

Einfluß der Blendengröße auf Volumenstrom und Arbeitsbreite des Gülletankwagens HTS 101.27

Dipl.-Ing. C. Salow/Dr. agr. M. Schulz, Institut für Biotechnologie Potsdam der AdL der DDR

Die in der DDR-Landwirtschaft vorhandenen Probleme in der Güllewirtschaft haben verschiedene Ursachen. Zu erwähnen sind hauptsächlich der überhöhte Gülleanfall durch einen teilweisen ungerechtfertigt hohen Wassereinsatz in den Tieranlagen, die oftmals nicht ausreichende Güllelagerkapazität, die meist nicht ausreichende Schlagkraft beim Ausbringen u. a. m. Aber auch die technischen Voraussetzungen an den Gülletankwagen genügen heute nicht mehr den Anforderungen an eine qualitätsgerechte Ausbringung der Gülle. Hier sind in erster Linie die bei dem am weitesten verbreiteten Gülletankwagen HTS 100.27 anzutreffende ungenügende Luftmengenleistung des Verdichters VZK60/140 sowie der in den letzten Jahren verwendete Prallteller zu nennen. Die Verdichterleistung sowie die jeweilige Verleinerichtung, im vorliegenden Fall der Prallteller, bestimmen maßgeblich die Gleichmäßigkeit der Quer- und Längsverteilung beim Verteilen der Gülle. Letztere hängen entscheidend von der Konstanz des Volumenstroms ab. Alle drei Größen beeinflussen die Ausbringqualität erheblich. Die Bedeutung einer hohen Gleichmäßigkeit der Gülleverteilung besteht darin, daß die Ungleichmäßigkeit beim Verteilen ähnliche Ertragsverluste verursacht wie bei Mineraldüngern. Hierbei wird unterstellt, daß die Düngewirkung der in Gülle enthaltenen pflanzenwirksamen Nährstoffe weitgehend der in mineralischen Düngern gleichkommt. Die Anforderungen an die Verteilqualität steigen mit zunehmender Nährstoffkonzentration der Gülle und der Güllegabe je Hektar. Zur Lösung derartiger Probleme wurden vom Institut für Biotechnologie Potsdam in den vergangenen Jahren im Auftrag des Herstellers entsprechende Untersuchungen an dem weiterentwickelten Gülletankwagen HTS 101.27 durchgeführt. Dieser war u. a. mit dem Verdichter VZK60/152, der eine doppelte Luftmengenleistung ($\dot{V} = 460 \text{ m}^3/\text{h}$) aufweist, sowie mit einem günstiger geformten und solide gefertigten Prallteller ausgerüstet. Im gleichen Zusammenhang war die Frage zu klären, inwieweit die ermittelten Ergebnisse als Grundlagen für zielgerichtet einsetzbare Einstellhilfen verwendet werden können. Das nachfolgend beschriebene Fahrzeug steht voraussichtlich erst 1992/93 als HTS 104.27 der Landwirtschaft zur Verfügung.

1. Auf die Ausbringmenge wirkende Prozeßparameter

Das Ziel der Untersuchungen bestand neben der Analyse prozeßtechnischer Zusammenhänge beim Entleeren des Tankbehälters in der Nutzung dieser Erkenntnisse für den gegenwärtigen praktischen Einsatz bei minimalem Aufwand an Meßtechnik in Form von Einstellhilfen für den Traktoristen. Diese Ergebnisse können zugleich die Grundlagen für die spätere evtl. Entwicklung einer halb- bzw. vollautomatischen geschwindigkeitsabhängigen Durchsatzregulierung sein. Entsprechend den ermittelten Zusammenhän-

gen bestimmen die von der Blendenöffnung abhängigen Parameter Volumenstrom und Arbeitsbreite sowie die Arbeitsgeschwindigkeit die Ausbringmenge bzw. die Hektargabe (Bild 1).

2. Ergebnisse der Volumenstrommessungen am HTS 101.27

Um den Einfluß der Gülleart (Rind, Schwein) und des TS-Gehalts ($\leq 10\%$) auf den sich in Abhängigkeit von verschiedenen Blendengrößen einstellenden Volumenstrom ermitteln zu können, wurden die Untersuchungen an 4 verschiedenen Standorten durchgeführt (Tafel 1).

