

Verteilgenauigkeit von Schleppschlauchverteilern

In der Ebene gut, im Hang unterschiedlich

Joachim Sauter, Dunja Dux und Helmut Ammann,
Agroscope FAT Tänikon, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen

Eine Praxisumfrage mit 118 Rückmeldungen zeigt: Für den Erwerb eines Schleppschlauchverteilers spielt für 96 % der Käufer der Gedanke einer verbesserten Ausnutzung des betriebseigenen Stickstoffes eine wichtige Rolle. Zusätzlich wollen 92 % der Käufer eine Reduktion der Geruchsemissionen bewirken. Äussere Anreize zum Erwerb zum Beispiel in Form von Investitionsbeiträgen werden sehr wenig angeboten. Die durchschnittliche jährliche Ausbringmenge der derzeit eingesetzten Schleppschlauchverteiler beträgt 2700 m³ mit überwiegend 1 : 1 verdünnter Gülle. Obwohl die meiste anfallende Gülle auf ebenen Flächen ausgebracht wird, werden 48 % der Verteiler auch bei Hangneigungen über 20 % eingesetzt. Im Allgemeinen sind die Landwirte mit ihren Maschinen sehr zufrieden, was sich auch an dem hohen

Anteil (99 %) widerspiegelt, welche die Maschine erneut kaufen würden.

Während einer praktischen Prüfung untersuchte Agroscope FAT Tänikon sechs Verteiler bei unterschiedlichen Hanglagen (0, 15 und 30 % Hangneigung) auf ihre Arbeitsqualität. Zusätzlich wurde bei fünf Maschinen die Verteilung in der Ebene beim Anschluss an ein Vakuumfass bestimmt. Es zeigte sich, dass alle gewählte Maschinen in der Ebene die derzeit nach europäischer Norm (Europäische Norm 1998) geforderten Bedingungen erfüllen können. Die mittlere Abweichung lag zwischen 1,8 und 10,0 %. Am Hang unterscheiden sich die Verteiler deutlicher. Bei 15 % Hangneigung erfüllen vier Maschinen die Norm. Nach einer Steigerung der Hangneigung auf 30 % konnte bei einer niedrigen Fördermenge

(450 l/Minute) ein Verteiler bzw. bei einer hohen Fördermenge (750 l/Minute) vier Verteiler diese Bedingungen erfüllen.

Beim Erwerb eines Schleppschlauchverteilers ist mit Investitionskosten von zirka Fr. 15 000.– zu rechnen. Kosteneinsparungen können sich durch überbetrieblichen Maschineneinsatz oder durch das Mieten der Maschinen ergeben. Für eine Eigenmechanisierung sollten eine Ausbringmenge von mindestens 2000 m³/Jahr zu Grunde gelegt werden.

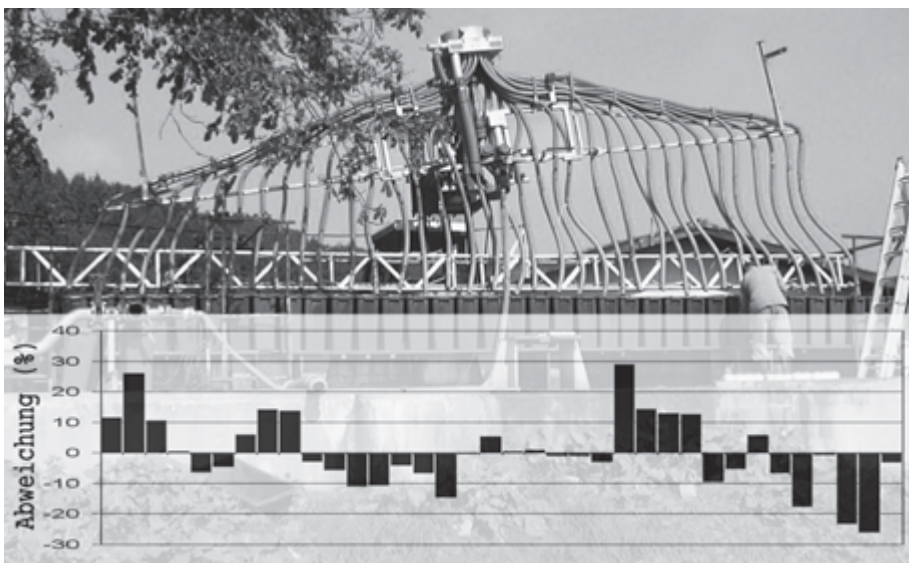


Abb. 1: Schleppschlauchverteiler auf dem Prüfstand. Können sie auch am Hang genau verteilen?

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Praxisumfrage	2
Prüfstandversuche	5
Wirtschaftlichkeit	9
Zusammenfassung	11
Literatur	12

Problemstellung

25–95 % des in der Gülle enthaltenen Ammonium-Stickstoffs können bei breitflächiger Verteilung über die Luft verloren gehen (Frick 1997). Die Verluste belasten die Umwelt und mindern die Wirkung der ausgebrachten Gülle. Zur Minderung dieser Verluste wurden Mitte der 1980er Jahre die ersten Schleppschlauchverteiler entwickelt. Mittels dieser Technik können die Verluste um 30 bis 60 % reduziert werden (Frick 1997). Zusätzlich werden durch den Einsatz von Schleppschlauchverteilern weitere positive Nebeneffekte erzielt (siehe Tab. 1). Aufgrund dieser Vorteile sind derzeit schon zahlreiche Schleppschlauchverteiler überwiegend in ebenen Regionen im Einsatz. Nach 20 Jahren Entwicklungszeit versprechen die Landtechnikfirmen ausgereifte Verteilsysteme entwickelt zu haben, die einfach in der Handhabung und zugleich funktionssicher in Hanglagen sind. Dies veranlasste die Agroscope FAT Tänikon die zur Zeit auf dem Schweizer Markt befindliche Technik zu untersuchen. Die Untersuchung erfolgte in zwei Teilen. Der erste Teil basiert auf einer Umfrage mittels Fragebogen. In einem zweiten Teil wurden sechs verschiedene Verteilsysteme in drei Hangneigungsstufen 0, 15 und 30 % bei zwei Fördermengen (450 l/Minute und 750 l/Minute) getestet.

