

Thomas Hügler und Michael Weißbach, Kiel

Flüssigmist exakt ausbringen

Verfahrenstechnische Ansprüche

Quer- und Längsverteilung bestimmen die Ausbringqualität bei der Flüssigmistverteilung. Bei der Querverteilung erreichen inzwischen technisch ausgereifte Verteilereinrichtungen Verteilqualitäten, die denjenigen von Düngerstreuern kaum nachstehen. Auf die Qualität der Längsverteilung wird jedoch kaum geachtet, obwohl bei ständig zunehmenden Fahrzeugmassen vor allem in hängigem Gelände und bei ungünstigen Bodenverhältnissen verstärkt Schlupf auftritt. Die unterschiedliche Vorfahrtsgeschwindigkeit führt zu sich kleinräumig ändernden Güllegaben. Die Auswirkungen auf die Verteilqualität eines Kompressor- und Pumpentankwagens werden erläutert.

Flüssigmist besitzt organische und mineralische Nährstoffbestandteile. Sie stehen den Pflanzen sofort oder erst nach der Mineralisierung der organischen Stoffe zur Verfügung. Die Düngewirkung von Flüssigmist ist folglich bei weitem nicht so exakt kalkulierbar, wie dies bei mineralischer Düngung der Fall ist. Flüssigmist ist demzufolge nicht als zweite oder nachfolgende Düngergabe für die teilflächenspezifische Düngung geeignet. Er kann jedoch nutzbringend als Grunddüngergabe aufgebracht werden.

Voraussetzung für eine hohe Ertragswirkung dieser Flüssigmistgabe ist eine sehr gleichmäßige flächige Verteilung. Sie erfolgt in der Regel mit gezogenen oder selbstfahrenden Gülletankfahrzeugen. Die Breitverteilung übernimmt dabei das am Fahrzeug installierte Verteilorgan. Die Längsverteilung hängt vor allem von der Vorfahrt des Ausbringfahrzeuges ab.

Güllequerverteiler

Die gängigen Breitverteilungssysteme lassen sich nach der von [1] entwickelten Systematik in zentral aktive und zentral passive sowie dezentral passive Verteiler einteilen. Die Tabelle 1 ordnet existente und oft genutzte Verteiler nach dieser Systematik.

Tab. 1: Systematik der Gülleverteiler (geändert nach [1])

Table 1: Slurry distribution systems (changed acc. to [1])

zentral aktiv	zentral passiv	dezentral passiv
Rotationsdüse Schwenkverteiler	Prallteller Prallkopf	Schleppschlauchverteiler mit Dosierkopf- oder Rohrverteiler

Arbeitsbreite und Verteilbild der zentral aktiven und zentral passiven Verteiler hängen stark vom Güllefluß während der Ausbringung ab. Der Flüssigmist tritt bei diesen Systemen durch eine Düse mit nahezu konstantem Querschnitt aus. Die Austrittsgeschwindigkeit v_{ex} [m/s] bestimmt der Quotient aus Güllefluß und Düsenquerschnitt nach:

$$v_{ex} = \frac{\dot{V}_G}{A_D} \quad (1)$$

\dot{V}_G = Güllefluß [m³/s]

A_D = Düsenquerschnitt [m²]

Da der Düsenquerschnitt konstant ist, führt eine Änderung von \dot{V}_G bei diesen Verteilern zu anderen Austrittsgeschwindigkeiten und dadurch zu sich ändernden Arbeitsbreiten. Die genannten Verteilssysteme halten ihre Arbeitsbreite folglich nur ein, solange die Gülle mit konstantem Volumenstrom ausströmt.

Dezentral passive Querverteiler leiten den Flüssigmist durch die Schlepp-

schläuche an den Applikationsort. Wie die Untersuchungen von [2] zeigen, arbeiten diese Verteiler unabhängig von Gülleart, Gülletrockenmasse und Volumenstrom mit sehr großer Exaktheit (VK < 5 %). Dezentral passive Querverteiler sind demzufolge im Gegensatz zu zentral arbeitenden Flüssigmistverteilungssystemen auch bei sich änderndem Volumenstrom bestens für die exakte Breitverteilung geeignet.