Die Messung des Volumenstroms erfolgte mit einem induktiven Durchflußmengenmesser und einem daran angeschlossenen Schnellschreiber, der den zeitlichen Verlauf der Messung aufzeichnet. Der Durchflußmengenmesser erfüllt alle technischen Anforderungen, die an eine exakte Volumenstrommessung an Gülletankwagen gestellt werden. Als nachteilig erwiesen sich die notwendige Betriebsspannung von 220 V und die große Eigenmasse des Meßgeräts. Bei-

Tafel 1. Gülleart und TS-Gehalte an den Untersuchungsstandorten

Versuchsstandort	Gülleart	TS-Gehalt %
I	Rindergülle	6
II	Schweinegülle	6
III	Schweinegülle	9
IV	Schweinegülle	11

führung zu. Letzteres schränkt die gewonnenen Ergebnisse in keiner Weise ein. Im Bild 2 sind der prinzipielle Versuchsaufbau und die verwendeten Meßgeräte dargestellt.

Die durchgeführten Untersuchungen ergaben, daß bei Aufrechterhaltung eines annähernd konstanten Faßinnendrucks, gewährleistet durch einen leistungsstarken Verdichter und eine gleichbleibende Zapfwelldrehzahl, die Variation der Blendengröße die einzige Möglichkeit ist, um auf den Volumenstrom am Kompressorankwagen Einfluß zu nehmen, wenn man von einer Rückführung von Gülleteilströmen über eine Bypassleitung in den Tank absieht (Tafel 2). Zu berücksichtigen ist die Notwendigkeit, die im Tankwagen stehende Flüssigkeits-

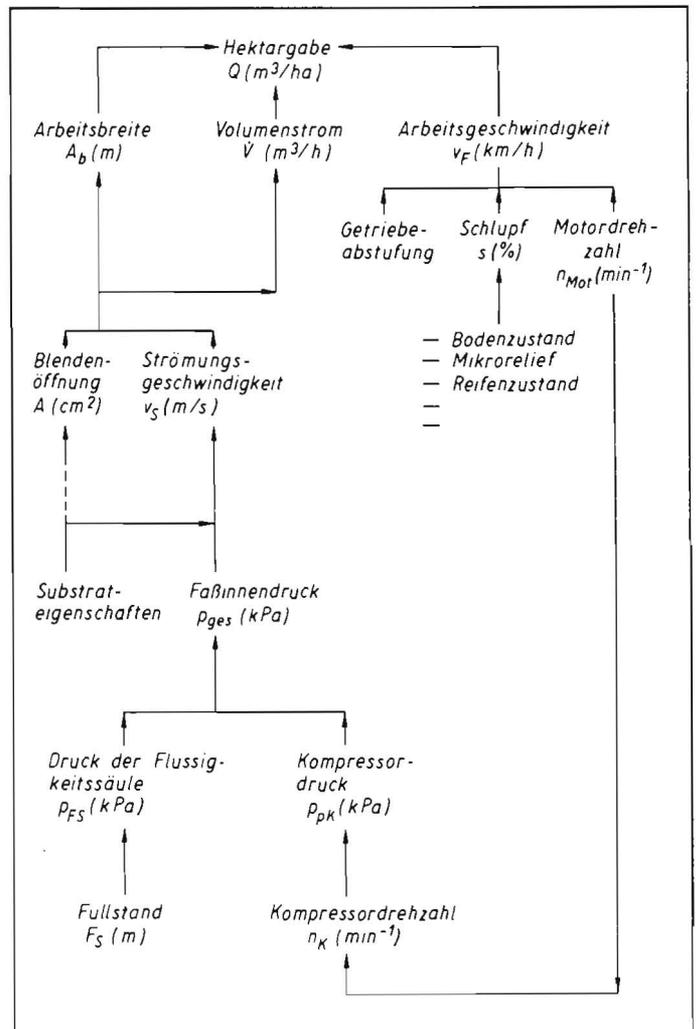


Bild 1 Zusammenwirken prozeßtechnischer Größen bei der Gülleverteilung mit Kompressorankwagen