Praxisumfrage

Der von der Agroscope FAT Tänikon erstellte Fragebogen gliederte sich in vier Teilbereiche. Der erste Teilbereich diente zur Beschreibung der Maschine. Hier konnten technische Angaben zur Maschine wie Hersteller, Typ und Baujahr gegeben werden. In einem weiteren Teil hatten die Beantworter die Möglichkeit, Gründe, die zum Kauf dieser Maschine geführt haben, anzugeben. Der dritte Teil enthielt Angaben zu den Einsatzgebieten der Verteiler. Abschliessend wurden die Anwender zu ihren gesammelten Erfahrungen befragt. Zur Befragung standen 188 Adressen von Landwirten, Betriebsgemeinschaften und Lohnunternehmern zur Verfügung. 118 Adressaten haben den Fragebogen ausgefüllt. Die Antwort-

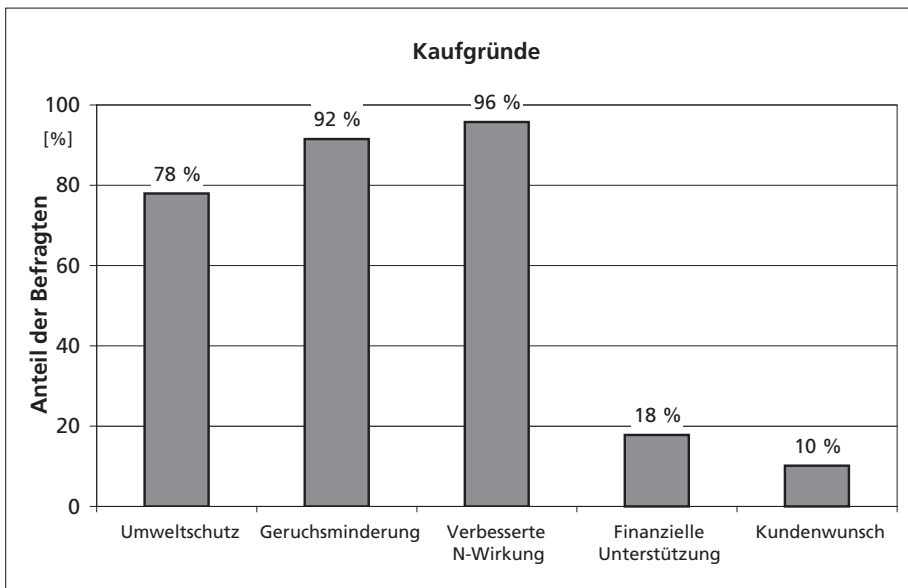


Abb. 2: Anteil der Gründe in Prozent, die zum Kauf eines Schleppschlauchverteilers führten. (Ergebnis einer Umfrage)

ten beinhalten Angaben von insgesamt neun verschiedenen Fabrikaten mit Arbeitsbreiten von 6–16 m, die sich alle für die Verschlauchung eignen. Alle in der Umfrage erfassten Verteiler wurden zwischen 1999 und 2003 produziert.

Weshalb werden Schleppschlauchverteiler gekauft?

Die Entscheidungen, die zum Kauf eines Verteilers führen, haben oft mehrere Ursachen. Im Fragebogen wurden bereits mögliche Entscheidungsgründe angeboten, die durch ankreuzen ausgewählt werden konnten.

Es zeigt sich, dass für nahezu alle Kaufentscheidungen (96 %) die verbesserte Ausnutzung des Stickstoffs (N) der betriebseigenen Gülle im Vordergrund stand, da aufgrund verschiedenster Richtlinien (Swissbilanz, IP oder Bio) der Zukauf von N-Dünger begrenzt oder unmöglich ist (Abb. 2). 92 % aller Anwender, die zum Teil zusätzlich im Tourismus- oder Gastronomiebereich tätig sind, haben den Aspekt der Geruchsminderung in ihre Kaufentscheidung mit einbezogen. Allgemeine Aspekte des Umweltschutzes sind für 78 % der Befragten von Bedeutung. Lediglich bei 18 % hat eine finanzielle Unterstützung zum Beispiel durch die Kantone die Entscheidung be-

Tab. 1: Vor- und Nachteile der Güllenausbringung mittels Schleppschlauchverteilern im Vergleich zu Breitverteilern

Vorteile:	Nachteile:
<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Stickstoffverluste, • Reduktion der Geruchsbelastung, während und nach der Ausbringung, • Bessere Verteilgenauigkeit, • Unempfindlichkeit der Verteilgenauigkeit gegen Windeinflüsse, • Vereinfachtes Güllen entlang von Wegrändern und Bachläufen, • Geringere Futtermverschmutzung, somit • Höhere Schmachhaftigkeit des Futters, • Weniger Verätzungen der Pflanzen durch die ausgebrachte Gülle sowie • Ausbringung auch bei späteren Vegetationsstadien möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Investitionskosten, • Höhere Maschinengewichte, • Erhöhter Remisenbedarf, • Höhere Ansprüche an die Maschinenhandhabung, • Erhöhter Wartungsaufwand, • Erschwerte Sichtverhältnisse nach hinten, • Erhöhte Anfälligkeit des Verteilers gegenüber Verstopfungen und • Erschwertes Umfahren von Bäumen, Strom- und Telefonmasten.

einflusst, da vielerorts keine Unterstützungen gewährleistet werden. Für einige Lohnunternehmer spielt auch der Aspekt, bestehende Kundenbedürfnisse zu befriedigen bzw. neue Kunden zu gewinnen, eine wichtige Rolle. Da jedoch die meisten Verteiler von Familienbetrieben bzw. von Betriebsgemeinschaften gekauft wurden, beträgt dieser Anteil der Kaufgründe nur 10 %. Zusätzlich wurden öfters die Gründe der geringeren Futterverschmutzung und somit Erhöhung der Schmackhaftigkeit des Futters, saubere und damit hygienischere Arbeitsbedingungen sowie die Verbesserung des Images der Landwirtschaft aufgeführt.