Einflüsse auf die Längsverteilung

Die Qualität der Längsverteilung hängt wie die Querverteilung vom Güllefluß ab, zusätzlich aber auch von der Vorfahrtsgeschwindigkeit des Gülletankfahrzeuges. Gülletankfahrzeuge mit Druckförderung, wie dies bei Kompressortankwagen oder ölmotorgetriebenen Pumpentankwagen mit Verdrängerpumpen der Fall ist, zeigen nach [3] bei konstanten Bedingungen einen sehr gleichmäßigen Güllefluß. Gelingt es dem Fahrer, während der Gülleausbringung die Vorfahrtsgeschwindigkeit konstant zu halten, dann kann mit diesen Tankfahrzeugen eine sehr gleichförmige Längsverteilung realisiert werden.

Die einzuhaltende Vorfahrtsgeschwindigkeit für das Ausbringfahrzeug v_{TSoll} [m/s] ergibt sich abhängig von der beab-

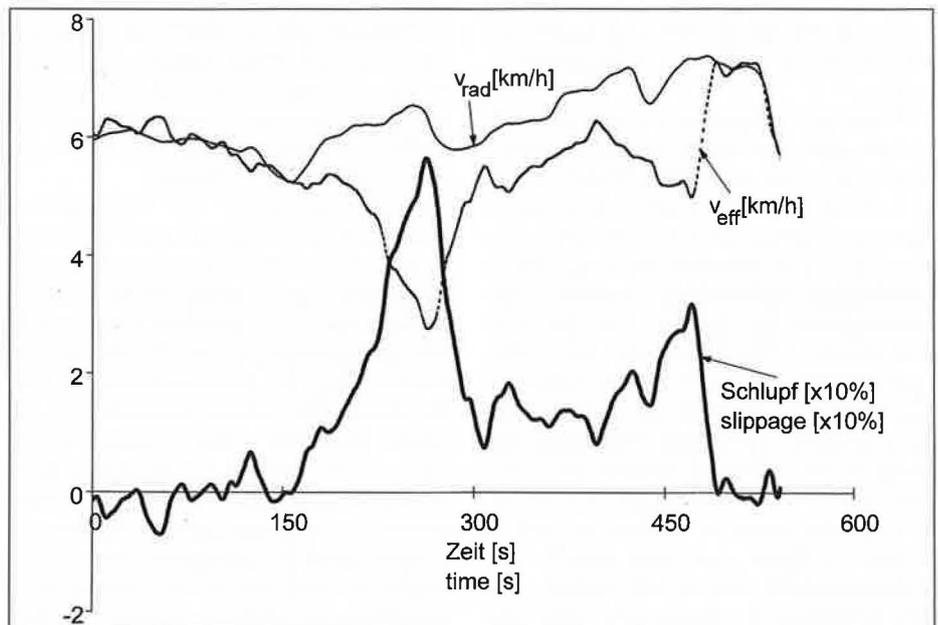


Bild 1: Schlupfbeflußte Effektivgeschwindigkeit

Fig. 1: Slippage influence on effective speed

Dr. sc. agr. T. Hügler ist wissenschaftlicher Assistent und Dr. sc. agr. M. Weißbach ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Universität Kiel (Direktor Prof. Dr. E. Isensee), Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel.
Referierter Beitrag der Landtechnik.

sichtigten Güllegabe bei konstanter Arbeitsbreite und konstantem Güllefluß nach:

$$v_{\text{Soll}} = \frac{\dot{V}_G}{b_a \cdot D_{\text{GSoll}}} \quad (2)$$

b_a = Arbeitsbreite des Verteilers [m]
 D_{GSoll} = Sollgüllegabe [$\text{m}^3/10000 \text{ m}^2$]

Wirkung von Schlupf

Auf hängigen Flurstücken, bei unterschiedlicher Trägfähigkeit des Bodens oder in Abhängigkeit vom Befüllungsgrad des Gülletanks entsteht Schlupf in unterschiedlicher Höhe an den Antriebsrädern des Zugfahrzeuges. Der Fahrer ist dann oft nicht mehr in der Lage, die vorgegebene Vorfahrtsgeschwindigkeit einzuhalten. Bei weiterhin konstantem Güllefluß kommt es in Fahrtrichtung zu unterschiedlich hohen Güllegaben. Die Güllegabe D_{Gist} bleibt nicht konstant, sondern ändert sich in Abhängigkeit von der tatsächlichen Vorfahrtsgeschwindigkeit nach:

$$D_{\text{Gist}} = \frac{\dot{V}}{b_a \cdot ds/dt} \quad (3)$$

ds/dt = Geschwindigkeitsänderung [m/s]

