

Eine Meßmethode zur Bewertung der Pumpfähigkeit von Gülle und Flüssigmist

Georg Langenegger
Landtechnik Weihenstephan

1. Einleitung

Aus arbeits- und betriebswirtschaftlichen Gründen gewinnt die Gülle- und Flüssigmistwirtschaft ständig an Bedeutung, wobei die heute gebräuchlichen Verfahren auch mit geringer Einstreu und mit Futterresten funktionieren sollen. Die Funktion dieser Anlagen ist außer von den baulichen Einrichtungen größtenteils von den eingesetzten Pumpen abhängig.

Es ist daher notwendig, Flüssigmist-Pumpen einer entsprechenden Prüfung zu unterziehen, die eine genaue Aussage über die Einsatzmöglichkeiten in den verschiedenen Flüssigmistarten und über die Förderleistung (l/min) bei unterschiedlicher Dungbeschaffenheit erlaubt.

Vor einer Prüfung der Pumpen, die zum Fördern von Gülle und Flüssigmist in Frage kommen, ist jedoch eine Klassifizierung oder Einstufung der einzelnen Gemische in der jeweiligen Zustandsform notwendig. Die Zustandsform der einzelnen Gemische wird bestimmt durch die physikalische Zusammensetzung, die abhängig ist von der Herkunft (Rind, Schwein, Huhn), dem Grad der Verdünnung oder der Eindickung, den Beimengungen (Futterreste, Einstreu, gehäckselt oder lang) sowie dem Verrottungsgrad der Pflanzenteile.

Von den auf dem Markt befindlichen Pumpen ist nicht bekannt, bei welcher Gülle oder welchem Flüssigmist — im folgenden kurz Gülle genannt — diese einsetzbar sind und welche Förderleistung sie bei Gemischen mit dünner bis dickster Konsistenz haben. Ist eine meßtechnische Erfassung sämtlicher Gemische möglich, so können für die zum Fördern dieser Gemische in Frage kommenden Pumpen Kennlinien angefertigt werden. Aus diesen Kennlinien ist dann zu entnehmen, wo die einzelnen Pumpen zum Homogenisieren der vorhandenen Gülle in den verschiedenen Lager-systemen einzusetzen sind, wobei dann die arbeitswirtschaftliche Seite und die Anschaffungskosten mit betrachtet werden müssen.

2. Möglichkeiten zur Bestimmung der Konsistenz von Gülle

Mit den zur Zeit zur Verfügung stehenden Meßmethoden für

1. Dichte,
2. Gesamt-Trockensubstanz-Gehalt,
3. den Konsistenzfaktor kf und
4. die Viskosität

ist eine Einstufung der Güllegemische auf ihre Pumpfähigkeit hin aus den im folgenden genannten Gründen nicht ausreichend.

2.1. Dichte

Die Gülldichtemessung mittels eines Aräometers durchzuführen, ist größtenteils nicht möglich, da dieses Meßgerät am freien Eintauchen durch unverdaute Pflanzenreste, Einstreu und Futterreste gehindert wird und aufgrund der Konsistenz nicht mehr selbständig und frei in dem zu messenden Medium schweben kann. Auch die Messung des spezifischen Gewichtes ist aus den obengenannten Gründen nicht möglich.

2.2. Gesamt-Trockensubstanz-Gehalt

Zur Zeit wird zur Charakterisierung der Güllekonsistenz der Gesamt-Trockensubstanz-Gehalt in Gewichtsprozenten vom Ausgangsmaterial verwendet [1...6]. Diese Einstufung läßt aber keine Aussagen über die Zustandsform der Gesamt-Trockensubstanz zu. Eine Gülle mit beispielsweise 8

Prozent Gesamt-Trockensubstanz kann suppig oder bereits breiig sein. Hier bereitet das Medium mit der breiigen Konsistenz mehr Schwierigkeiten bei der Aufbereitung als das mit suppiger Konsistenz. Sind der Gülle Einstreu und Futterreste beigemischt, sind Fehlbeurteilungen noch häufiger. Dies zeigt sich immer wieder bei Einsätzen von Dickstoffpumpen, wo eine bestimmte Pumpe bei konstanter Förderhöhe und Güllegemischen zwar gleicher Trockenmasse, aber unterschiedlicher Zustandsform ganz unterschiedliche Fördermengen erzielt oder aber trotz unterschiedlichen Trockenmassegehalts immer die gleiche Fördermenge erzielt.

Aus Bild 1, dessen Werte aus praktischen Erfahrungen stammen, ist zu ersehen, daß eine Einstufung der Güllekonsistenz durch den Gesamt-Trockensubstanz-Gehalt nicht möglich und als Vergleichsmaßstab ungeeignet ist.

2.3. Konsistenzfaktor kf

Diese Meßmethode zur Klassifizierung von Gülle durch den Konsistenzfaktor kf [7], ist in neuerer Zeit von FORSTER geschaffen worden, um eine sichere und bessere Aussage über die Gemische zu haben, als dies durch den Gesamt-Trockensubstanz-Gehalt möglich ist. Bei der Entwicklung dieser Meßmethode wurde davon ausgegangen, daß hauptsächlich der grobe Feststoffanteil im Zusammenwirken mit dem Gesamtfeuchtigkeitsgehalt bei der Bearbeitung von Gülle und Flüssigmist unterschiedlich große Schwierigkeiten bereitet. Weiter wurde von der Annahme ausgegangen, daß Pflanzenteile und Halme im aufgeweichten Zustand in ihrer Festigkeit kaum große Unterschiede aufweisen und die Ermittlung eines technischen Schwierigkeitsgrades von Gülle oder Flüssigmist lediglich von deren Mengenanteilen abhängig ist.

Bei der Bestimmung des Konsistenzfaktors kf nach FORSTER wird folgendermaßen vorgegangen: Es wird einmal der Gesamt-Trockensubstanz-Gehalt und zum anderen der Anteil der Feststoffe über 1 mm aus einer Gewichtseinheit von

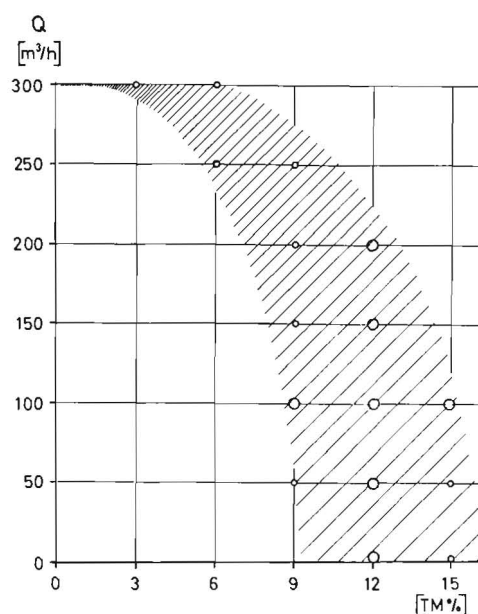


Bild 1: Beispiel der Abhängigkeit der Fördermenge Q vom Gesamt-Trockensubstanz-Gehalt (TM%)
Förderhöhe $h = \text{konst.}$

100 g festgestellt. Diese Feststoffe werden mit einem Sieb von 1 mm Bohrung unter einem Wasserstrahl ausgewaschen und nachher davon der Trockenmasse-Gehalt festgestellt. Gesamt-Trockenmasse-Gehalt und Trockenmasse-Gehalt der Feststoffanteile über 1 mm werden miteinander multipliziert, der somit gefundene Wert als Konsistenzfaktor k_f bezeichnet.

