

# Fest-Flüssig-Trennung von Gülle mit der Bürstensiebschnecke

Dr.-Ing. W. Reimann, KDT, Institut für Düngungsforschung Leipzig/Potsdam der AdL der DDR  
 Dipl.-Ing. K.-H. Joch, KDT/Dipl.-Ing. R. Müller  
 VEB Kombinat Rationalisierungsmittel Pflanzenproduktion Sangerhausen

Die verwendete Bürstensiebschnecke ist ein Trogschneckenförderer mit den Grundabmessungen des Typs A250 × 4500 (Schneckendurchmesser 250 mm, Schneckenlänge 4500 mm). Der Trogboden ist mit Siebsegmenten aus nichtrostendem Stahl ausgelegt. Am äußeren Durchmesser der im Trog eingebauten Förderschnecke befinden sich elastische Abstreichelemente (Bilder 1 und 2). Die Gülle wird am Einlaufstutzen dem Trog zugeführt und mit Hilfe der Förderschnecke bei gleichzeitiger Abscheidung der flüssigen Phase durch die Sieböffnungen zum Feststoffaustrag transportiert. Die flüssige Phase wird mit Hilfe einer sich unterhalb der Siebfläche befindenden Auffangwanne mit Ablaufstutzen abgeführt. Neben der kontinuierlichen Siebreinigung bewirkt die spezielle Anordnung der Abstreichelemente eine Erhöhung bzw. Verminderung der Fördergeschwindigkeit und damit eine Veränderung der Verweilzeit des Feststoffs im Trennaggregat. Bei einer Antriebsleistung des Aggregats von 2,2 kW beträgt der Durchsatz in Abhängigkeit von der Gülleart und den Einsatzbedingungen bis zu 65 m<sup>3</sup>/h.

## Verfahrenstechnische Einsatzbedingungen

Die Bürstensiebschnecke wird als Trennaggregat zur Abtrennung von Feststoffen aus Rinder- und Schweinegülle eingesetzt. Sie gehört zur Gruppe der Siebtrennaggregate und weist somit deren relativ geringen Abscheidegrad auf.

Die Einsatzbedingungen sind in Schweinemastanlagen mit Spül- oder Fließkanalentmischung, in Schweinezuchtanlagen sowie in Rindermastanlagen gegeben. In diesen Anlagentypen wurden die erforderlichen Untersuchungen durchgeführt. Der Einsatz in weiteren Anlagenbereichen steht noch aus. Die Aufstellung der Bürstensiebschnecke bedingt einen umbauten Raum bei gleichzeitiger Ausschaltung der Frostgefahr sowie ausreichender Be- und Entlüftung zur Einhaltung der erforderlichen Werte der maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Werte) von Schadgasen. Eine Freiluftaufstellung des Aggregats erfordert durch witterungsbedingte Einsatzbeschränkungen Mehraufwendungen für die Inbetriebnahme bei Frost. Die Bürstensiebschnecke ist aus trenntechnischer Sicht mit dem in der Güllewirtschaft bereits bekannten Bogensieb mit Vibrator vergleich-

bar. Für die Bürstensiebschnecke ergeben sich bei ihrem Einsatz jedoch Vorteile, die durch folgende Punkte gekennzeichnet sind:

- Möglichkeit der Reduzierung des umbauten Raums
- Senkung des Energieverbrauchs für Heizung und Lüftung
- Erhöhung der Funktionssicherheit des Aggregats durch eine bessere Anpassung an

die Zuführbedingungen der Gülle  
 – Verbesserung der Arbeitsbedingungen für das Bedienpersonal durch ein weitestgehend geschlossenes gülleführendes System.

Beim Einsatz des Bogensiebs ergeben sich nur noch Vorteile bei einer Freiluftaufstellung entsprechend den standortlichen Gegebenheiten sowie durch die einfache Bauform des Aggregats ohne Verwendung