Bei Kompressorantankwagen und bei Pumpentankwagen mit ölmotorgetriebener Pumpe kommt es bei positivem Schlupf demzufolge zu einer Überdosierung und bei negativem Schlupf zur Underdosierung. Der Dosierfehler E_D verhält sich dabei proportional zur Abweichung von der Sollgeschwindigkeit. Er ist dem Betrage nach die Differenz zwischen Ist- und Sollwert und ergibt sich aus:

$$E_D = \left| \frac{D_{\text{GSoll}} - D_{\text{Gist}}}{D_{\text{GSoll}}} \right| = \left| 1 - \frac{v_{\text{Soll}} \cdot dt}{ds} \right| \quad (4)$$

Der Antrieb der Verdrängerpumpen bei Güllepumptankwagen erfolgt in der Regel über die Traktorzapfwelle. Bei Fahrten in hängigem Gelände führt eine Steigung dabei unabhängig von der Traktorleistung zu einem Drehzahlabfall, während es bei Talfahrten zum Drehzahlanstieg kommt. In der Regel versucht der Fahrer, besonders an Steigungen, durch Beschleunigen des Fahrzeuges dem entgegenzuwirken. Die resultierende Drehzahländerung führt dann zu einem sich ändernden Volumenstrom. Der Volumenstrom \dot{V}_V , den eine Verdrängerpumpe erzeugt, berechnet sich folgendermaßen:

$$\dot{V}_V = V_N \cdot n_P \quad (5)$$

V_N = verdrängtes Volumen je Pumpenumdrehung [m^3]

n_P = Pumpendrehzahl [1/s]

Die Änderung der Pumpendrehzahl erfolgt proportional zur Änderung der Zapfwelldrehzahl, so daß sich für zapfwellengetriebene Pumpen der in (6) definierte Meßfehler E_P ergibt:

$$E_P = \left| 1 - \frac{v_{\text{Soll}} \cdot \dot{V}_V \cdot dn/dt}{\dot{V}_{\text{Soll}} \cdot ds/dt} \right| \quad (6)$$

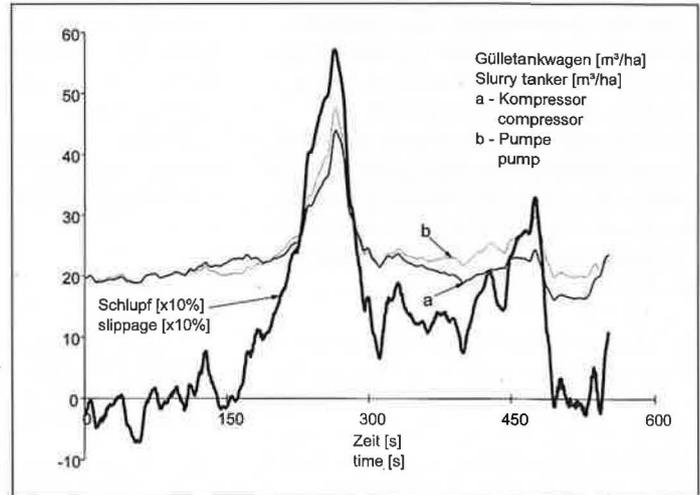
dn/dt = Änderung der Pumpendrehzahl [1/s]

Die Auswirkungen beider Fördersysteme auf den Dosierfehler soll beispielhaft für die Zugarbeit in hängigem Gelände dargestellt werden. Der Fahrer hatte die Aufgabe, die vom Traktometer angezeigte Geschwindigkeit von 6 km/h möglichst exakt einzuhalten. Um den auftretenden Schlupf zu ermitteln, wurde mit dem Radargerät die tatsächliche Geschwindigkeit bestimmt, zusätzlich wurde zur Ermittlung der Pumpenförderleistung die Zapfwelldrehzahl aufgezeichnet.