Angenommen wird bei dieser Meßmethode, daß alle Feststoffanteile über 1 mm Größe die gleiche Schwierigkeit in bezug auf die Pumpfähigkeit verursachen. Diese Annahme kann nicht aufrecht erhalten werden, da ein gewichtsmäßiger Anteil von Feststoffen von beispielsweise über 12 mm Länge weitaus schwieriger zu verarbeiten ist als der gleiche gewichtsmäßige Anteil von Feststoffen mit einer Größe von beispielsweise nur 1 bis 3 mm. Auch kann diese Meßmethode nicht als Schnellmeßmethode verwendet werden, da zur Bestimmung des Gesamt-Trockenmasse-Gehaltes und des Trockenmasse-Gehaltes der Feststoffanteile über 1 mm, mindestens eine Zeit von 24 Stunden benötigt wird.

2.4. Viskosität

Die Bestimmung der Viskosität wird mit verschiedenen Geräten, wie Fall- und Drehkörper-, Luftblasen-, Kapillar- und Pipettviskosimetern, durchgeführt, und zwar für Öl, Spinn- und Zuckerlösungen sowie ähnlichen Gemischen, die zu den NEWTONschen Substanzen zu zählen sind [8]. Diese Substanzen sind homogen, und es werden für die einzelnen Gemische besondere Geräte zum Messen der Viskosität verwendet.

Die bisher bekannten Geräte und Meßmethoden sind zum Feststellen der Viskosität von Gülle und Flüssigmist aufgrund der bekannten Zusammensetzung dieser Medien ungeeignet. So hindern die Pflanzenteile den freien Fall einer Kugel in einer Glasröhre, verwickeln den Drehkörper eines rotierenden Gerätes oder verstopfen Glasröhren. Eine andere Möglichkeit, den Flüssigmist für diese Messung besonders herzurichten, scheidet aus, da hiermit eine Strukturveränderung verbunden wäre.

Die vorhandenen Pflanzenteile, die eine längliche Form haben, richten sich beim Einsatz von Drehkörperviskosimetern nach der Strömungsrichtung oder werden aus dem Meßbereich geschoben, was ein Absinken der meßbaren Viskosität bedeutet. Ein solches Gemisch, bei dem während der Messung die meßbare Viskosität absinkt, wird im allgemeinen als strukturviskose Substanz bezeichnet [9].

Aus diesen aufgeführten Gründen scheiden die bisherigen Methoden zur Feststellung der Viskosität von Gülle aus, wenn auch das eine oder andere Medium mit Drehkörperviskosimetern gemessen werden kann.

3. Der Güllekonsistenzmesser — ein abgeänderter Fallkörperviskosimeter nach Vorschlag Weihenstephan

Es ist bekannt, daß sämtliche in der Gülle schwebenden Feststoffe einen gewissen Bewegungswiderstand verursachen, wobei der von kleinen Feststoffbestandteilen verursachte Widerstand geringer ist als der von größeren Feststoffen, weil letztere eine größere Kraftangriffsfläche und Sperrigkeit aufweisen. Gerade das Zusammenwirken des Mengenanteils der feinen und der groben Feststoffe mit dem Gesamtfeuchtegehalt der Gülle, bringt bei der Verarbeitung eine große Varianz in Leistungsbedarf beziehungsweise Durchsatz, was sich beim Einsatz von Dickstoffpumpen in Gülle immer wieder bestätigt. Dieses Zusammenwirken der Feststoffe wirkt sich beim Einsatz von Pumpen und sonstigen Einrichtungen als innere und äußere Reibung aus. Es besteht nun die Notwendigkeit, diesen Wert für die innere und äußere Reibung durch ein einfaches Meßgerät zu erfassen, das die Funktionsunsicherheit der üblichen Rotations- und Fallkörperviskosimeter in Gülle weitgehend ausschließt.

Die innere und äußere Reibung einer Flüssigkeit oder eines Gemisches beeinflusst auch die Fallgeschwindigkeit eines Körpers, der in dieser Flüssigkeit ohne weitere äußere Einflüsse fällt. Ähnlich wie bei einer Pumpe, bei der das Zu-

strömen der Flüssigkeit aus verschiedenen Richtungen kommen kann, kann auch der Fallkörper sich in der Flüssigkeit nicht geradlinig bewegen, sondern sucht den Weg des geringsten Widerstandes. Auf der Suche nach einem geeigneten Fallkörper fiel die Wahl auf die Kugel, da die Strömungsverhältnisse bei einem kugelförmigen Körper, unabhängig von seiner Lage, konstant sind. Bei jedem anders geformten Körper ändert sich der Widerstand und damit die Sinkgeschwindigkeit je nach der Anströmrichtung. Die Größe der Kugel mit 90 mm Durchmesser wurde genommen, um eine möglichst große Oberfläche zu haben. Die Kugel muß hohl sein, um den Meßbereich durch Verändern des Gewichtes entsprechend der Güllekonsistenz erweitern zu können, da extreme Fallzeiten nur schwer oder nicht erfaßt werden können. Zu beobachten ist, daß kurze Fallzeiten unter 1 s schwer zu messen sind, während Fallzeiten über 10 s, bei denen die Kugel sich teilweise im Schwebestand befindet, keinen genauen Meßwert ergeben.

3.1. Messung der Güllekonsistenz mit der Kugelmethode

Für die Messung der Güllekonsistenz mit der beschriebenen Kugelmethode sind eine Hohlkugel, eine Perlonschnur von 1 mm Stärke, ein Maß- oder Meterstab, eine Stoppuhr und ein Gülle- oder Flüssigmiststand von 1,2 m notwendig.

Eine Hohlkugel mit einem Außendurchmesser von 90 mm wird nach der subjektiven Konsistenzbeurteilung (wäßrig, suppig, breiig, sumpfig) auf ein für die Messung günstiges Gewicht eingestellt. Das Kugelgewicht wird durch Zugabe oder Entnahme von Bleikugeln (Schrot) durch eine Öffnung, die wasserdicht verschlossen werden kann, geändert. Steht eine Anzahl von Meßkugeln zur Verfügung, so kann jede einzelne auf ein bestimmtes Gewicht mit Blei ausgegossen werden.

Die Perlonschnur muß eine Stärke von 1 mm und eine entsprechende Länge haben, die von der Grubentiefe und vom Güllestand abhängig ist. Eine Perlonschnur unter 1 mm ist nicht zu empfehlen, da diese bei kurzen Meßzeiten leicht reißt, besonders bei größerem Kugelgewicht von über 800 Gramm. Eine Perlonschnur über 1 mm Stärke ist dagegen nicht zu empfehlen, da diese durch die größere Oberfläche und wegen der geringeren Elastizität die Fallgeschwindigkeit der Kugel beeinträchtigt.