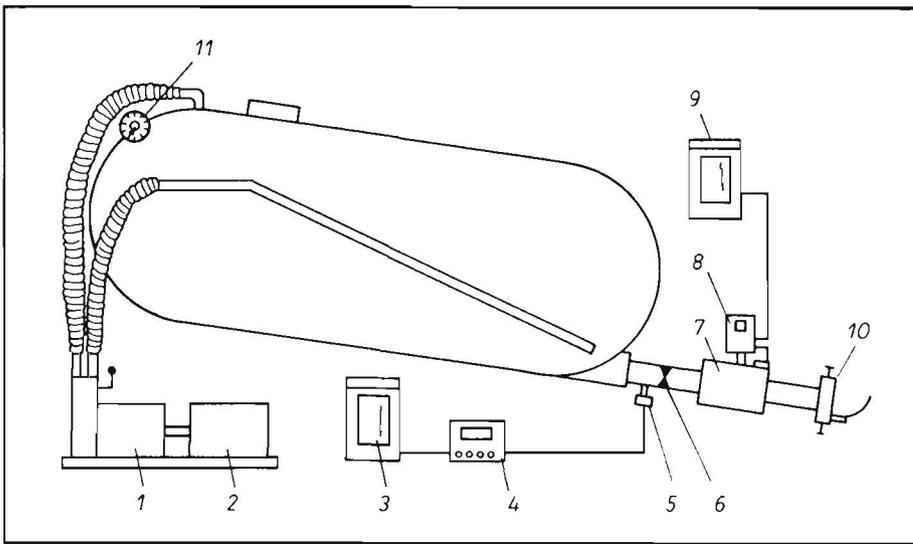


Bild 2. Versuchsaufbau und verwendete Meßgeräte zum Nachweis des Zusammenhangs zwischen verschiedenen Blendengrößen A und sich einstellenden Volumenströmen V;
 1 Kompressor, 2 E-Motor, 3 Linienschreiber, 4 Meßverstärker, 5 Druckmeßdose, 6 Schnellschlußschieber, 7 Durchflußmengenmesser, 8 Meßverstärker, 9 Linienschreiber, 10 Dosierblende mit Prallblech, 11 Manometer

säule vor Beginn der Tankentleerung mit einem Kompressordruck $p_k = 90 \text{ kPa}$ zu beaufschlagen, um gleichmäßige, definierte Versuchsbedingungen zu Beginn der Faßentleerung zu gewährleisten. Der sich so aufbauende nachgewiesene statische Druck verändert sich mit Ausnahme der Blendengröße $50,3 \text{ cm}^2$ während der Entleerung nur unwesentlich. Ein fast gleichbleibender Durchsatz war das Ergebnis. Nur bei der größten Blende sank gegen Ende der Entleerung der statische Druck an der Blende und damit der Volumenstrom.

Das mit diesen Meßergebnissen nachgewiesene Verhältnis zwischen gewählter Blendengröße und dem sich einstellenden Volumenstrom ist hoch signifikant. Die Gülleart (Rind/Schwein) und ein TS-Gehalt der Gülle bis 11% haben auf dieses Verhältnis keinen praxisrelevanten Einfluß. Das bedeutet, daß sich bei einer bestimmten wählbaren Blendengröße unabhängig vom TS-Gehalt der Gülle bis zur genannten Größe und von der Gülleart mittlere Volumenströme mit einer Genauigkeit $\geq 97\%$ am HTS101.27 vorherbestimmen und einstellen lassen, wenn folgende Prozeßbedingungen eingehalten werden:

- Faßinnendruck zu Beginn der Faßentleerung
- konstante Kompressordrehzahl bzw. Zapfwelldrehzahl
- exakte Einstellung der Blendengröße.

