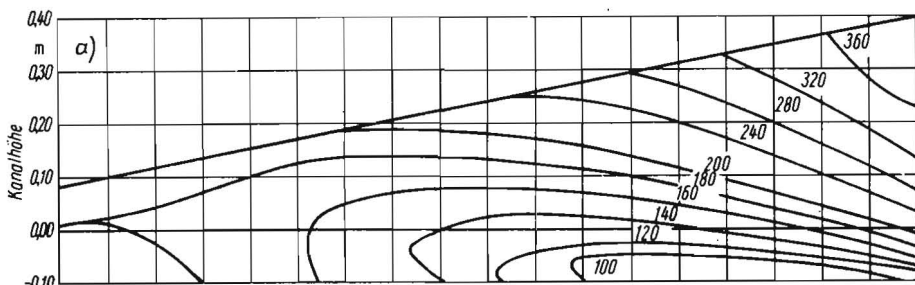


Bild 7. Linien gleicher Fließgrenze (in  $N/m^2$ ) in Güllesammelkanälen des AP MVA 616  
a) maximale Güllehöhe 50 cm  $\pm$  3 cm  
b) maximale Güllehöhe 40 cm  $\pm$  3 cm

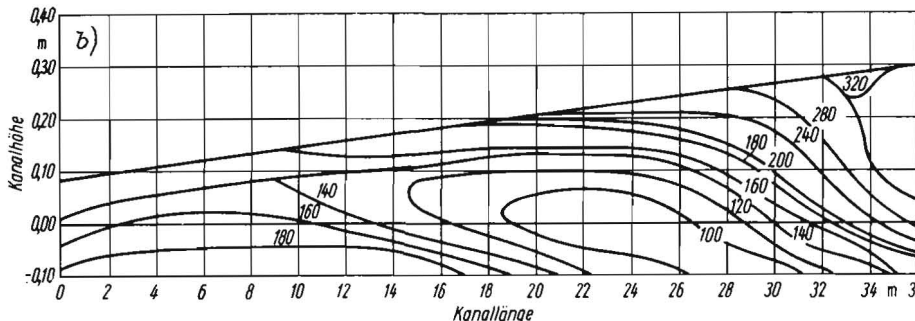
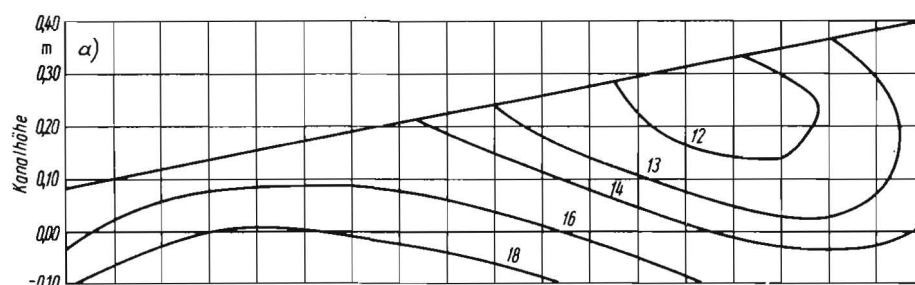
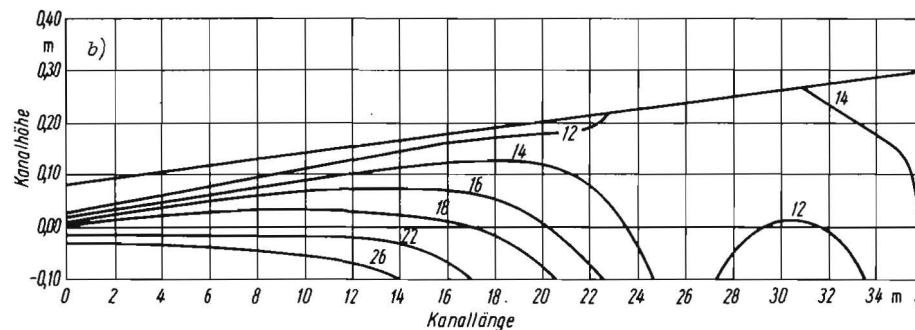


Bild 8. Linien gleichen Tr-Gehalts (in %) in Güllesammelkanälen des AP MVA 616  
a) maximale Güllehöhe 50 cm  $\pm$  3 cm  
b) maximale Güllehöhe 40 cm  $\pm$  3 cm