Der Güllestand muß mindestens 1,2 m betragen, da 1,1 m Güllestand für die Messung erforderlich ist und zusätzlich 10 cm als Sicherheit, um ein eventuelles Aufschlagen der Kugel auf den Boden zu verhindern. Das Güllegemisch muß gut aufgerührt (homogenisiert) sein, um ein Gemisch gleicher Konsistenz in der ganzen Meßhöhe zu haben und etwaige Meßfehler auszuschließen. Auf die gleichmäßige Konsistenz ist besonders bei dicken Gemischen zu achten, die bereits an der Grenze der Pumpfähigkeit für besonders gute Pumpen liegen. Hier kommt es leichter vor, daß Schichten mit dickerer und dünnerer Konsistenz vorhanden sind.

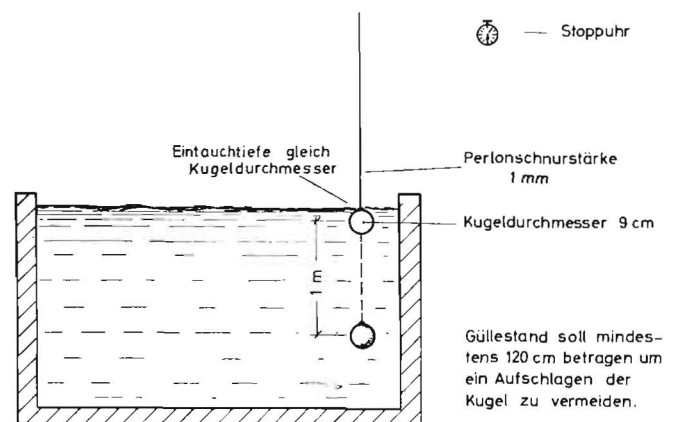


Bild 2: Darstellung der Meßdurchführung

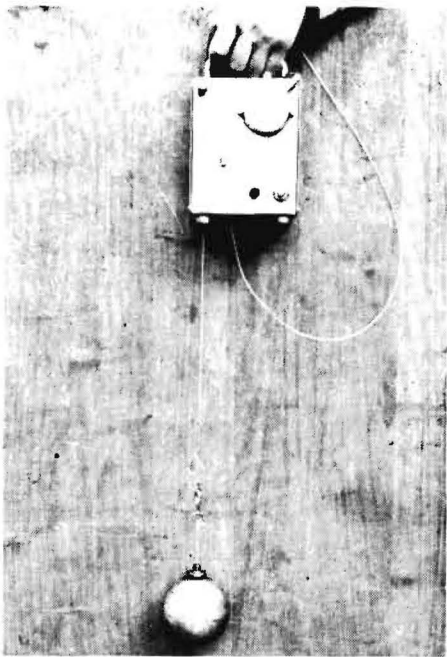


Bild 3: Meßgerät zur genauen Erfassung der Fallzeiten

Wie aus den in Bild 2 aufgeführten Hilfsmitteln zu ersehen ist, kann diese Messung von Hand durchgeführt werden. Dieser manuellen Messung haftet als großer Fehler an, daß Zeiten unter 2 s nicht genau gestoppt werden können. Hier entscheidet die Reaktion der einzelnen Person, im richtigen Moment die Stoppuhr zu schalten. Für das allgemeine Bestimmen der Güllekonsistenz kann die manuelle Messung ausreichen, wenn man darauf achtet, daß das Kugelgewicht für keine zu kurze Stoppzeit eingestellt wird. Für das Erstellen eines Diagramms war es erforderlich, auch Zeiten um oder unter 1 s zu messen. Diese Zeiten sind mit der Hand nicht mehr zu stoppen. Aus diesem Grund wurde ein Meßgerät konstruiert, mit dem wie bei der manuellen Messung die Kugel 1 m frei in der Gülle fällt, die Zeiten jedoch mit einer elektrisch gesteuerten Stoppuhr erfaßt werden. Die verwendete Stoppuhr hat Dauerkontakt, damit keine Schaltverzögerungen zu verzeichnen sind.

Das Meßgerät (Bild 3) besteht aus einer Stoppuhr, dem Schaltmechanismus, dem Maßstabseil, durch das die Schaltung betätigt wird sowie der Tauchschnur und der Kugel.

3.2 Erstellen von Kennlinien für Gülle mit dünner bis dickster Konsistenz

Nachdem für das Messen der Gülle der Fallweg (1 m) und der Kugeldurchmesser (90 mm) immer konstant bleiben, ist für das Bestimmen einer Kennlinie für ein bestimmtes Gemisch das Kugelgewicht von Bedeutung. Die Fallzeiten sind nur abhängig vom Kugelgewicht und dem zu messenden Gemisch. Trägt man das Kugelgewicht über der Fallzeit auf, so erhält man für jede Güllekonsistenz einen kurvenähnlichen Verlauf. Diese Kurvenscharen haben je nach Konsistenz der Gemische einen gewissen Abstand voneinander. Ausgegangen wurde bei diesen Messungen von der Wasserkennlinie, da diese Flüssigkeit auch zur Erstellung von Pumpenkennlinien verwendet wird und keine störenden Beimengungen besitzt. In Bild 4 sind eine Anzahl verschiedener Kennlinien aufgezeichnet.

Wie aus dem Diagramm zu ersehen ist, haben alle gemessenen Kennlinien die gleiche Tendenz, und zwar von unter 1 bis 1,5 s einen steilen Anstieg, von 1,5 bis 3 s einen starken gleichmäßigen Knick, zwischen 3 und 10 s steigen die Kurven nur schwach an, was darauf hindeutet, daß bei einem weiteren Verringern des Kugelgewichtes die Kugel nicht mehr eindringen würde.

An diesem gleichmäßigen Verlauf der aufgeführten Kennlinien sowie der großen Anzahl der nicht gezeichneten

Kurven, die aus Übersichtsgründen weggelassen wurden, ist mit Gewißheit anzunehmen, daß Kennlinien dazwischenliegender Gemische den gleichen Verlauf nehmen.

Die zufällige Erfassung von Güllegemischen liefert eine Kennlinienschar mit sehr unterschiedlichen Ordinatenabständen, so daß eine unmittelbare zahlenmäßige Zuordnung eines Güllekonsistenzwertes zu einer bestimmten Kurve nicht möglich ist. Eine Zuordnungsmöglichkeit, bei der jede Kennlinie eine bestimmte Konsistenzzahl erhält, ergibt sich aus der Konstruktion eines Kennliniendiagrammes, wobei von gleichen Ordinatenabständen der Kurve ausgegangen wird. Als Ausgangsbasis für eine günstige Teilung wurde die 10-s-Linie verwendet, da längere Meßzeiten nur noch geringe Bedeutung haben.

Auf dieser 10-s-Linie wurde nun von der Wasserkurve ausgegangen und in Abständen von 1 cm eine Kennlinie aufgetragen, von denen jede eine bestimmte Kennzahl bekam, ausgehend wieder vom Wasser, mit der Kennzahl 0. Diese konstruierten Kennzahlen sind auf dem folgenden Diagramm aufgezeigt, die als Bezeichnung „GK“ aus dem gebräuchlichen Wort der Güllekonsistenz bekamen.