Die gestellten Ziele bezüglich der geforder-

ten Reproduzierbarkeit der Volumenstrom-einstellung als Grundlage für eine genaue Güllemengendosierung werden unter Versuchsbedingungen sicher erfüllt. Die Relevanz dieser Ergebnisse konnte unter praxisnahen Untersuchungsbedingungen ebenfalls nachgewiesen werden [1]. Die Konstanz der sich in Abhängigkeit von der Blendengröße am HTS101.27 einstellenden Volumenströme liegt in allen Fällen innerhalb der zulässigen Toleranz von $\pm 5\%$, um eine den akker- und pflanzenbaulichen Anforderungen gerecht werdende Längsverteilqualität zu gewährleisten. Im Verlauf der Faßentleerung schwanken die gemessenen Volumenströme zwischen 3% und 5% um die in Tafel 2 ausgewiesenen Mittelwerte.

Damit zeigt sich, daß der am HTS101.27 als Förderorgan zur Anwendung kommende Verdichter VZK 60/152 mit einer Luftförderleistung von $P_L = 460 \text{ m}^3/\text{h}$ (drucklos) die gestellten Anforderungen erfüllt. Voraussetzung dazu ist ein technisch fehlerfreier Zustand des Verdichters sowie eine über den zeitlichen Verlauf der Entleerung konstante Zapfwelldrehzahl (540 min^{-1}). Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen am HTS101.27 die in [2, 3, 4] veröffentlichten Angaben zur Förderkonstanz von Kompressortankwagen, die zwischen 2% und 6% liegt, wenn Faßinnendrucke $\geq 100 \text{ kPa}$ als Förderdruck erreicht werden können.

Tafel 2. Ausgewählte Blendengrößen A und die sich einstellenden Volumenströme V an vier Versuchsstandorten in Abhängigkeit von Gülleart und TS-Gehalt

Standort	Gülleart	TS-Gehalt %	mittlere Volumenströme in m^3/h in Abhängigkeit von Blendengröße in cm^2							
			50,3	44,2	38,5	33,2	28,3	23,8	19,6	
I	Rind	6	162	153	140	119	108	95	81	
II	Schwein	6	161	150	134	122	102	96	80	
III	Schwein	9	162	151	138	124	106	97	83	
IV	Schwein	11	- ¹⁾	150	140	124	110	95	82	
gemeinsamer Mittelwert			162	151	138	122	107	96	82	

1) wurde wegen eines Defekts des Verdichters nicht gemessen

3. Der Einfluß der Blendengröße auf die Verteil- bzw. Arbeitsbreite

Der Zusammenhang

$$\dot{V} = v_s \cdot A; \quad (1)$$

\dot{V} Volumenstrom in m^3/h

v_s Strömungsgeschwindigkeit der Gülle an der Blende in m/s

A Blendengröße in cm^2

läßt erwarten, daß sich in Abhängigkeit von den Volumenströmen auch die Strömungsgeschwindigkeiten der Gülle und dadurch die Verteil- bzw. Arbeitsbreiten blendengrößenabhängig ändern.

Die unter Praxisbedingungen erreichbaren Verteilbreiten wurden durch Verteilbreitenmessungen auf der gesamten Verteilstrecke ermittelt. Dazu wurde nach jeweils 10 m Verteilstrecke die Verteilbreite gemessen und danach gemittelt. Der Nachweis der Konstanz der blendengrößenabhängigen Verteilbreiten erfolgte durch Berechnung des Variationskoeffizienten

$$VK = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100. \quad (2)$$

In Tafel 3 sind die unter Praxisbedingungen gemessenen Verteilbreiten in Abhängigkeit vom ermittelten Volumenstrom und von dem aus Gl. (1) resultierenden Strömungsgeschwindigkeiten zusammengestellt.

Zu entnehmen ist, daß die Entwicklung der Verteilbreiten nicht dem Trend der sich in Abhängigkeit von den Blendengrößen einstellenden Faßinnendrucke bzw. der daraus resultierenden Strömungsgeschwindigkeiten folgt. Die Verringerung der Verteilbreiten mit kleiner werdenden Blendengrößen wurde auch bei der Erprobung des Dickgületankwagens HTS100.27/D1 nachgewiesen [6]. Die Ursache dafür konnte durch die vorgenommenen Untersuchungen nicht eindeutig geklärt werden. Wahrscheinlich haben die größer werdenden Strömungsgeschwindigkeiten bei kleiner werdenden Blendengrößen in Verbindung mit den sich verringernden Strahlquerschnitten eine Verteilung der Gülle in zunehmendem Maß über den mittleren Sektor des Prallbleches zur Folge, wodurch sich die Verteilbreite trotz größer werdender Strömungsgeschwindigkeiten verringert. Nach Auswertung der Untersuchungen von Schulz [5] zur Verteilgenauigkeit am HTS101.27 liegen die jeweiligen Arbeitsbreiten zwischen 1,5 m und 2 m unter den nachgewiesenen Verteilbreiten (Tafel 3). Bei dieser Überlappung (1,5 bis 2 m) stellt sich bei den verwendeten Breitverteiltern die angestrebte Verteilgenauigkeit quer zur Arbeitsrichtung von $s\% \approx 15\%$ ein.