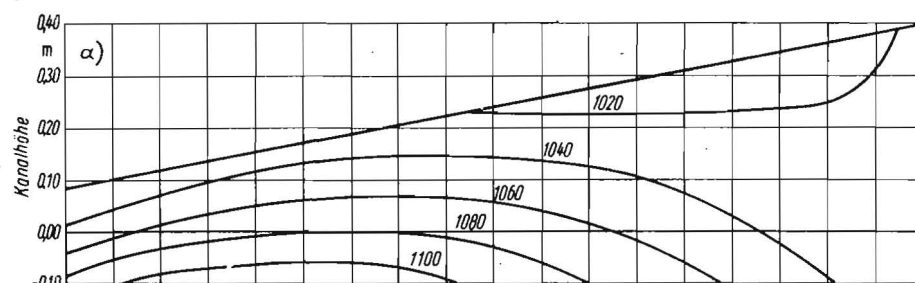
Bild 9. Linien gleicher Dichte (in  $kg/m^3$ ) in Güllesammelkanälen des AP MVA 616  
a) maximale Güllehöhe 50 cm  $\pm$  3 cm  
b) maximale Güllehöhe 40 cm  $\pm$  3 cm



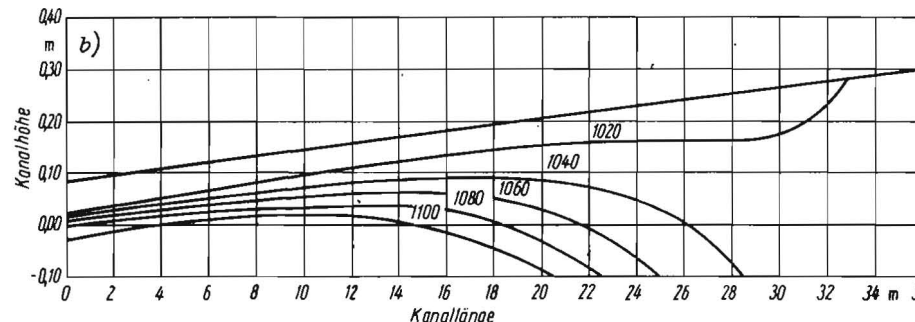
einem Teil des dort zufließenden Harns und dient mit ihm als „Schmiermittel“ zwischen den unterschiedlich fließfähigen Kotbrocken. Durch die Wirkung von Kohäsionskräften bildet der Kot relativ feste „Inseln“, die wegen ihrer geringen Dichte in den oberen Schichten schwimmen. Der Harn fließt zwischen den Kotinseln hindurch, trieb diese vorwärts, trägt aber auch zu Aussonderung schwerer Güllebestandteile im Anfangsbereich des Kanals bei. Die Sedimentation ist hier besonders groß, da sich bei Abnahme des Fließquerschnitts der Volumendurchsatz erhöht.



Ein stetiges Anwachsen der Sedimentschicht ist nicht feststellbar. Ausgefällte Güllebestandteile werden von den relativ schnell darüber hinwegfließenden oberen Schichten immer wieder abgetragen. Dies ist möglich, da die Sedimente trotz sehr hoher Tr-Gehalte eine bessere Fließfähigkeit als Kot haben. Durch stark unterschiedliche Koteigenschaften, die trotz der dargestellten charakteristischen Veränderungen im Kanal nicht restlos verschwinden, bilden sich in der Breitenkoordinate stets wechselnde bevorzugte Fließzonen heraus. Je kleiner die relativ festen „Kotinseln“ im Verhältnis zur Kanalbreite sind, um so schneller fließt die Gülle insgesamt, da dann eine größere Anzahl von Gleitzonen in der Breitenkoordinate existiert. Deshalb ist die Güllehöhe in breiteren Kanälen auch geringer. Größer kann sie nur dann sein, wenn durch höhere Volumendurchsätze je Kanalbreite die Fließwiderstände erhöht und die zeitabhängigen fließfähigkeitsfördernden Reaktionen vermindert werden.



Die Unwirksamkeit des Wasserzusatzes läßt sich anhand der  $\rho$ - und Tr-Verläufe erklären (Bilder 8 und 9). Die in Fließrichtung zunehmenden Tr-Gehalte, die größere Werte als die von Kot haben, zeigen an, daß nicht nur der Kot keinen Harn aufnimmt, sondern der Kot sogar teilweise „entwässert“ wird. Da schon der Harn gesondert abfließt bzw. eine deutliche Schichtung zwischen Kot und Harn eintritt, wie das im angestauten Kanal des Anbindestalls zu erkennen war, kommt es auch zu keiner selbständigen Vermischung von Kot und Wasser. An den Dichtelinien (Bild 9) läßt sich ablesen, daß Wasser mit  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  auch bei Zuführung in der Nähe der Kanalsohle dicht unter die Gülleoberfläche wandert. Dort läuft es in erkennbaren Rinnsalen ab, wobei nur feindisperse Gülleteilchen abgeschwemmt werden und schlecht fließfähige Bestandteile zurückbleiben.