Aus Bild 5, das bis zu GK 56 reicht, ist zu ersehen, daß eine gute Einstufung der Gülle möglich ist. Auch läßt dieses Diagramm ein gutes Erfassen der jeweiligen GK zu, bei der nur noch ein Meßwert notwendig ist.

3.3 Die verwendete Gülle zur Erfassung der Güllekonsistenz

Für die bisher aufgeführten Messungen war es notwendig, verschiedene Güllearten zu mischen oder zu verwenden. Es wurden dabei Struktur und Zusammensetzung der einzelnen Güllegemische untersucht in bezug auf die Trockenmasse, bestehend aus feinen, groben, kurzen und langen aufgeweichten Feststoffanteilen aus den Verdauungsrückständen, aus Einstreu und Futterresten. Hier wurde so vorgegangen, daß nach Bestimmung des Gesamt-Trockenmasse-Gehalts die Gülleproben verdünnt und ausgesiebt wurden. Das Volumen der Proben aus den Gemischen betrug 6 bis 10 l. Zum Aussieben dieser Proben wurden vier Siebe 300 x 300

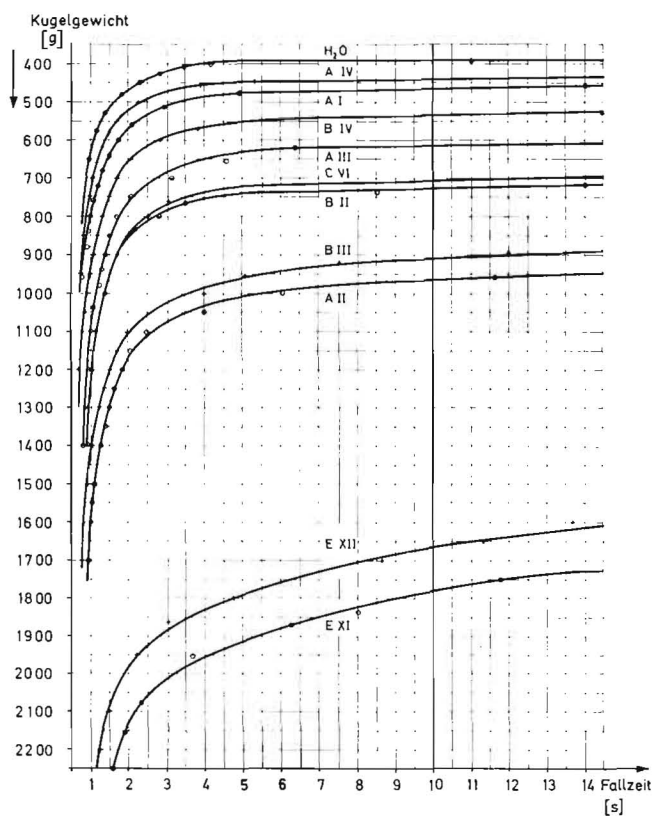


Bild 4: Gemessene Güllekenlinien von ausgesuchten Gemischen
Kugeldurchmesser: 90 mm; Perlonschnurdicke: 1 mm; Fallhöhe: 1 m; Eintauchtiefe = Kugeldurchmesser

mm verwendet, die übereinander aufgestellt waren und folgende Bohrungen hatten:

Sieb 1	12 mm
Sieb 2	8 mm
Sieb 3	4 mm
Sieb 4	2 mm

Der flüssige Anteil und die ausgewaschenen Teile wurden in einem Behälter aufgefangen.

Um für die Ausgiebung sämtlicher Gemische eine einheitliche Voraussetzung zu erhalten, wurden jeweils 2 kg Güllegemisch auf 2,1 bis 2,3 Prozent Trockenmasse mit Wasser verdünnt und kräftig durchgerührt. Daraufhin verteilte man die verdünnte Probe gleichmäßig über das obere Sieb und ließ sie etwa fünf Minuten lang unter leichtem Rütteln der Siebe abtropfen. Nachher wurden das Gewicht und der Trockenmasse-Gehalt der abgetropften Rückstände in jedem Sieb festgestellt. Für jedes Güllegemisch wurden diese Ausgiebungen drei bis fünfmal wiederholt, wobei für den end-

gültigen Wert der Durchschnitt aus diesen gewonnenen Werten genommen wurde.

Für diese Untersuchungen wurden vier Flüssigmistarten herangezogen, deren Gemische den Ausgiebungen entsprechend in Tafel 1 dargestellt sind.

Wie aus Tafel 1 zu ersehen ist, ist das Zusammenwirken der einzelnen Faktoren und deren Gewichtsanteil maßgebend an der Gülleconsistenz. Eine Gülle mit nur großen Feststoffen wäre nicht denkbar, da sich diese mit der Flüssigkeit nicht vermischen lassen, sondern durch das leichtere Gewicht immer an der Oberfläche treiben. Erst mit den feinen Stoffen lassen sich diese mit dem Ganzen vermischen. Das gleiche ist auch vom Trockenmasse-Gehalt der bisher angewandten Methode zu sagen, der auch nur eine gewisse Aussagekraft über die Gülleconsistenz bringt und erst im Zusammenwirken mit den hier erfaßten Faktoren eine Beurteilung der Gülle und der Festmistgemische zuläßt.