Durchschnittlich bringt ein Verteiler jährlich 2700 m³ Gülle aus

Schleppschlauchverteiler ermöglichen die Ausbringung von Rinder-, Schweine- und Geflügelgülle. Geflügelgülle wird vor der Ausbringung stets mit Rinder- oder Schweinegülle vermischt. Ein durchschnittlicher Verteiler mit 9,0 m Arbeitsbreite bringt jährlich zirka 2700 m³ Gülle aus. Die Extreme liegen jedoch sehr weit auseinander. So werden zum Beispiel Spitzenwerte der jährlichen Ausbringungsmenge von mehr als 10 000 m³/a und weniger als 500 m³/a angegeben. Die Verteiler werden überwiegend (47 %) zur Ausbringung von reiner Rindergülle verwendet. 43 % seiner Jahresleistung erbringt er bei der Ausbringung von Mischgülle aus (Rind, Schwein, Geflügel und Hauswasser). Auch die Zusammensetzung der Mischgülle besteht vor allem aus Rindergülle. Die Jahresleistung an reiner Schweinegülle beträgt 10 %. Lediglich 8 % der Gülle wird als unverdünnt bezeichnet. Die Hälfte der anfallenden Gülle (48 %) ist 1 : 1 mit Wasser verdünnt. Knapp bei einem Viertel (24 %) der Gülle wird die Verdünnung auf 1 : 1,5 geschätzt. 16 % der Gülle enthalten doppelt so viel Wasser wie Gülle (Verdünnung 1 : 2). Die restlichen 4 % sind noch stärker verdünnt.

48 % der Schleppschlauchverteiler arbeiten auch am Hang

Die Auswertung der Güllenmengen bezogen auf die Hangneigungsstufen ergibt, dass die meiste mit Schleppschlauchverteilern ausgebrachte Gülle (43 %) in der Ebene verteilt wird. (Abb. 3).

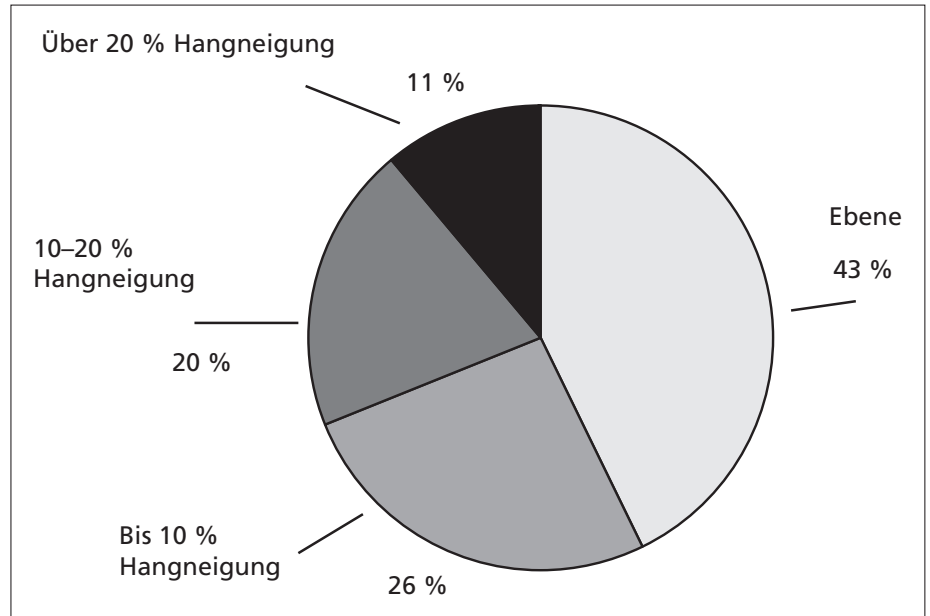


Abb. 3: Anteil der ausgebrachten Gülle in Prozent nach Hangneigung. (Ergebnis einer Umfrage)

26 % der jährlich anfallenden Gülle werden mit diesem Verteilsystem in Hanglagen bis zu 10 % Hangneigung ausgebracht. Lediglich 11 % der Gülle werden in Hanglagen, die steiler als 20 % Hangneigung sind, ausgebracht. Stellt man diesen Zahlen die Einsatzgebiete der Verteiler gegenüber, so erkennt man, dass obwohl verhältnismässig wenig Gülle in steilen Hanglagen ausgebracht wird, die meisten Verteiler in der Lage sein müssen, Gülle in den Hanglagen ausbringen zu können. Wie Abb. 4 zeigt, sind 48 % der Verteiler auch in Hanglagen mit mehr als 20 % Hangneigung im Einsatz.

Mehr als drei Viertel aller Verteiler müssen auch Gülle in Hanglagen zwischen 10 und 20 % Hangneigung verteilen können.

Wie arbeiten die Verteiler in der Praxis?