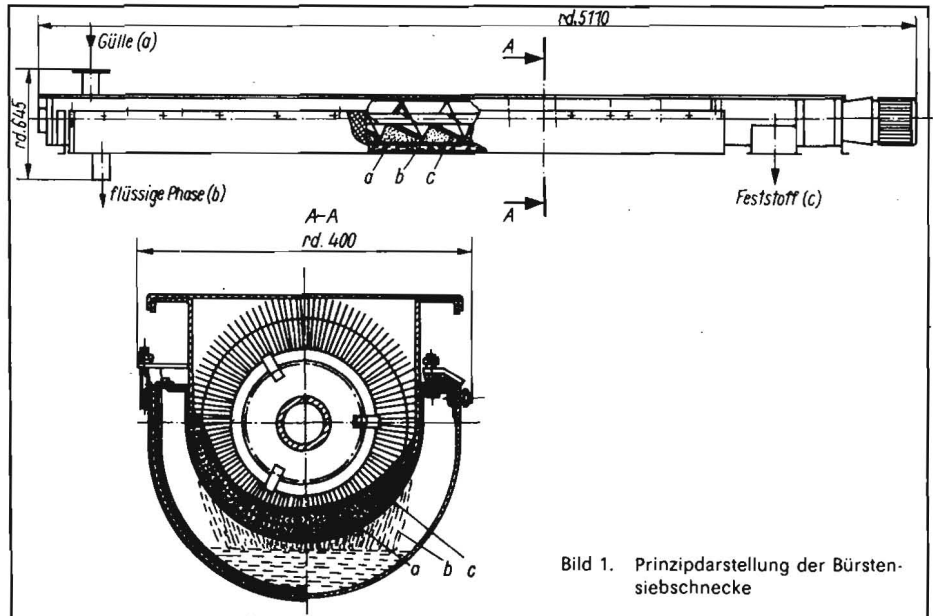


Bild 1. Prinzipdarstellung der Bürstensiebschnecke

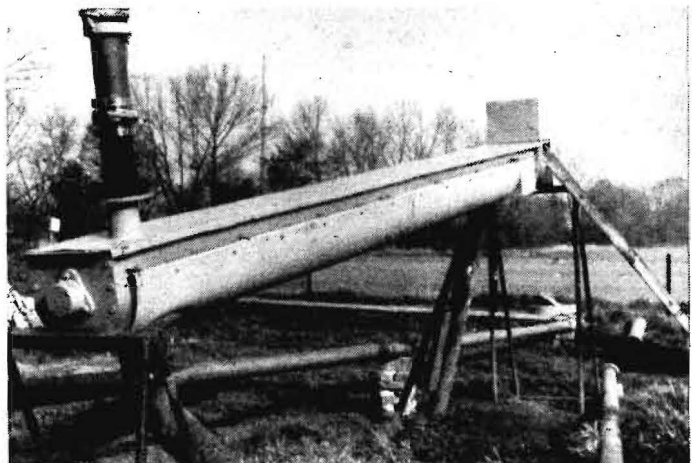


Bild 2  
 Versuchsaufbau zur Fest-Flüssig-Trennung von Gülle mit der Bürstensiebschnecke

Fortsetzung von Seite 28

richtungen mit Mikrorechnersystemen gekoppelt werden.

## Literatur

- [1] Rösse, D.: Ausgewählte Empfehlungen zum rationalen Einsatz von Energie und Material in der Tierproduktion. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 5, S. 224–227.
- [2] Lübcke, J.; Peukert, S.: Einsatzprobleme von Sensoren in der experimentellen Agrarforschung. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 6, S. 268–270.

- [3] Hömke, R.: Untersuchung zur Kauschlaghäufigkeit bei der Aufstellung mit Grabnerkette. IH Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1983 (unveröffentlicht).
- [4] Börnert, D.: Leitfaden der Biotelemetrie. Jena: Gustav Fischer Verlag 1974.
- [5] Stornowski, K.: Entwicklung und Aufbau eines induktiven Meßfühlers für die automatische Steuerung von Stallarbeitsmaschinen. IH Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1984 (unveröffentlicht).
- [6] Rosenberg, W.: Drahtlose Meß- und Steuerungssignalübertragung bei fahrbaren Landmaschinen. IH Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1984 (unveröffentlicht).

- [7] Rosenberg, W.; Oertel, M.; Mitzinger, J.: Telemetrische Messung von Kettenzugkräften. IH Berlin-Wartenberg, Abschlußbericht 1981 (unveröffentlicht).
- [8] Rasniewski, H.; Wilhelm, R.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen mit Förderketten des Rohrkettenförderers. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 10, S. 457–458.
- [9] Hempel, T.: Entwicklung und Aufbau eines Gerätes für drahtlose Meßwertübertragung in Anlagen der Tierproduktion. IH Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1984 (unveröffentlicht).

drehbarer und damit wartungsintensiver Teile. Im Gülleaufbereitungsverfahren stellt der Einsatz der Bürstensiabschnecke, wie der jedes anderen Trennaggregats, einen zusätzlichen technologischen Abschnitt dar, der deshalb einen Mehraufwand an Bedienung, Wartung und Pflege erfordert.