Tafel 3. Zusammenhänge zwischen Blendengröße A, Strömungsgeschwindigkeit v_s und sich einstellenden Verteilbreiten VB bzw. Arbeitsbreiten AB am HTS 101.27 (Mittelwerte)

Blendengröße cm^2	Volumenstrom ¹⁾ m^3/h	Strömungsgeschwindigkeit m/s	Verteilbreite m	resultierende Arbeitsbreite ²⁾ m
50,3	162	9,00	11,70	10
44,2	150	9,61	12,80	11
38,5	137	10,32	13,70	12
33,2	122	10,20	13,00	11,5
28,3	108	10,21	12,60	11
23,8	95	10,97	12,50	11
19,6	81	11,48	12,40	11

1) aus der Regressionsfunktion berechnet
 2) nach Ergebnissen von Schulz [5]

Die beschriebenen Untersuchungsergebnisse werden bei der Ausarbeitung der Bedien- und Einstellhilfen für Gülletankwagen der neuen Generation (Verdichterleistung > 450 m³/h) berücksichtigt.

4. Zusammenfassung

Bei der Lösung bestehender Probleme in der Güllewirtschaft ist der Qualität beim Ausbringen große Aufmerksamkeit zu widmen. Hierzu gehört auch die bedarfsgerechte Einstellung der Ausbringmenge und ihre stabile Gewährleistung während des Verteilens. Zur Ermittlung der tankseitigen Voraussetzungen wurden entsprechende Untersuchungen durchgeführt. Bedingung für eine stabile Verteilung ist ein leistungsstarker Verdichter mit einer Luftmengenleistung über 450 m³/h.

Die Blendengröße des Kompressortankwagens hat entscheidenden Einfluß auf die Höhe des Volumenstroms. Die Parameter

Gülleart (Rind/Schwein) und TS-Gehalt bis zu einer Größe von 10 % können wegen des nur unwesentlichen Einflusses auf den Volumenstrom für die Bemessung von Güllegaben vernachlässigt werden.

Die von der Blendengröße abhängigen Volumenströme lassen sich mit Abweichungen von nur $\pm 3\%$ vorherbestimmen und weisen während der Entleerzeit eine Konstanz von $s\% \leq 5\%$ auf.

Aus den sich unter den angegebenen Bedingungen am HTS 101.27 einstellenden Verteilbreiten zwischen 11,70 m und 13 m resultieren praxiswirksame Arbeitsbreiten zwischen 10 m und 12 m.

Literatur

[1] Salow, C.; Schulz, M.; Schulz, E., u. a.: Erarbeitung von prozeßtechnischen Grundlagen und von Lösungen zur Verbesserung der Verteilqualität, insbesondere der Längsverteilung von Güllefahrzeugen unter Anwendung der Meß- und

Regeltechnik am HTS 101.27. Institut für Biotechnologie Potsdam, F/E-Bericht 1989.

- [2] Bank, G.: Detailverbesserungen sind noch nötig, aber es sind Fortschritte bei der Verteilung von Gülle erkennbar. Agrar-Übersicht, Hannover 36(1985)8, S. 50.
- [3] Luoma, T. S.: Ausbringen und Verteilen von Flüssigmist. In: KTBL-Schrift 0279, Frankfurt (M.) (1982).
- [4] Thamsen, R.: Verteilgüte beim Ausbringen von Flüssigmist. KTBL-Schrift 303, Darmstadt (1985).
- [5] Schulz, M.; Wedekind, P.; Salow, C., u. a.: Verteilrichtungen für eine bedarfsgerechte Applikation von Gülle mit dem Ziel einer effektiven Verwertung der organischen Substanz und Nährstoffe. Institut für Biotechnologie Potsdam, F/E-Bericht 1987.
- [6] Korupp, F.: Bericht über die Erprobung der Prüfmuster des Dickgülletankanhängers HTS 100.27/D1 an den Standorten Selchow und Langenreichenbach. VEB Kombinat Rationalisierungsmittel Pflanzenproduktion Sangerhausen 1986.