Im praktischen Einsatz hat die Verteilerqualität sowie die Anfälligkeit des Verteilers gegenüber Verstopfungen wohl den bedeutetsten Stellenwert. Auf die Frage wie oft ein Verteiler verstopft, hatten die Anwender drei Antworten zur Auswahl:

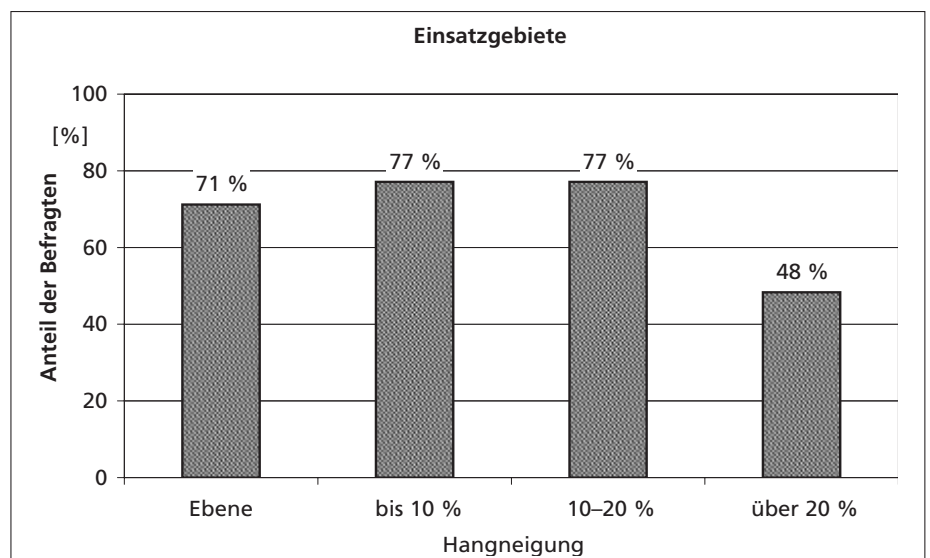


Abb. 4: Anteil der Schleppschlauchverteiler in Prozent, die bei verschiedenen Hangneigungen eingesetzt werden. (Ergebnis einer Umfrage)

Mehrmals/Tag, einmal/Tag oder weniger. 86 % beantworteten diese Frage mit «weniger» als einmal/Tag. (Abb. 5). Einige Beantworter unterstrichen diese Aussage, indem sie zusätzlich angaben, dass ihr Verteiler noch nie verstopfte. Lediglich 2 % der Antworter gaben an, dass ihr Verteiler mehrmals am Tag verstopft.

Auf die Frage der Verteilqualität wurden allen Verteilern mit 99 % der Antworten eine gute Verteilung in der Ebene bescheinigt. Unterschiede in der Verteilung während des Hangeinsatzes wurden von den Anwendern festgestellt. Hier vergaben 73 % der Anwender ihrem Verteiler die Note gut (Abb. 6). 26 % der Befragten sind mit der Verteilung zufrieden. 1 % der Befragten empfindet die Verteilung am Hang als schlecht.

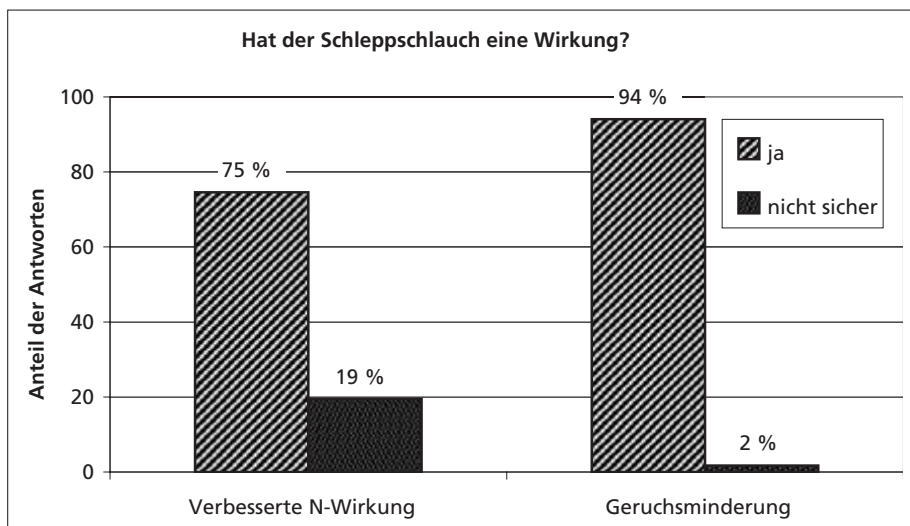


Abb. 7: Wirkung des Schleppschlauchverteilers bezüglich N-Wirkung und Geruchsminderung in Prozent nach den Meinungen der Landwirte. (Ergebnis einer Umfrage)

Wie oft verstopft der Verteiler?

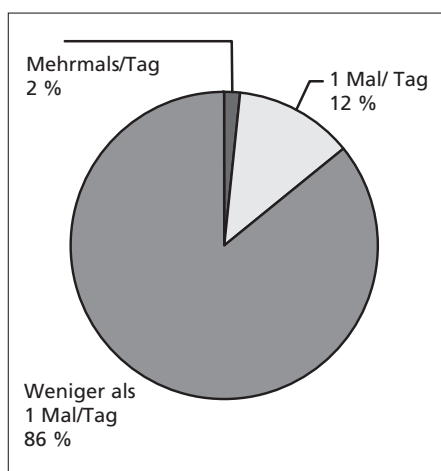


Abb. 5: Anteil der Nennungen in Prozent bezüglich der Verstopfungen des Verteilerkopfes. (Ergebnis einer Umfrage)

Wie arbeitet der Verteiler am Hang?