### 8. Zusammenfassung

Aufbauend auf einer Analyse der Einflußfaktoren auf die Güllehöhe in Fließkanälen wurde in einem Milchviehanbinde- und -laufstall die Beeinflussbarkeit des Fließvorgangs durch einen gezielten Wasserzusatz untersucht. Mit konventionellen Meßmethoden konnte nachgewiesen werden, daß ein Wasserzusatz bis

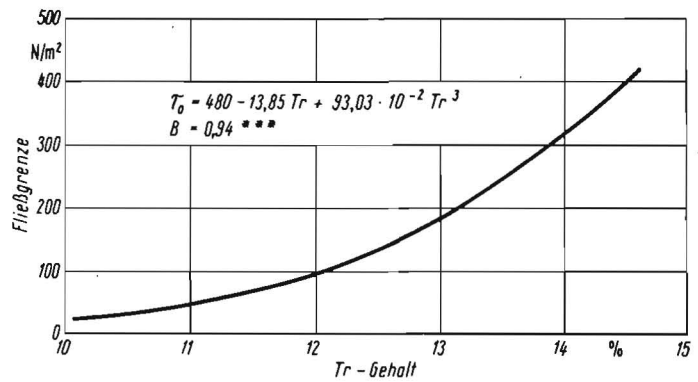
10 l/Tier · d ohne zwangsweise Vermischung des Wassers mit der Gülle im Kanal zu keiner signifikanten Verringerung der Güllehöhe führt.

Als Grundlage zur genaueren Vorausberechnung der erforderlichen Kanaltiefe, bei der keine Eingriffe in den selbsttätigen Gülleabfluß notwendig sind, bzw. zur Erarbeitung geeigneter Prinzipien für die Verbesserung der Fließfähigkeit der Gülle wurde der Funktionsmechanismus der Schwerkraftförderung im Fließkanal genauer analysiert. Erstmals sind dazu Fließgrenze, Trockensubstanzgehalt und Dichte der Gülle im Kanal systematisch aufgenommen und die charakteristischen Kennwertverteilungsprofile grafisch dargestellt worden. Die Ergebnisse beweisen die volle Funktionsfähigkeit von Fließkanälen im Laufstall. Der Kot erlangt dabei nicht in erster Linie durch Abnahme des Tr-Gehalts infolge Kot- und Harnvermischung, sondern durch alterungsbedingte Gärungsvorgänge die erforderliche Fließfähigkeit.

#### Literatur

- [1] Koriath, H. u. a.: Güllewirtschaft — Gülledüngung. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1975.
- [2] Schulze, I.; Hübner, U.: Richtwerte für Aufwendungen und Kosten der Entmistung und Haltung in industriemäßigen Milchproduktionsanlagen. agrartechnik 28 (1978) H. 4, S. 163—165.
- [3] Schemel, H.: Entwicklungsstand und -trend der Einrichtungen zur Abführung von Gülle aus Rinder- und Schweineställen. Universität

Bild 10  
Fließgrenze als Funktion des Tr-Gehalts für Kot und Verdünnungsstufen



- Rostock, Sektion Landtechnik, Literaturstudie 1972.
- [4] Lehmann, R.: Untersuchungen zur Fließgrenze der Rindergülle. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation 1970.
  - [5] Lommatzsch, R.; Schmorl, G.: Praktische Erfahrungen mit der Fließkanalentmischung in Rinderanbindeställen. Dt. Agrartechnik 19 (1969) H. 7, S. 316—318.
  - [6] Schemel, H.; Hörnig, G.: Zur Fließgrenze von Gülle und ihrer Bestimmung. agrartechnik 26 (1976) H. 7, S. 327—330.
  - [7] Schemel, H.: Beitrag zum Fließvorgang nicht-linearplastischer Medien in offenen, gefällelosen Gerinnen am Beispiel von Fließkanälen in Milchviehställen. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1977.
  - [8] Baganz, K.; Hübner, D.: Rechenprogramm

- (FORTRAN 4200) für Kennwertprofilardarstellung. Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim.
- [9] Normative über den Gülleabfall und die Gülleigenschaften in Anlagen der industriemäßigen Tierproduktion... Katalog der Normative. Institut für Düngungsforschung Leipzig/Potsdam, Forschungsbericht 1977.
  - [10] Lommatzsch, R.: Rheologische Untersuchungen an Rindergülle als Beitrag zur Mechanisierung der Güllewirtschaft. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation 1969. A 2164

## Mehrgeschossiger Kompaktbau für die Schweinezucht und -mast in der Estnischen SSR<sup>1)</sup>

Die kompakte mehrgeschossige Experimentalanlage des Kombinats für Schweineproduktion „Ju. Gagarin“ im Wiljamsker Gebiet wurde in zwei Ausbaustufen von der Zwischengenossenschaftlichen Bauorganisation Wiljamsk in der Zeit von 1971 bis 1976 errichtet.