A 5928

Messung der Verteilgenauigkeit von Flüssigmist

Dr. H. Böning/Dipl.-Landw. U. Waldschmidt, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR, Bereich Bad Lauchstädt

Prof. Dr. sc. agr. K. Kämpfe, KDT, Institut für Düngungsforschung Leipzig der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

An die Dosier- und Verteilgenauigkeit beim Ausbringen flüssiger organischer Dünger werden im Feldversuchswesen besonders hohe Anforderungen gestellt. Mit der herkömmlichen Verteileinrichtung (Prinzip Prallblech) kann weder eine abgegrenzte Arbeitsbreite beim Befahren der Versuchspartelle noch die erforderliche Verteilgenauigkeit des Gülleschleiers erreicht werden [1, 2]. Besonders nachteilig wirkt sich die hohe Störanfälligkeit bei Wind aus. Um die Feldversuche exakt durchführen zu können, ergab sich die Notwendigkeit, eine Verteileinrichtung mit verbesserter Verteilgenauigkeit zu bauen und deren Arbeitsqualität zu prüfen.

Technische Lösung

Das Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Bad Lauchstädt, hat in Anlehnung an das vom VEB Kombinat Rationalisierungsmittel Pflanzenproduktion

Sangerhausen hergestellte Gülleverteilergerät GVG 5,6 für den Gülletankwagen HTS 100.27 im eigenen Rationalisierungsmittelbau eine Verteileinrichtung für den HTS 30.27 entwickelt und gebaut [3]. Das Gerät besteht aus einem am Auslaufstutzen des Gülletankfahrzeugs angeschlossenen Querverteiler, an dem im Abstand von jeweils 1 m 6 Fallrohre mit Pralltellern angebracht sind (Bild 1). Entsprechend dem vorgesehenen Einsatzzweck im Feldversuchswesen beträgt die Arbeitsbreite 7,0 m.

3. Prüfmethode und -anlage

Bisher wurde die Dosier- und Verteilgenauigkeit bei derartigen Geräten durch Überfahren von auf dem Erdboden aufgestellten Schalen ermittelt. Diese Methode schließt die Erfassung der Werte in den Fahrspuren aus. Die Messungen sind nicht exakt und bei Wiederholungen sehr aufwendig. Deshalb wurde die Eignung der Prüfanlage

des Instituts für Düngungsforschung Leipzig zur Ermittlung der Streugenaugigkeit von Mineraldüngern [4] auch für die Verteilgenauigkeit von Flüssigkeiten geprüft (Bilder 2 und 3). Zur Vermeidung unzumutbarer Verschmutzung der Anlage sowie aus arbeitshygienischen Gründen erfolgte die Erprobung der Gülleverteilerinrichtung mit Wasser. Die Ergebnisse sind auf die Anwendung von Gülle übertragbar. Bei der Durchflußmenge bestehen nur geringe Abweichungen zum Medium Wasser.

Zur Prüfanlage gehören auf Gestellen befestigte Schalen mit den Abmessungen 50 cm x 50 cm, die lückenlos über die gesamte Arbeitsbreite der Verteilerinrichtung und hintereinander in 4 Reihen gut zugänglich angeordnet sind, so daß eine Überfahrt 4 parallele Messungen bis zu einer Verteilbreite von 33 m ermöglicht. Zur Vermeidung von Spritzverlusten sind die Schalen mit Plastaufsätzen versehen.

Bild 1. Für Feldversuchszwecke des Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Bad Lauchstädt, gefertigte Gülleverteilerinrichtung in Arbeitsstellung



Bild 2. Messung der Gülleverteilung auf der Prüfanlage des Instituts für Düngungsforschung Leipzig