### Einsatzbereiche der Bürstensiabschnecke

Aus den bisherigen Untersuchungsergebnissen leiten sich folgende Einsatzbereiche des Trennaggregats ab:

#### Erzeugung schüttfähiger organischer Substanz aus Schweine- und Mastrindergülle bei gleichzeitiger Verbesserung der Lagerungs- und Fördereigenschaften des flüssigen Mediums

Infolge des erreichbaren Abscheidegrads von etwa 45% organischer Substanz bei Schweinegülle und 14% bei Mastrindergülle hat die Bürstensiabschnecke allein für diesen Aufbereitungsschritt infolge des dafür erforderlichen erhöhten Aufwands keine Einsatzberechtigung. Erst in Verbindung mit weiteren gleichzeitig erzielbaren Vorteilen gewinnt der Einsatz dieses Verfahrens seine Bedeutung. Bei der Fest-Flüssig-Trennung von Schweinegülle aus Mastanlagen mit Fließkanalentmischung wird der Homogenisierungsaufwand für die flüssige Phase gegenüber ungetrennter Gülle stark vermindert. Eine kurzzeitige Homogenisierung zur Verteilung des sedimentierten flockigen bis feinkörnigen Schlammes mit Korngrößen < 1,25 mm ist nur vor einer Entleerung des Lagerbehälters erforderlich. Bei Mastrindergülle besteht keine Notwendigkeit mehr, die flüssige Phase zu homogenisieren, da der Konzentrationsgradient für den Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) nur unbedeutende Werte annimmt und sich keine Schwimmschicht ausbildet.

Für Schweinegülle mit einem TS-Gehalt bis zu 50 kg/t wird nach dem Einsatz der Bürstensiabschnecke die durch Sedimentation entstehende Gefahr der Verstopfung von Rohrleitungen, Pumpen, Verregnungsanlagen und Tankfahrzeugen beseitigt, wodurch spontan auftretende und unvorhergesehene Störungen des Betriebsablaufs vermieden werden.

Für die Trennung von Mastrindergülle ist von den im Lieferangebot befindlichen Trennaggregaten mit geringem Energiebedarf nur die Bürstensiabschnecke einsetzbar. Bogensiebe sind für dieses Trennproblem ungeeignet.

Die bei Anwendung des Trennverfahrens anfallenden flüssigen Trennkomponenten werden, wie die abgetrennten Feststoffe (Siebrückstände), pflanzenbaulich verwertet. Da die Feststoffe nur einen TS-Gehalt von 133 bis 152 kg/t aufweisen, ist für ihre Lagerung eine befestigte Dungstapelplatte mit Drainage erforderlich.

Infolge der überwiegend technisch-technologischen Vorteile, die beim Einsatz der Bürstensiabschnecke erzielt werden, gewinnt dieses Verfahren hauptsächlich für Rekonstruktionsmaßnahmen, besonders in Schweinezuchtanlagen, an Bedeutung.

#### Gewinnung verfüttungsfähiger Feststoffe in Schweinemastanlagen

Die Bürstensiabschnecke wird anstelle des bisher verwendeten Bogensiebs eingesetzt und als Vortrennaggregat für die nachfolgende Schneckenpresse genutzt. Mit dieser

Aggregatkombination wird aus Schweinegülle ein Feststoff gewonnen, der als Futtermittelkomponente in der Rindermast eingesetzt werden kann.

Die flüssige Phase wird pflanzenbaulich verwertet.

Mit der Bürstensiabschnecke ist gegenüber dem Bogensieb eine bessere Anpassung an Schwankungen in der zu trennenden Güllemenge und ihrer TS-Konzentration möglich, wodurch die Funktionssicherheit der Trennaggregate erhöht wird. Dies führt wiederum zu einer Laufzeitverringerung und damit zur Energieeinsparung bis zu 25%. Die Gewinnung verfüttungsfähiger Feststoffe in Schweinemastanlagen mit Spülentmischung wird erst durch den Einsatz der Bürstensiabschnecke in Verbindung mit der Schneckenpresse möglich. Bei Verwendung von Bogensieben anstelle der Bürstensiabschnecke wird der erforderliche TS-Gehalt für den Zulauf zur Schneckenpresse nicht erreicht.