Tafel 1: Ausgangsdaten zur Errechnung der Schätzfunktionen für Gülleconsistenz

Anzahl der Beobachtungen 11 = 33

Nr.	Probe	Rückstau aus				Trockenmasse des Rückstandes				Trockenmasse der ausgewaschenen Substanz [g]	hergestellte Substanz [g]	Trockenmasse der ausgebliebenen Substanz [g]	Trockenmasse der Probe [%]	Flüssigmistkennzahl GK
		Sieb 1	2	3	4	Sieb 1	2	3	4					
1	I	55	60	131	118	5,25	5,77	10,87	9,59	52,52	364	31,48	8,4	2
2	II	37	92	254	151	4,27	8,68	22,15	12,73	64,47	534	47,83	11,23	21
3	III	18	73	225	141	2,11	7,85	20,52	12,69	55,03	457	41,17	9,62	9
4	VI	12	49	172	111	1,09	4,53	15,72	9,05	40,41	344	28,39	6,88	1,5
5	V	10	31	124	87	0,89	3,09	11,32	7,64	36,76	252	22,54	5,79	0,5
6	VI	6	22	77	63	0,50	1,89	6,70	5,03	32,78	168	14,12	4,79	0,25
7	I	81	126	167	60	8,02	11,57	15,45	5,18	49,81	434	40,22	8,79	2
8	III	130	153	173	52	13,59	14,02	17,04	4,58	51,9	508	49,41	10,21	11
9	II	86	209	217	51	8,9	20,27	19,53	4,64	58,2	543	53,34	10,30	19
10	IV	46	168	220	44	4,47	16,88	22,44	4,06	41,51	478	48,09	8,96	5
11	V	53	151	185	44	5,29	13,97	18,02	3,86	37,96	393	41,14	7,91	2
12	I	233	60	86	133	21,39	5,36	7,51	11,66	53,58	512	45,92	9,95	16
13	II	199	93	129	92	20,90	8,46	12,77	8,83	55,54	513	50,96	10,65	16
14	III	128	75	117	123	12,54	6,83	11,47	10,82	54,84	443	41,66	9,65	13
15	IV	124	87	94	79	12,56	7,68	8,81	7,61	38,94	384	36,66	7,56	1
16	V	210	62	64	90	18,57	4,86	4,88	7,62	31,29	426	36,11	6,74	1,2
17	VI	200	44	78	139	16,48	3,73	7,03	11,18	40,68	461	38,42	7,91	11
18	VII	72	34	88	71	7,28	3,08	8,65	6,06	37,31	265	25,11	6,24	3
19	VIII	124	26	52	103	8,99	1,83	3,78	7,97	30,73	305	22,57	5,33	2
20	IX	68	25	66	101	5,27	1,87	5,27	7,92	35,67	260	20,23	5,62	2
21	I	110	43	153	117	9,34	4,28	17,6	10,47	48,71	423	41,69	9,04	12
22	II	59	36	110	103	5,05	3,37	11,34	9,21	50,43	308	28,97	7,94	9
23	III	73	33	71	81	6,82	3,13	6,92	7,58	42,05	260	24,45	6,65	6
24	IV	135	20	45	75	11,91	1,75	4,33	6,57	41,24	275	24,56	6,58	9
25	V	206	33	41	67	20,46	2,93	3,76	5,88	48,07	347	33,03	8,11	12
26	IV	200	29	33	63	19,7	2,22	2,87	5,57	45,14	325	30,36	7,55	9
27	VII	184	32	37	54	18,2	2,63	3,25	4,76	43,46	307	28,84	7,23	6
28	VIII	154	34	39	52	15,48	3,19	3,77	4,96	39,0	279	27,4	6,64	3
29	IX	294	58	79	81	35,02	5,78	8,5	8,52	51,68	502	57,82	10,92	56
30	X	239	63	82	83	25,1	5,85	7,95	8,01	59,09	477	46,91	10,06	52
31	XI	209	64	91	78	20,44	6,16	9,37	7,39	51,74	442	43,36	9,51	21
32	XII	201	61	81	76	21,33	5,87	8,39	7,49	46,02	419	43,08	8,91	14
33	XIII	196	57	70	68	20,95	5,68	7,04	7,12	42,31	391	40,79	8,31	12

Gruppe A: Reiner Rinderkot mit geringem Anteil an Stroh- und Futterresten.

Gruppe B: Gülle aus den Gemischen A I, A II, A III; dem der Messung entsprechend langes und gehäckseltes Stroh beigemischt beziehungsweise mit dem Gemisch homogenisiert und dann den Messungen entsprechend verdünnt wurde.

Gruppe C: Gülle von vier landwirtschaftlichen Betrieben, wo verschiedene Haltungsformen und unterschiedliche Fütterung anzutreffen waren.

Betrieb 1: Bullenmast im Tiefstall mit planbefestigtem Freßplatz und Oberflurermistung. Fütterung: Maissilage und Kraftfutter.

Betrieb 2: Bullenmast, überdachter Freßplatz mit Spaltenboden im Laufhof. Fütterung: Mais- und Luzernesilage, Schlempe und Kraftfutter.

Betrieb 3: Kühe und Jungrinder im Tiefstall. Freßplatz mit Spaltenboden und Unterflurermistung. Fütterung: Heu, Silomais und Kraftfutter.

Betrieb 4: Kühe im Boxenlaufstall, Kalbinnen im Tiefstall. Fütterung: Silage, Heu und Kraftfutter.

Gruppe D: Hier wurde Gülle für den Pumpeneinsatz entsprechend gemischt, und zwar wurde ein anfangs dickes Medium mit geringem Anteil an großen festen Stoffen den Messungen entsprechend verdünnt. Daraufhin wurde, um die gleiche Gülleconsistenz zu erreichen, diesem Medium Preßballenstroh zugegeben, das durch die Pumpen zerkleinert wurde. Von diesem Gemisch wurde nach Feststellen der Gülleconsistenz eine weitere Pumpenprüfung durchgeführt, wobei das Gemisch wieder verdünnt wurde.

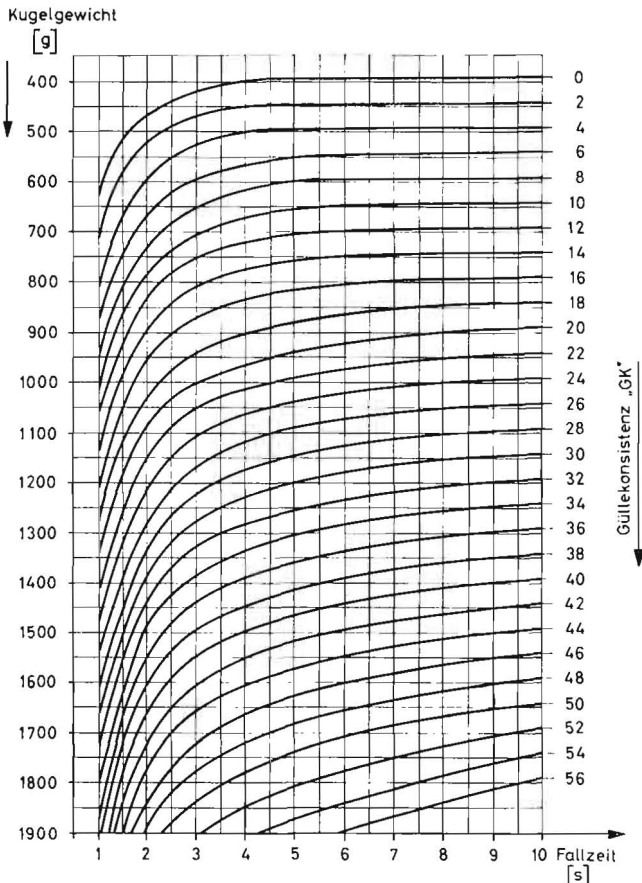


Bild 5: Kennlinien für verschiedene Güllegemische, bezeichnet als Gülle-konsistenz (GK)
 Kugeldurchmesser: 90 mm; Perlonschnurdicke: 1 mm; Fallhöhe: 1 m; Ein-tauchtiefe = Kugeldurchmesser

4. Einfluß der Gülleconsistenz auf die Pumpfähigkeit von Gülle mit Hilfe von Dickstoffpumpen

Für den Einsatz von Dickstoffpumpen zum Fördern und Homogenisieren von Gülle ist wichtig zu kennen, welche Leistungen mit diesen bei einer bestimmten Gülleconsistenz (GK) zu erzielen ist und bei welcher GK deren Einsatzgrenze liegt. Dies ist auch unumgänglich für den Einsatz dieser Pumpen in der Landwirtschaft zum Pumpen der verschiedenen Güllegemische, angefangen vom reinen Kot-Harngemisch, das womöglich noch mit Wasser verdünnt wurde bis zum dicksten Gemisch aus Ställen, in denen den Tieren Einstreu verabreicht wurde, wo viel Harn verdunstet und wo eine Oberflurermischung eingesetzt wird.