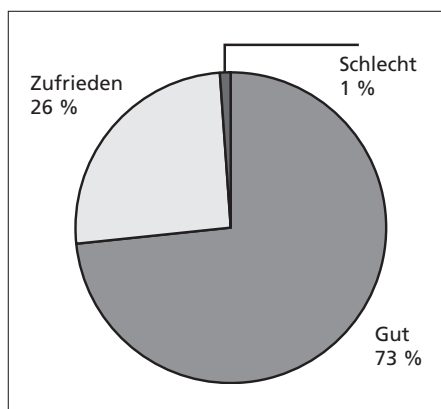


Abb. 6: Anteil der Antworten in Prozent bezüglich der Verteilqualität am Hang. (Ergebnis einer Umfrage)

Tab. 2: Geprüfte Verteilertypen deren Hersteller und Vertriebspartner

Fabrikat:	Hersteller/Vertrieb	Technische Daten
Markus Brunner Modell: RAB 8,4m 	Brunner Landmaschinen Bleiche Rickenbach CH-9536 Schwarzenbach <u>Hersteller Verteilerkopf</u> Brunner Landmaschinen Bleiche Rickenbach CH 9536 Schwarzenbach	Arbeitsbreite: 8,4 m Anzahl der Abgänge: 28 Funktionsprinzip: Rotierende Düse Gewicht: 610 kg Hydraulikanschlüsse: 2 DW Anbau: Akkorddreieck / Kat 2 Ausrüstung der geprüften Maschine: Kombianlage: sowohl für Fass als auch Verschlauchung, Tropfstop Listenpreis: Fr. 13 500.–
Fankhauser Modell: Perfekt 9,0 m 	Fankhauser Maschinenfabrik Luzernstrasse 36 CH-6102 Malters <u>Hersteller Verteilerkopf</u> Fankhauser Maschinenfabrik Luzernstrasse 36 CH-6102 Malters	Arbeitsbreite: 9,2 m Anzahl der Abgänge: 36 Funktionsprinzip: Liegende Lochscheibe Gewicht: 560 kg Hydraulikanschlüsse: 1 DW Anbau: Kat 2 Ausrüstung der geprüften Maschine: Beleuchtung, Hangausgleich, Dreiweghahn, Fremdkörperabscheider, Gelenkwellenanschluss Listenpreis: Fr. 13 600.–
Fliegl Modell Garant 9 m 	Landtechnik Zollikofen Eichenweg 39 CH-3052 Zollikofen <u>Hersteller Verteilerkopf</u> Fliegl GmbH Agro – Center Maierhof 1 D-84556 Kastl	Arbeitsbreite: 9,0 m Anzahl der Abgänge: 36 Funktionsprinzip: Schneckenverteiler Gewicht: 970 kg Hydraulikanschlüsse: 1 DW Anbau: Akkorddreieck / Kat 2 Ausrüstung der geprüften Maschine: Elektrohydraulische Betätigung aus der Schlepperkabine, Tropfstop, Zeitgesteuerte Schneckensteuerung Listenpreis: Fr. 16 700.–

Sind die Landwirte mit der zur Verfügung stehenden Technik zufrieden?

Auf die Frage der Zufriedenheit zeigt sich ein sehr klares Bild. 99 % der Anwender sind mit ihrer Maschine sehr zufrieden und würden diese wieder kaufen, obwohl die Erwartungen bezüglich der verbesserten N-Wirkung der Gülle nur von 75 % der Anwender mit ja beantwortet werden konnten. 19 % der Anwender konnten bezüglich der N-Wirkung keine Aussage treffen, da sie ihre Maschine erst seit dem sehr trockenen Jahr 2003 im Einsatz haben. Bezüglich einer Reduzierung der Geruchsbelastung sind sich 94 %

der Befragten sicher, dass der Schleppschlauch eine Wirkung hat (Abb. 7).

Messungen fanden mit sechs verschiedenen Verteilern statt (Tab. 2).

Prüfstandversuche

Im praktischen Teil wurde die Verteilqualität von Schleppschlauchverteilern auf einem Prüfstand untersucht. Einige Hersteller von Schleppschlauchverteiler kaufen den Verteilerkopf als fertiges Bauteil von anderen Firmen zu. Da die Auswahl der Maschinen nach dem verwendeten Verteilerkopf erfolgte, wurde in solchen Fällen nur eine Maschine mit dem entsprechendem Verteilerkopf geprüft. Die

Funktionsweise des Prüfstandes

Ziel der Prüfstandsmessungen ist die Bestimmung der Verteilgenauigkeit im stationären Betrieb. Eine drehbare Aufhängung des Verteilers ermöglicht die Simulation von unterschiedlichen Hangneigungen. Der Zufluss der Gülle erfolgte wahlweise über eine Exzentrerschneckenpumpe oder ein Vakuum-/Druckfass mittels eines flexiblen Schlauchs. Während der Messungen wurden die Durchflussmengen im Versorgungsschlauch und die statischen Drücke direkt an den Kuppelungspunkten der Verteiler aufgezeichnet. Die Verteilerschläuche waren an einem schwenkbaren Balken befestigt. Dadurch war es möglich, die ausfließende Gülle in verschiedene Behälter zu leiten. Dies war nötig, da bei der Inbetriebnahme der Verteiler erst nach einer Anlaufzeit gleichmässig arbeitet. Während der Anlaufzeit floss die Gülle von der Messeinrichtung weg. Nach zirka einer Minute Laufzeit begann die eigentliche Messung durch das Schwenken des Balkens, sodass für 30 Sekunden die Gülle der einzelnen Schläuche in 60 l-Wiegebehälter (Abb. 8) floss. Die Bestimmung der Verteilung erfolgte durch das anschließende Wiegen der Behälter. Durch Schrägstellen der Verteileraufhängung und entsprechenden Verlängerungen der Schleppschläuche war es möglich, eine Hangneigung von 15 und 30 % zu simulieren (Abb. 8).