#### Gewinnung von Spülflüssigkeit im Verfahren der Spülentmischung

Zur Anwendung des Verfahrens der Spülentmischung ist es notwendig, aus dem stallseitig anfallenden Gemisch aus Kot und Harn und der zugeführten Spülflüssigkeit die für die zyklischen Spülungen der Kanäle erforderliche flüssige Trennkomponente fortgesetzt zu gewinnen. Dies erfolgt mit dem vorgestellten Trennaggregat. Bei einer ausschließlichen Gewinnung von Spülflüssigkeit ohne

Verwertung der Feststoffe als Futtermittelkomponente werden die für den Spülvorgang nicht benötigten Anteile der flüssigen Phase mit den abgetrennten Feststoffen zusammengeführt und pflanzenbaulich verwertet.

Der TS-Gehalt der Spülflüssigkeit bewegt sich im Bereich zwischen 70 kg/t und 90 kg/t, so daß nach einer Lagerung des Mediums keine Homogenisierung erforderlich ist.

#### Angaben zum Trenneffekt

In Abhängigkeit vom Einsatzbereich werden bei der Fest-Flüssig-Trennung von Gülle mit der Bürstensiabschnecke die in den Tafeln 1 und 2 dargestellten Werte erreicht. Bei der Ermittlung der Werte wurde davon ausgegangen, daß beim Verfahren zur Erzeugung einer schüttfähigen organischen Substanz ein möglichst hoher TS-Gehalt in der festen Komponente erreicht wird. Beim Verfahren zur Gewinnung einer verfüttungsfähigen Futtermittelkomponente wird der TS-Gehalt der festen Komponente auf die Betriebsbedingungen der nachfolgenden Schneckenpresse eingestellt und weist somit einen geringeren Wert auf.

#### Technisch-technologische Lösung des Verfahrens

Für die maschinentechnische Lösung des Verfahrens wurde davon ausgegangen, eine einfache und unkomplizierte bau- und ausrü-

Tafel 1  
Massen-, TS-Gehalts- und Konzentrationsangaben von Inhaltsstoffen beim Einsatz der Bürstensiabschnecke zur Trennung von Mastrinder- und Schweinegülle (Mittelwerte)

Komponente	optimale Masse t/h	%	Konzentration in kg/t				
			TS	oTS	N	P	K
Schweinemastanlagen mit Fließkanalentmischung (Hackfruchtmast), n = 7							
Zulauf	25	100	62 (34...80)	43	6,37	0,90	2,6
flüssige Komponente		82	46	32	6,25	0,87	2,6
Siebrückstand		18	133	93	6,90	1,03	2,5
Schweinemastanlagen mit Fließkanalentmischung (Getreidemast)							
Gewinnung einer Futtermittelkomponente, n = 5							
Zulauf	50	100	62 (32...80)	43	5,52	1,58	1,8
flüssige Komponente		74	46	32	5,43	1,55	1,8
Siebrückstand		26	107	75	5,78	1,67	1,8
Schweinemastanlagen mit Spülentmischung (Getreidemast), n = 2							
Zulauf	22	100	86 (62...110)	67	10,0	2,05	3,84
flüssige Komponente		89	79	62	10,0	2,08	3,84
Siebrückstand		11	130	105	10,0	1,82	3,84
Schweinezuchtanlagen, n = 6							
Zulauf	30	100	20 (16...23)	15	1,60	0,2	1,1
flüssige Komponente		97	16	12	1,57	0,2	1,1
Siebrückstand		3	140	120	2,40	0,2	1,1
Mastrinderanlagen, n = 10							
Zulauf	9	100	65 (60...130)	48	3,07	0,84	1,93
flüssige Komponente		95	60	43	3,05	0,84	1,94
Siebrückstand		5	152	137	3,53	0,78	1,86

n Anzahl der Versuchswerte, oTS organische Trockensubstanz

Gülleanlage	Abscheidegrad in %				
	TS	oTS	N	P	K
Schweinemastanlage mit Fließkanalentmischung	39	39	19	21	17
Schweinemastanlage mit Fließkanalentmischung und Gewinnung einer Futtermittelkomponente	45	45	27	27	26
Schweinemastanlage mit Spülentmischung	17	17	11	10	11
Schweinezuchtanlage	21	24	5	3	3
Mastrinderanlage	12	14	6	5	5

oTS organische Trockensubstanz

stungstechnische Variante vorzustellen, die mehrere Möglichkeiten der Anpassung an verschiedene standortspezifische Gegebenheiten und Realisierungsbedingungen zuläßt. Das betrifft sowohl die Güllezuführung als auch den Transport der abgetrennten schüttfähigen Feststoffe.