Gerade aus diesem Grunde ist eine Klassifizierung der Güllepumpen unbedingt erforderlich, damit der Landwirtschaftsberater der Praxis anhand der Pumpenkennlinien sagen kann, welche Pumpe auf dem jeweiligen Betrieb bei der vorhandenen Stallhaltungsform (der Entmistung und dem Lagersystem) einzusetzen ist. Bei richtigem Einsatz muß von der Güllepumpe verlangt werden, daß mit dieser das Homogenisieren des Grubeninhaltes in einer angemessenen Zeit bei geringem Arbeitskräfteeinsatz zu bewältigen ist, wobei die Schmutzbelastigung und sonstige unliebsame Faktoren nicht außer acht gelassen werden dürfen.

Aber auch für die Industrie ist es interessant zu wissen, wie weit die einzelnen Güllepumpen einzusetzen sind. Gerade aus den oben aufgezeigten Gründen ist es daher notwendig, daß jede Güllepumpe objektiv auf ihre Leistung in bezug auf die Gülleconsistenz geprüft wird, um Reklamationen aus der Landwirtschaft zu verhindern.

Für die Messung des Einflusses der GK auf den Durchsatz wurden zwei Dickstoffpumpen verwendet, die in der Praxis sehr stark eingeführt sind. Bei diesen verwendeten Pumpen handelt es sich um eine schleppergetriebene leistungsstarke Tauchpumpe (Pumpe I) und um eine elektrogetriebene Saugpumpe (Pumpe II).

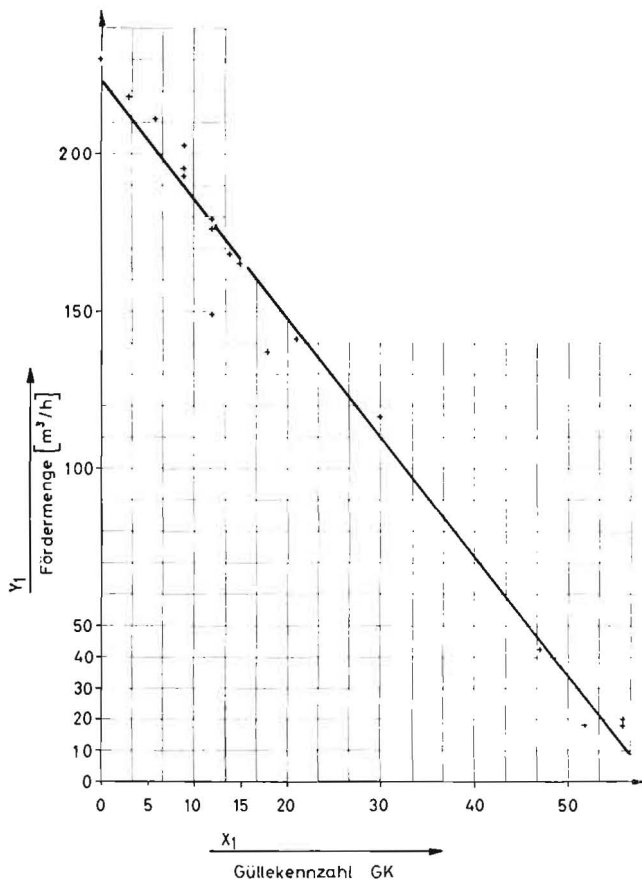


Bild 6: Fördermenge in Abhängigkeit von der Gülleconsistenz (Pumpe I)
 Förderhöhe $h = 6,5 \text{ m} = \text{const.}$; Beobachtungen $n = 18$;
 $h_1 = 223\,626 - 3\,799 \cdot x_1$

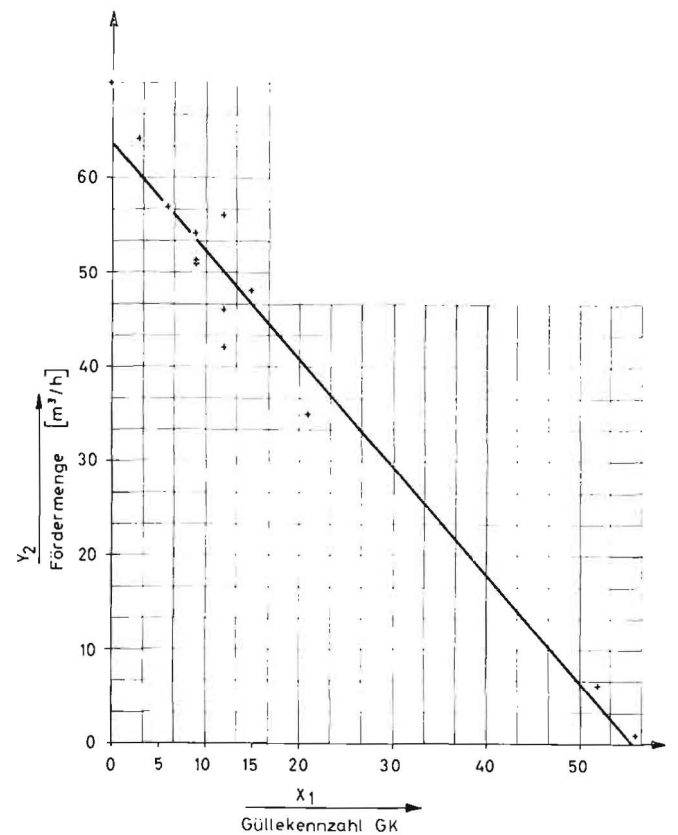


Bild 7: Fördermenge in Abhängigkeit von der Gülleconsistenz (Pumpe II)
 Förderhöhe $h = 6,0 \text{ m} = \text{const.}$; Beobachtungen $n = 13$
 $y_2 = 63\,749 - 1\,146 \cdot x_2$

Tafel 2: Fördermengen der Pumpe I in Abhängigkeit von der Güllekonzahl GK sowie Abweichungen zwischen Beobachtungswerten und Funktionswerten

Nr.	Probe	GK	Trockenmasse insgesamt [%]	Fördermenge gemessen [m ³ /h]	errechnet m ³ /h	Abweichungen	
						absolute	relative
1	D VIII	3	6,64	217,8	212,23	5,57	2,6
2	D IX	6	7,23	210,6	200,83	9,77	4,6
3	D II	9	7,94	193,0	189,44	3,56	1,8
4	D IV	9	6,58	195,0	189,44	5,56	2,9
5	D VI	9	7,55	202,5	189,44	13,06	6,5
6	D I	12	9,04	149,0	178,04	-29,04	-19,5
7	D V	12	8,11	176,0	178,04	2,04	-1,6
8	D XIII	12	8,31	179,0	178,04	0,96	0,5
9	D XII	15	8,91	165,0	166,64	-1,64	-1,0
10	D XI	21	9,51	141,0	143,85	-2,85	-2,0
11	D X	52	10,60	18,0	26,08	-8,08	-44,9
12	D IX	56	10,95	18,0	10,89	7,11	39,5
13	H ₂ O	0	0	230,0	223,62	6,38	2,8
14	E IV	18	10,7	137,0	155,25	-18,25	-13,3
15	E V	14	10,34	168,0	170,44	-2,44	-1,5
16	E III	30	10,9	116,0	109,66	6,34	5,5
17	E II	47	11,0	42,0	45,08	-3,08	-7,3
18	E I	53	11,2	20,0	10,89	9,11	45,6

Anmerkung: Für die relativen Abweichungen ist die gemessene Fördermenge gleich 100 gesetzt

Für die Pumpeneinsätze wurden verschiedene Güllegemische (s. Tafel 1, Gruppe D) verwendet, und zwar Gülle mit größtenteils nur feinen, kleinen Feststoffanteilen und Gülle mit langen, beigemischten Feststoffanteilen.