Für die Messungen, die bei den einzelnen Einstellungen dreimal wiederholt wurden, stand verdünnte Rindergülle mit einem TS-Gehalt von 3,4 bis 4,5 % zur Verfügung. Diese wurde nach jeder Messung erneuert.

Die Verteilgenauigkeit bestimmen

Als Mass der Verteilgenauigkeit wurde aus drei Messungen die mittlere Abweichung von der durchschnittlichen Ausflussmenge berechnet. Dies erfolgte in fünf Schritten:

1. Für jede Einzelmessung wird der Mittelwert über alle Schläuche berechnet.
2. Berechnung der Abweichung (Zahlenwert) der einzelnen Schläuche zum Mittelwert.

[Fortsetzung Tab. 2]

	Hersteller/Vertrieb	Technische Daten
Hadorn Modell: Spider Compact 9,0 m 	Hadorn's Gülletechnik Lindenholz CH-4935 Leimiswil <u>Hersteller Verteilerkopf</u> Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH Holthöge 10-14 D-49632 Essen	Arbeitsbreite: 9,0 m Anzahl der Abgänge: 30 Funktionsprinzip: Zwei stehende Lochscheiben Gewicht: 620 kg Hydraulikanschlüsse: 1 DW Anbau: Akkorddreieck / Kat 2 Ausrüstung der geprüften Maschine: Beleuchtung, Hangausgleich, Dreiweghahn, Fremdkörperabscheider, Verstärktes Drehgelenk, Manometer Lochscheibe: TFL 619 Listenpreis: Fr. 17 200.-
Hochdorfer Modell: Exzenter-Cut 9,0 m 	Hochdorfer Gülletechnik Siegwartsstrasse 8 CH-6403 Küssnacht <u>Hersteller Verteilerkopf</u> HARSØ MASKINER A/S Fåborgvej 5 DK-6818 Årre	Arbeitsbreite: 9,0 m Anzahl der Abgänge: 30 Funktionsprinzip: Zwei stehende Lochscheiben Gewicht: 570 kg Hydraulikanschlüsse: 1 DW Anbau: Kat 2 Ausrüstung der geprüften Maschine: Beleuchtung, Hangausgleich, Dreiweghahn, Fremdkörperabscheider, Erhöhte Montage des Verteilerkopfes Listenpreis: Fr. 16 700.-
Schweizer Modell: Terracare 7,8 m 	SCHWEIZER AG Maschinenfabrik Gülle- und Umwelttechnik CH-9536 Schwarzenbach <u>Hersteller Verteilerkopf</u> SCHWEIZER AG Maschinenfabrik Gülle- und Umwelttechnik CH-9536 Schwarzenbach	Arbeitsbreite: 7,8 m Anzahl der Abgänge: 26 Gewicht: 550 kg Funktionsprinzip: Stehende Lochscheibe Hydraulikanschlüsse: 1 DW Anbau: Kat 2 Ausrüstung der geprüften Maschine: Gelenkwellenantrieb, Manometer hydraulisch klappbar mit 3,5 Öffnungen Flügelrotor: mit 3,5 Öffnungen Lochscheibe: Ø22 + Ø24 Bohrungen Listenpreis: Fr. 13 550.-

3. Berechnung des Durchschnitts aus 2. (Ergebnis = durchschnittlicher Abweichungsbetrag).
4. Der durchschnittliche Abweichungsbetrag (aus 3.) wird durch den Mittelwert aller Schläuche (aus 1.) dividiert (Ergebnis = mittlere Abweichung)
5. Bildung des Mittelwertes der mittleren Abweichungen aus drei Einzelmessungen.

Die mittlere Abweichung muss kleiner als 15 % sein, damit die Maschine den heutigen gültigen Anforderungen entspricht (Europäische Norm 1998). Nach dem Schema der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) wird eine mittlere Abweichung kleiner als 10 % mit gut bezeichnet; Abweichungen kleiner als 5 % mit sehr gut (DLG 2003).

Zusätzlich zur mittleren Abweichung darf die maximale Abweichung einzelner Schläuche nicht grösser als 30 % sein. Die Ergebnistabelle zeigt die maximale positive und negative Abweichung (Tab. 3).

Ergebnisse

RAB 8,4 m, Markus Brunner, Schwarzenbach

Die Verteilgenauigkeit des Güllenverteilers von Markus Brunner wurde bei der Verschlauchung bei zwei Durchflussmengen (450 und 740 l/Minute) und beim Anschluss an ein Vakuumfass bestimmt. Beim Anschluss an ein Vakuumfass müssen die Gummi-Düsen im Verteilerkopf entfernt werden. Dies führt zu einer Querschnittserweiterung der Verteilerabgänge und bewirkt eine Abnahme des Betriebsdruckes, woraus eine geringfügige Verschlechterung der Verteilgenauigkeit resultiert. Die Messungen zeigen, dass mit zunehmender Durchflussmenge die Verteilgenauigkeit zunimmt und mit zunehmender Hangneigung abnimmt (Abb. 9–11). Die Ergebnisse bei einer Fördermenge von zirka 450 l/Minute an der Exzenter Schneckenpumpe bei 0 und 15 % Hangneigung waren sehr gut. Bei 30 % Hangneigung wichen die Ausflussmengen einzelner Verteilerschläuche mehr als 30 % vom Mittelwert ab, sodass die Verteilung nicht mehr der Norm entsprach (Abb. 11). Sehr gute Ergebnisse wurden bei der Fördermenge von 750 l/Minute in allen drei Hangneigungsstufen sowie beim Anschluss an ein Vakuumfass in der Ebene bestimmt (Abb. 10). Auffallend bei diesem Verteiler ist der hohe Gegendruck bei der Verschlau-



Abb. 8: 60 l-Behälter fangen die aus den einzelnen Schläuchen ausfliessende Gülle auf. Dargestellt ist die Simulation des Einsatzes bei 30 % Hangneigung mit entsprechend verlängerten Schläuchen. Die Messungen wurden bei den jeweiligen Einstellungen drei Mal wiederholt.

chung, der bei einer Fördermenge von 740 l/Minute bis zu 2,7 bar betragen kann und die Pumpe zusätzlich belastet.