Wesentliche Voraussetzungen für das Erreichen optimaler Trennergebnisse sind eine ausreichende Homogenität für Gülle, die zum Entmischen neigt, und eine nur geringen Masseschwankungen ausgesetzte Zuführung zum Trennaggregat. Dies wird im Beschickungspumpwerk realisiert, das mit einer masseregulierbaren Beschickungseinrichtung, wie drehzahlregulierbare Schraubenpumpen oder Becherwerke bei Zulaufmassen bis etwa 20 t/h und Kreiselpumpen bei Zulaufmassen bis etwa 50 t/h, ausgerüstet ist sowie über eine Druckleitung zum Trennaggregat verfügt.

Die für die Förderung der Feststoffe aus dem Maschinenraum erforderlichen Öffnungen im Bauwerk sind so auszulegen, daß sowohl die Verwendung von Trogschneckenförderern als auch von Gurtbändern möglich ist. Der Abfluß der flüssigen Phase erfolgt in einem Kanal, der entsprechend den vorgegebenen Standortbedingungen mit freiem Ablauf zu einem Lagerbehälter führt.

Für die Bauhülle der Trennstation mit einer Bürstensiabschnecke sind eine Grundfläche von 2 m × 6 m und eine lichte Höhe von 3,50 m erforderlich. Beim Einsatz der Kombination Bürstensiabschnecke/Schnecken-

presse beträgt die Grundfläche 4,50 m × 9,50 m. Eine räumliche Trennung der Bürstensiabschnecke von der Schneckenpresse ist nicht erforderlich.

Beide Trennstationen sind gemäß Standard TGL 30130 mit einer Zwangslüftungsanlage mit Vorortabsaugung auszurüsten.

Die Bauwerke sind jeweils an den Stirnseiten mit Ein- und Ausgangstoren zu versehen.

Bei der Erzeugung einer verfütterungsfähigen Futtermittelkomponente ist der anfallende Feststoff sofort auf entsprechende Fahrzeuganhänger zu fördern. Bei der Gewinnung von organischer Substanz ist für die Zwischenlagerung der Güllefeststoffe eine befestigte Lagerplatte mit Drainage erforderlich. Die Dränflüssigkeit ist über ein Sedimentationsbecken dem Lagerbehälter für die flüssige Trennkomponente zuzuführen. Nach dem gegenwärtigen Stand der Untersuchungen kann die Dränung der Flüssigkeit aus dem Güllefeststoff durch ein einmaliges Umsetzen des Feststoffstapels verbessert werden. Dies kann entweder direkt auf der Lagerplatte oder mit Hilfe eines für den Transport des Mediums von der Trennstation zum nahegelegenen Lagerplatz eingesetzten Anhängers erfolgen.

#### Zusammenfassung

Mit der Bürstensiabschnecke wird ein Aggregat zur Fest-Flüssig-Trennung von Schweine- und Mastrindergülle vorgestellt, für das die Einsatzbedingungen in Schweinemastanlagen mit Spül- oder Fließkanalenti-

stung, in Schweinezuchtanlagen sowie in Rindermastanlagen gegeben sind. Durch den Einsatz des Trennaggregats werden vor allem die Lagerbedingungen der flüssigen Trennkomponenten von behandelter Rinder- und Schweinegülle gegenüber ungetrennter Gülle verbessert, wodurch der Homogenisierungsaufwand in Abhängigkeit vom TS-Gehalt der Ausgangsgülle verringert bzw. völlig vermieden wird. Die Verstopfungsgefahr von Rohrleitungen, Pumpen, Verregnungsanlagen und Tankfahrzeugen durch Sedimentation wird für beide Güllearten beseitigt. Eine Schwimmschichtbildung wird bei der Lagerung von getrennter Mastrindergülle verhindert. Die Bürstensiabschnecke ersetzt die bisher in Trennstationen mit umbautem Raum eingesetzten Bogensiebe.

Eine Fest-Flüssig-Trennung von Gülle in Schweinemastanlagen mit Spülentmischung ist bei einer weiteren Aufbereitung des abgetrennten Feststoffs mit Hilfe einer Schneckenpresse als Futtermittelkomponente für Mastrinder nur mit der Bürstensiabschnecke möglich.

Es werden Hinweise zu den speziellen Einsatzbereichen des Trennaggregats gegeben und auch Angaben über den Massenfluß sowie über TS-Konzentrationen und Konzentrationen anderer Inhaltsstoffe mit ihren Abscheidegraden gemacht. Für das Verfahren wird eine technisch-technologische Lösung dargestellt.