Hier mußte es sich nun zeigen, daß der Durchsatz bei konstanter Förderhöhe und bei Gülle verschiedener Zusammensetzung aber gleicher GK gleich ist. Die Pumpen wurden geprüft vom Beginn des Förderns an, bei hoher GK-Zahl, bis zum höchsten Durchsatz bei geringer GK-Zahl.

Die Tafeln 2 und 3 zeigen die Fördermengen der eingesetzten Pumpen bei konstanter Förderhöhe (Pumpe I: 6,5 m; Pumpe II: 6 m) in der Reihenfolge ansteigender GK.

Die Bilder 6 und 7 zeigen den linearen Verlauf, und zwar vom Beginn des Förderns an bis zum höchsten Durch-

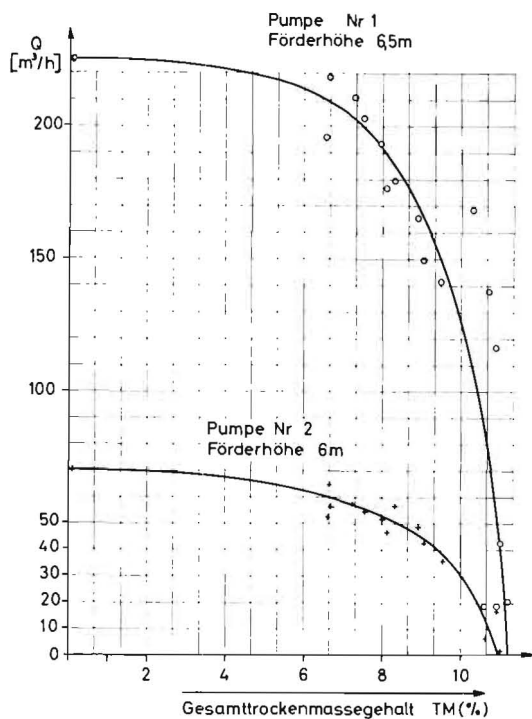


Bild 8: Fördermenge Q von Gülle bei konstanter Förderhöhe in Abhängigkeit von der Gesamt-Trockenmasse

Tafel 3: Fördermengen der Pumpe II in Abhängigkeit von der Güllekonzahl GK sowie Abweichungen zwischen Beobachtungswerten und Funktionswerten

Nr.	Probe	GK	Trockenmasse-gehalt [%]	Gemessene [m ³ /h]	Errechnete Fördermenge	Abweichungen	
						absolute	relative
1	D IX	56	10,95	1,0	-0,40	1,40	140,0
2	D X	52	10,6	6,0	4,18	1,82	30,3
3	D XI	21	9,51	35,0	39,60	-4,60	-13,4
4	D XII	15	8,91	48,0	46,57	1,43	2,9
5	D XIII	12	8,31	56,0	50,0	6,0	10,7
6	D V	12	8,11	46,0	50,0	-4,0	-8,7
7	D I	12	9,04	42,0	50,0	-8,0	-19,0
8	D VI	9	7,55	54,0	53,44	9,56	1,9
9	D IV	9	6,58	51,4	53,44	-2,04	-3,9
10	D II	9	7,94	51,0	53,44	2,44	-4,8
11	D IX	6	7,23	56,9	56,88	0,02	0
12	D VIII	3	6,64	64,0	60,31	3,69	5,8
13	H ₂ O	0	70,0	70,0	63,75	6,25	8,9

Anmerkung: Für die relativen Abweichungen ist die gemessene Fördermenge gleich 100 gesetzt.

satz bei GK 0. Dieser Höchstdurchsatz bei GK 0 wurde auch auf dem Pumpenprüfstand (H₂O) gemessen. Wie aus den Bildern zu ersehen, ist nur eine geringe Streuung der einzelnen Meßwerte zu beobachten, was die Brauchbarkeit dieser Meßmethode bestätigt.

Bild 8 zeigt die Fördermenge in Abhängigkeit vom Trockenmasse-Gehalt. Aus diesem Diagramm ist eine starke Streuung der einzelnen Meßwerte und ein kurvenähnlicher Verlauf zu ersehen. Weiter ist zu beobachten, daß die Pumpe bereits bei einem Trockenmasse-Gehalt von etwa 6 Prozent die höchste Fördermenge erreicht, was eigentlich bestätigt, daß die innere und äußere Reibung der Güllegemische bei diesem Trockenmasse-Gehalt bereits so gering ist, daß sich diese bei den Dickstoffpumpen im Durchsatz nicht mehr auswirken. So gibt es kaum einen Unterschied in der Fördermenge, ob nun ein Gemisch mit 6 bis 8 Prozent oder 8 bis 10 Prozent Trockenmasse-Gehalt gefördert wird.

5. Die Fördermenge von Dickstoffpumpen und die Lagerbehältergröße

In Bild 9 wird die Fördermenge von drei Pumpen unter Berücksichtigung der Güllekonsistenz sowie die Einsatzfähigkeit der Pumpen für Güllebehälter verschiedener Größen dargestellt, und zwar von Größen, die nach unseren

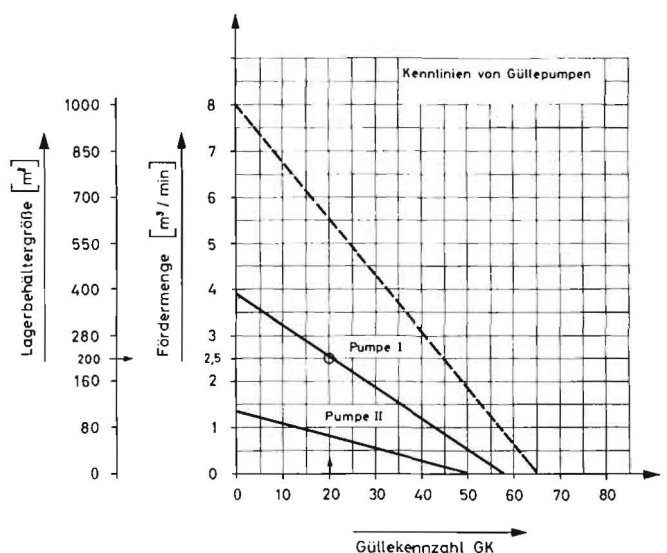


Bild 9: Zusammenhang zwischen Pumpen-Fördermenge Behältergröße und Güllekonsistenz

INHALT

Erfahrungen notwendig sind, um Gülle in solchen Behältern in 30 bis 45 Minuten zu homogenisieren. Für den richtigen Pumpeneinsatz ist die Fördermenge in Abhängigkeit von Güllekonsistenz, Förderhöhe und Lagerbehältergröße maßgebend. Bild 9 zeigt, daß man Pumpen immer nach der Fördermenge je Zeiteinheit beurteilen soll und daß leistungsschwache Pumpen für kleine Behälter und leistungsstarke Pumpen für große Behälter einzusetzen sind, wobei aber immer die Güllekonsistenz der vorhandenen Gemische zu berücksichtigen ist. Bei der Gülle mit hoher GK-Zahl wird immer eine leistungsfähige Pumpe notwendig sein, um eine entsprechende Fördermenge zu erzielen, die dann womöglich nur zum Homogenisieren von Gemischen in kleineren Behältern ausreicht. Das gleiche ist auch für leistungsschwächere Pumpen zu sagen, wenn diese in Gülle mit geringer GK-Zahl eingesetzt werden und die höchste Fördermenge erreichen, die dann ausreicht, auch Gülle in verhältnismäßig großen Behältern zu homogenisieren.