Kommentar des Herstellers:

Je nach Pumpengrösse vergrössern oder verkleinern wir die Grösse der Gummidüse. Das geschieht einfach durch Abschneiden der Düse in der Länge (Koni-sche Form). Dadurch kann der Gegendruck in der Leitung problemlos reguliert werden. Das Gewicht für eine Soloanlage nur für Verschlauchungen beträgt 500 kg.

Perfekt 9,0 m, Fankhauser Maschinenfabrik, Malters

Die Verteilgenauigkeit des Schleppschlauchverteilers der Firma Fankhauser Maschinenfabrik wurde bei einer Ausbringleistung von 750 l/Minute am Anschluss an eine Schneckenpumpe und an ein Vakuumfass bestimmt (Abb. 9 und 10). Zum Anschluss an ein Vakuumfass sind keine Veränderungen nötig, daher waren die Messergebnisse sehr ähnlich, wie bei der Verschlauchung. Während der Messung trieb ein Hydraulikmotor (280

Tab. 3: Zusammenfassung der Ergebnisse der Prüfstandversuche

		Verteilertyp	Hochdorfer Exzenter-Cut 9,0 m		Fliegl Garant 9,0 m	Fankhauser Perfekt 9,0 m	
			tief	hoch	sehr hoch	hoch	
Fass	0 % Neigung	Mittlere Abweichung %	--	2.6	9.7	7.5	
		Max. Abweichungen +/- %	--	-5.8 / 5.8	-47.7 / 14.8	-13.6 / 25.8	
		Bewertung	--	sehr gut	gut(*)	gut	
		Anteil Links/Rechts %	--	49.2% / 50.8%	50.1 / 49.9	48.2 / 51.8	
		Ausbringungsmenge l/Minute	--	708	1054	800	
		Druck bar	--	0.79	0.18	0.51	
		Trockensubstanz %	--	4.3	4.6	4.1	
		Mittlere Abweichung %	2.4	2.2	2.9	10.0	
		Max. Abweichungen +/- %	-5.1 / 6.7	-3.7 / 4.3	-13.3 / 5.2	-21.2 / 30.9	
		Bewertung	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	
Verschlauchung	0 % Neigung	Anteil Links/Rechts %	49.7 / 50.4	49.3 / 50.8	49.7 / 50.3	47.9 / 52.1	
		Ausbringungsmenge l/Minute	464	754	1114	759	
		Druck bar	0.52	0.77	0.16	0.48	
		Trockensubstanz %	4.2	3.9	4.0	4.1	
		15 % Neigung	Mittlere Abweichung %	4.0	2.2	11.5	9.4
			Max. Abweichungen +/- %	-19.4 / 23.7	-3.7 / 4.3	-35.9 / 15.0	-18.5 / 35.7
			Bewertung	sehr gut	sehr gut	befriedigend(*)	gut(*)
			Anteil Links/Rechts %	49.7 / 50.3	49.7 / 50.3	55.2 / 44.8	49.5 / 50.5
			Ausbringungsmenge l/Minute	455	743	1114	760
			Druck bar	0.49	0.74	0.14	0.47
Trockensubstanz %	4.5		4.4	4.3	4.1		
30 % Neigung	Mittlere Abweichung %		12.1	7.1	24.3	9.2	
	Max. Abweichungen +/- %		-53.5 / 16.2	-41.1 / 59.1	-59.0 / 33.6	-25.9 / 28.9	
	Bewertung		befriedigend(*)	gut(*)	unbefriedigend	gut	
	Anteil Links/Rechts %	54.4 / 45.6	49.8 / 50.2	62.2 / 37.9	51.9 / 48.1		
	Ausbringungsmenge l/Minute	457	738	1121	772		
	Druck bar	0.47	0.77	0.14	0.43		
	Trockensubstanz %	4.4	4.5	4.0	4.0		
	Bewertung: Mittlere Abweichung 0-5 %: sehr gut, 5-10 %: gut, 10-15 %: befriedigend, >15 %: unbefriedigend						

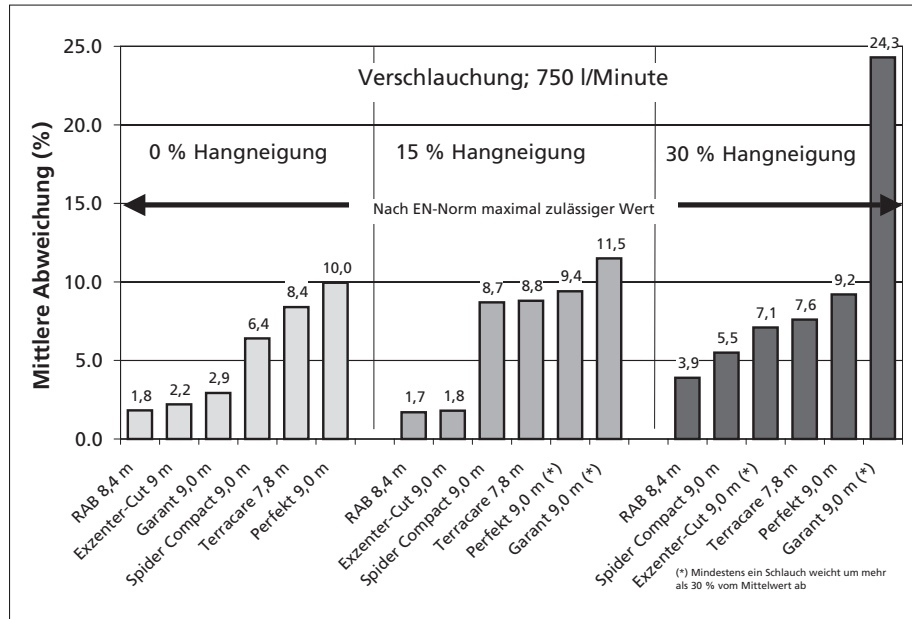


Abb. 10: Mittlere Abweichung der Verteiler beim Anschluss an eine Schneckenpumpe (750 l/Minute, bei Garant 1000 l/Minute), Mittelwert aus drei Messungen.