Bild 1 zeigt, daß bei der Fahrt in der Ebene Effektiv- v_{eff}

Bild 2: Schlupfbedingte Änderungen der Güllehektargabe

Fig. 2: Slippage influence on hectare slurry application



und Radumfangsgeschwindigkeit v_{rad} gut übereinstimmen. Kommt das Gespann jedoch an eine Steigung oder stören andere Faktoren die Zugkraftübertragung, dann ist der Fahrer meist nicht mehr in der Lage, die Radumfangsgeschwindigkeit und noch weniger die Effektivgeschwindigkeit auf konstantem Niveau zu halten. Der auftretende Schlupf führt zu sich ständig ändernder Effektivgeschwindigkeit. Diese Änderungen führen, wie es (4) und (6) zeigen, zu entsprechenden Dosierfehlern bei der Güllegabe.

In Bild 2 wird sowohl für einen Kompressor- wie auch einen Pumptankwagen der Güllefluß zusammen mit dem auftretenden Schlupf aufgezeigt. Angestrebt wird eine Güllegabe von 20 m^3/ha . Tatsächlich werden aber bei konstantem Güllefluß (Kompressorantankwagen) im Mittel 22,5 m^3/ha und bei dem zapfwellengetriebenen Pumpenfaß im Mittel 23,78 m^3/ha aufgebracht. Diese Werte schwanken im ersten Fall um $s = \pm 5,0 \text{ m}^3/\text{ha}$ und im letzteren Fall um $s = \pm 5,4 \text{ m}^3/\text{ha}$. Es ergeben sich für die genannten Mittelwerte somit Variationskoeffizienten von 22 und 23 %. Laut DLG – Prüfrahmen für die Beurteilung von Flüssigmist – Tankwagen und Verteilrichtungen [4] wird dieses Ergebnis gerade noch mit ausreichend bewertet. Das bedeutet, daß trotz sehr guter Verteilqualität bei der Querverteilung durch auftretenden Schlupf die Verteilqualität über die Fläche oft nicht befriedigt.

Schlußfolgerungen

Bezogen auf die Querverteilung wird bei der Gülleausbringung inzwischen ein sehr hoher Qualitätsstandard erreicht. Die Qualität der Längsverteilung findet bei der Beurteilung von Gülleausbringverfahren hingegen bisher nur wenig Beachtung. Die weiterhin ansteigenden Fahrzeugmassen bei den Gülleausbringfahrzeugen werden jedoch dazu führen, daß

für die exakte Ausbringung der Einfluß des Schlupfes mehr beachtet werden muß. Solange es dabei gelingt, per Gaspedal die kontaktlos gemessene Vorfahrtsgeschwindigkeit in vorgegebenen Grenzen zu regeln, kann mit Gülletankfahrzeugen mit konstantem Güllefluß Gülle ausgebracht werden. Sind die vorgefundenen Standortverhältnisse dafür zu komplex, dann muß mit entsprechender Meß- und Regeltechnik ein geschwindigkeitsabhängiger Güllefluß erzeugt werden, der kombiniert mit anspruchsvoller Querverteiltechnik für eine exakte flächige Verteilung sorgt.

Schlüsselwörter

Gülleausbringung, Verteilqualität, Schlupf

Keywords

Slurry application, distribution quality, slippage

Literatur

- Bücher sind mit • gezeichnet
- [1] Krause, R. und T. Michaelsen: Ausbringen von Flüssigmist – Verfahrensübersicht. KTBL – Arbeitsblatt Nr. 214, Darmstadt, 1985
 - [2] • Grieser, F.: Untersuchungen zur Genauigkeit der Querverteilung bei einem Pumpentankwagen mit Schleppschlauchverteiler. VDI-MEG-Schrift 278, Diss. Hohenheim, 1995
 - [3] • Thamsen, R.: Verteilgüte beim Ausbringen von Flüssigmist. KTBL-Schrift 303, Diss. Kiel, 1985
 - [4] -: DLG – Prüfrahmen Flüssigmist – Tankwagen und -Verteilrichtungen, 1996