Die Bausubstanz des Kombinats besteht aus einer eingeschossigen Reproduktionsanlage in Kompaktbauweise mit den Maßen 195 400 mm × 90 000 mm, die in 29 Sektionen untergliedert ist (Bild 1), und dem 6geschossigen Maststallgebäude mit den Maßen 72 000 mm × 88 800 mm mit 36 Sektionen (Bild 2).

Ein Verbinder vereinigt beide Gebäude. In der Perspektive ist vorgesehen, dem Komplex eine Zuchtabteilung anzugliedern. Dieses Gebäude soll auch ein Kesselhaus, die Ersatzelektroversorgungsanlage und Garagen enthalten. Die Anlagensicherung nach außen und die Vorkehrungen für das Betreten der Anlage entsprechen den auch in der DDR üblichen baulichen Maßnahmen und Vorstellungen.

Über Durchfahrverbinder für Elektrokarren sind die einzelnen Gebäudesektionen miteinander verbunden, wobei die Möglichkeit der Isolierung der einzelnen Sektionen gegeben ist. Mit der gefundenen baulichen Lösung wurde erheblich weniger Fläche beansprucht als bei der Pavillonbauweise. Die Kompaktbauweise erleichtert die technische Betreuung der Anlage, vereinfacht die Produktionsorganisation und gestaltet den Ablauf der Produktion übersichtlicher.

Die Produktionshauptgebäude bestehen aus

Stahlbetonskeletten. Die eingeschossige Reproduktionsabteilung ist ein Stahlbetonskelett-Montagebau. Die Tragkonstruktion des mehrgeschossigen Maststallgebäudes besteht aus Skeletteilen des Industriebaus. Die Außenwände wurden aus Gasbetonplatten und die Innenwände aus Ziegeln errichtet. Die belüfteten Verbunddachschalen sind wärmegeklämt. Im ersten Geschoß des Maststallgebäudes und in der eingeschossigen Reproduktionsabteilung wurde der Fußboden sorgfältig isoliert und wärmegeklämt.

Die Tiere sind einstreulos aufgestellt. Bei der Ausführung der Etagendecken des Maststallgebäudes wurde die gewählte Fließmisttechnologie mit den dazu notwendigen Güllekanälen berücksichtigt. Die Geschoßhöhen betragen somit 3 600 mm.

Die Güllekanäle sind durch den Einbau von 2 Schichten Bitumenmastikisolation auf eine Zementschlämmisolation wasserdicht ausgeführt. Die Innenflächen der Kanäle wurden zusätzlich mit einer PVC-Schicht von 6 mm Dicke umkleidet.

Für die Belichtung der eingeschossigen Reproduktionsabteilung wurden 2schichtige Kuppeln aus organischem Glas gewählt. 428 derartige Oberlichtkuppeln kamen auf dem Dach des eingeschossigen Kompaktbaus zum Einsatz. Die Produktionsabschnitte für Jung- und Mastschweine im mehrgeschossigen Kompaktbau sind fensterlos.

Für die Heizung und Lüftung der Produktionsgebäude wurden in allen Sektionen unabhängig voneinander arbeitende Systeme mit auto-

matischer außentemperaturabhängiger Regelung eingebaut.

Die Sommerlüftungsrate übersteigt die des Winters um das 3fache. 70 % der Luft wird über den Fußboden, 30 % über Öffnungen in Abluftkanälen in Höhe der Güllekanäle abgeführt. Frischluft tritt über Rohrleitungen an der Deckenunterseite ein. Als Heizmedium der Luft dient Wasserdampf. Die Abluft aus der Reproduktionsabteilung wird durch Dachentlüfter entfernt. Die Anlagen für Zuluftaufbereitung (Erwärmung) sowie die zentralen Zuleitungen befinden sich in der 2. Etage des zentralen Verbindungsgangs im Kompaktbau der Reproduktionsabteilung. Die Lüftungsaggregate für den Maststall sind im Anbau des Futterhausblocks untergebracht, um den Lärm im Mastkomplex zu vermindern. Die Luftförderkanäle im Maststall befinden sich im Raum zwischen den jeweiligen Zwischen- und Etagendecken.

Das eingesetzte Mischfutter wird angefahren. Für Notfälle lagert eine 2wöchige Futterreserve in Futtertürmen, die der Anlage zugeordnet sind. Aus den Zwischenbunkern gelangt das Futter mit Hilfe mechanischer Fördermittel zum Maststallgebäude. Hier wird die Verteilung von einem zentralen Pult gesteuert.

Im Reproduktionsgebäude wird die Schwerkraftentmischung für die Gülleentfernung angewendet. In den Abteilen der hochtragenden und säugenden Sauen sind Schrapper für Unterflurbetrieb im Einsatz. Bewirtschaftet werden die Stallabschnitte nach dem Rein-Raus-Prinzip.