6. Zusammenfassung

Über die bisherigen Meßmethoden zur Bestimmung der Viskosität, dem Gesamt-Trockenmasse-Gehalt und dem Konsistenzfaktor kann gesagt werden, daß diese zur Einstufung der Güllekonsistenz nicht oder nur im geringen Umfang für einzelne Gemische brauchbar sind. Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß Gülle und Flüssigmist-Gemische mit Hilfe eines abgeänderten Fallkörperviskosimeters in relativ einfacher Weise in bezug auf die Pumpfähigkeit eingestuft werden können. Auch ist durch diese Meßmethode, die einheitliche Voraussetzungen für Pumpenprüfungen bringt, eine Klassifizierung der Dickstoffpumpen möglich. Durch eine Klassifizierung der Güllepumpen besteht die Möglichkeit, die Pumpen am richtigen Platz einzusetzen.

Schrifttum

- [1] BLANKEN, G.: Lagerung und Ausbringung der Gülle. Der Tierzüchter (1964) S. 891
- [2] BLANKEN, G.: Faßausbringung bei Flüssigmist. Der Tierzüchter (1965) S. 225
- [3] GRIMM, K.: Reinigung von Lauhöfen und Laufgängen. Landtechnik (1965) S. 626
- [4] GRIMM, K.: Die Technik im Flüssigmistverfahren. Bayer. Landw. Wochenblatt (1966) H. 7
- [5] GRIMM, K.: Schlußglieder der Flüssigmistkette. Bayer. Landw. Wochenblatt (1966) H. 8
- [6] SCHMID, G.: Grundsatzfragen zur Flüssigmistaufbereitung. Mitt. d. DLG (1966) S. 413
- [7] FORSTER, A.: Vergleichende Untersuchungen über die Flüssigentmischung in Riderlaufställen. Dissertation TH München 1967
- [8] KRÖNERT, J.: Physikalische Meßmethode Akademische Verlagsgesellschaft Becker und Erler Kom.-Ges., Leipzig 1944
- [9] HEINZ, W.: Rheologie und Rheometrie mit Rotationsviskosimetern. 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin 1958

Geräte koppung bei der Bodenbearbeitung

Die steigenden Leistungen der Schlepper erlauben zunehmend das Koppeln von Arbeitsgängen. Dafür steht heute eine große Zahl verschiedenartiger Geräte zur Verfügung. Die neue, zweiunddreißigseitige AID-Broschüre Nr. 308 „Geräte koppung bei der Bodenbearbeitung“ gibt hierzu einen Überblick. Sie wurde vom Arbeitskreis „Bodenbearbeitung“ des KTBL, Frankfurt, bearbeitet und behandelt Geräte kombinationen beim Pflügen, für die Stoppelbearbeitung und Saatbettbereitung sowie Verfahren der Minimal-Bodenbearbeitung. Die Broschüre beschreibt auch den unterschiedlichen Arbeitsaufwand verschiedener Bestellverfahren. Das Heft kann von den Landwirtschaftsschulen, Wirtschaftsberatungsstellen und Landwirtschaftsämtern bezogen werden.

JÜRGEN OTTO WENDEBORN: Das Betriebsverhalten moderner Getriebe in Ackerschleppern	29
KLAUS GRIMM und GERHARD RÖDEL: Die automatisierte Eliten-Sämaschine und eine neue Mechanisierungskette in der Getreidezüchtung	37
M. MAMOUN YAHIA: Untersuchungen über die Verteilungsgüte beim Spritzen auf Damm-Furchen-Profilen	44
Professor Wilhelm Knolle 70 Jahre	46
KLAUS GRIMM: Entwicklungsrichtung bei der Technik der Entmistung	47
GEORG LANGENEGGER: Eine Meßmethode zur Bewertung der Pumpfähigkeit von Gülle und Flüssigmist	55

Anschriften der Autoren

Oberreg.-Baurat Dr.-Ing. KLAUS GRIMM, Betriebsleiter der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, Vöttinger Str. 36 (Vorstand: Prof. Dr. agr. H.-L. Wenner)

Ing. agr. GEORG LANGENEGGER, Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, Vöttinger Str. 36

Ing. agr. GERHARD RÖDEL, Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, Vöttinger Str. 36

Dr.-Ing. JÜRGEN OTTO WENDEBORN, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Betriebstechnik der FAL, Braunschweig-Völkenrode, Bundesallee 50 (Direktor: Prof. Dr. S. Rosegger); jetzt: Entwicklungsingenieur in Fa. Daimler-Benz AG, Gaggenau)

Dr. sc. agr. M. MAMOUN YAHIA, Agricultural Research Corporation Medani/Sudan; zur Zeit Gastforscher am Institut für Landtechnik der Technischen Universität Berlin, 1 Berlin 33, Zoppoter Straße 35 (Direktor: Prof. Dr. Ing. Horst Göhlich)

Übersetzungen

JOSÉ ABEIJÓN, 532 Bad Godesberg, Hohenzollernstraße 14 (Spanisch)

HANS SCHWARZ, 6 Frankfurt am Main 1, Münchener Straße 7 (Englisch)

ANNELIESE WEIMANN, 6 Frankfurt am Main, Feststraße 16 (Französisch)

Herausgeber: Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung im VDMA, 6000 Frankfurt am Main-Niederrad, Lyonerstraße, Fernruf 6 60 31, Fernschreiber 04 11 321

Schriftleitung: Dipl.-Landw. W. R. Blum im Hellmut Neureuter Verlag, Wolfratshausen; Oberbaurat Dipl.-Ing. Alfred Schön, Bad Vilbel.

Verlag: Hellmut Neureuter Verlag, 8190 Wolfratshausen, Postfach 1349, Fernruf 08178/53 20, Fernschreiber 05 26 347. Erscheinungsweise: Sechsmal jährlich. Bezugspreis: Inland DM 75,— im Jahr, Ausland DM 80,— im Jahr, zuzüglich Versandkosten und Mehrwertsteuer. Bankkonten: Dresdner Bank, München Kto. 81660, Postscheck: München Kto. 83260. Vertrieb: Willi Smola, Anzeigen: U. Zangerle, Verlagsleitung: Th. Neureuter.

Druck: Verlag W. Sachon, Graphischer Betrieb, 8948 Mindelheim, Schloß Mindelburg.

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdruckes, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Für Manuskripte, die uns eingesandt werden, erwerben wir das Verlagsrecht.