A 4486

## Das Fließverhalten von trockensubstanzreicher Schweinegülle

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

#### Verwendete Formelzeichen

a, b		Konstanten
B		Bestimmtheitsmaß
d		Rohrinnendurchmesser
k	m	Konsistenzkoeffizient
l	Pa · s <sup>n</sup>	Förderlänge
n	m	Fließexponent
Δp	Pa, bar	Druckverlust
Δp/Δl	Pa/m	spezifischer Druckverlust
Re		Reynoldszahl
TS	%	Trockensubstanzgehalt, Massenkonzentration
$\dot{V}$	m <sup>3</sup> /h	Volumendurchsatz
v	m/s	mittlere Fördergeschwindigkeit
$\dot{v}$	1/s	Schergeschwindigkeit
$\dot{v}_w$	1/s	Newtonsche Schergeschwindigkeit
$\eta_s$	Pa · s	Scheinviskosität
$\eta$	mPa · s	dynamische Newtonsche Viskosität
θ	°C	Temperatur
λ		Rohrreibungszahl
ρ	kg/m <sup>3</sup>	Dichte
τ	Pa	Schubspannung
τ <sub>w</sub>	Pa	Wandschubspannung in der Förderrohrleitung
τ <sub>0</sub>	Pa	Fließgrenze

Grenze der Förderbarkeit erreicht werden kann. Die Projektierung der Förderanlagen muß daher mit äußerster Sorgfalt erfolgen, um Bemessungsfehler und Havarien zu vermeiden. Voraussetzung für hohe Betriebssicherheit sowie optimalen Werkstoff- und Energieeinsatz sind Bemessungsgrundlagen, die die relevanten Stoffkennwerte beinhalten und die Druckverlustberechnung mit einfachen Mitteln ermöglichen.

Die bekannte Druckverlusttabelle von Hörnig [1, 2] entsprechend dem Standard TGL 6466/03 ist auch weiterhin für den Bereich 3 % < TS < 8 % voll gültig. Mit steigendem TS-Gehalt über 8 % sind jedoch Plastizität (Fließgrenze τ<sub>0</sub>), Zeitabhängigkeit (thixotrope Strukturzerstörung) und Zusammensetzung der Gülle (Futtereinsatz) verstärkt zu berücksichtigen. Hierzu wurden vertiefende Untersuchungen vorerst mit TS-reicher Schweinegülle durchgeführt, die einschließlich ihrer Anwendung auf die Druckverlustberechnung nachfolgend beschrieben werden sollen.

#### Untersuchungsmethodik

Gülle besteht aus Kot, Harn, Wasser, Futterresten und Fremdstoffen und kann als biologische Suspension mit einem sehr breiten Teilchengrößenspektrum (vom kolloid- bis zum grobdispersen Bereich) sowie äußerst unterschiedlichen Teilchenformen (Körner, Spelzen, Halme, Haare, Sand usw.) gekennzeichnet werden. Grundvoraussetzung für rheometrische Messungen ist jedoch Quasihomogenität. TS-reiche Schweinegülle mit

TS > 8 % hat ein zeitabhängiges nichtlinearplastisches (quasiplastisches) Fließverhalten (eine Fließgrenze τ<sub>0</sub>), das mit dem Herschel-Bulkley-Potenzgesetz modellmäßig beschrieben werden kann:

$$\tau = \tau_0 + k\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

Bei TS < 8 % kann die Fließgrenze vernachlässigt werden. Es liegt pseudoplastisches (strukturviskoses) Fließverhalten vor und das Ostwald-de Waele-Potenzgesetz ist anwendbar:

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \quad (2)$$

Die Haupteinflußgrößen auf das Fließverhalten von Schweinegülle werden zusammenfassend folgendermaßen geordnet:

- Konzentration (TS-Gehalt)
- Fütterung (Hauptfutterkomponenten)
- Zeitabhängigkeit des Fließverhaltens (thixotrope Strukturzerstörung bei Belastung)
- Temperatur
- Lagerdauer.

Das Fließverhalten der Gülle wird hauptsächlich durch den TS-Gehalt und die Kotstruktur, d. h. durch die Fütterung, bestimmt.

In 12 verschiedenen Praxisanlagen wurden Kot- und Gülleproben gewonnen und stufenweise durch Wasserzugabe verdünnt. Die zeitabhängige Strukturzerstörung bei konstanter Belastung wurde beobachtet, und nach Erreichen eines stationären Zustands erfolgte die Aufnahme der Fließkurven in