U/Minute) den serienmässigen Gelenkwellenanschluss an. Die mittleren Abweichungen betragen bei allen Messungen zwischen 7,5 und 10,0 % und sind daher mit gut zu bezeichnen. Es konnte kein Einfluss der Hanglage auf die Verteilung festgestellt werden. Auffallend war, dass die Ausflussmenge von zwei Verteilerschläuchen sehr hoch vom Mittelwert abweichen, und bei einer Versuchseinstellung die 30 %-Marke knapp überschrit-

ten. Während der Messungen wurde bei den auf zwei Kreisen angeordneten Abgängen im inneren Kreis zu wenig Gülle abgegeben. Eine Halbierung der Drehzahl des Hydraulikmotors verbesserte die Ergebnisse, ist jedoch bei direktem Zapfwellenanschluss nicht immer möglich. Zudem würde dies nach Angaben des Herstellers die Gefahr des Verstopfens erhöhen.

[Fortsetzung Tab. 3]

Markus Brunner RAB 8,4 m		Hadorn Spider Compact 9,0 m		Schweizer Terracare 7,8 m	
tief	hoch	tief	hoch	tief	hoch
--	4.5	--	--	--	8.7
--	-11.6 / 11.7	--	--	--	-24.7 / 23.5
--	sehr gut	--	--	--	gut
--	48.3 / 51.7	--	--	--	49.5 / 50.6
--	771	--	--	--	653
--	0.57	--	--	--	0.97
--	4.2	--	--	--	3.1
2.1	1.8	6.2	6.4	8.8	8.4
-4.9 / 3.4	-4.2 / 3.6	-9.1 / 23.4	-11.3 / 18.3	-19.9 / 24.7	-24.8 / 19.3
sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut
50.3 / 49.7	50.1 / 49.9	49.1 / 51.0	50.1 / 49.9	49.0 / 51.0	49.5 / 50.5
417	742	465	738	500	774
1.51	2.69	0.63	1.57	0.66	1.15
3.4	3.8	4.2	4.1	3.1	3.0
1.9	1.7	6.8	8.7	10.0	8.8
-4.3 / 5.3	-4.3 / 4.3	-9.8 / 22.9	-14.5 / 22.8	-21.8 / 28.3	-24.3 / 17.1
sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut
50.7 / 49.3	50.2 / 49.8	49.3 / 50.7	50.3 / 49.7	50.2 / 49.8	50.8 / 49.2
430	774	473	760	499	776
1.57	2.78	0.64	1.65	0.61	1.11
3.8	3.5	4.2	3.4	3.1	3.1
7.9	3.9	21.3	5.5	11.1	7.6
-46.1 / 15.7	-14.0 / 8.2	-63.4 / 89.4	-12.2 / 15.8	-27.8 / 25.7	-21.1 / 16.0
gut(*)	sehr gut	unbefriedigend	gut	befriedigend	gut
53.3 / 46.7	51.4 / 48.6	48.1 / 52.0	49.9 / 50.1	52.4 / 47.6	51.1 / 48.9
393	739	482	757	505	780
1.52	2.73	0.67	1.61	0.57	1.1
3.6	3.5	3.8	3.4	3.0	3.0

(*) mindestens ein Schlauch weicht um über 30 % vom Mittelwert ab

Kommentar des Herstellers:

Durch eine neue Gestaltung und Formgebung der Schneidelemente und des Einlaufes in den Verteilkopf konnten wir den ganzen Verteilkopf strömungsmässig optimieren. Dadurch wird verhindert, dass einzelne Verteilschläuche grössere Abweichungen haben und die Verteilgenauigkeit noch genauer ist.

Garant 9,0 m, Fliegl GmbH, Kastl / Landtechnik Zollikofen

Der Schleppschlauchverteiler der Firma Fliegl zeichnet sich durch ein dezentrales Verteilsystem in Form von zwei Schnecken aus. Die Ausflussquerschnitte sind durch Bohrungen im Schneckenrost fest vorgegeben. Bei der Maschine, die der FAT zur Verfügung stand, ergab sich während der Messungen ein sehr geringer Druck von 0,18–0,16 bar am Kuppelungspunkt. Dies lässt vermuten, dass die Ausflussquerschnitte zu gross gewählt wurden, sodass die Gülle zu schnell abfloss. Folglich kam an den äusseren Schläuchen zu wenig Gülle an. Mit einer Erhöhung der Fördermenge auf 1000 l/Minute konnte in der Ebene bei der Verschlauchung eine sehr gute Verteilgenauigkeit erzielt werden (Abb. 10). An den äusseren Schläuchen kam jedoch immer noch zu wenig Gülle an, vor allem dann, wenn die Drehrichtung der Räumungsschnecken (zeitgesteuert) geändert wurde. Beim Anschluss an das Vakuumfass war die Verteilgenauigkeit etwas schlechter, da hier ein äusserer Schlauch zum Verstopfen neigte (es wurde kein Schneidwerk eingesetzt) (Abb. 9). Für einzelne Schläuche überschritt die Abweichung 30 % des Mittelwertes. Während der Hangsimulation wurde permanent bei den äussersten oben stehenden Schläuchen eine geringere Ausflussmenge gemessen. Dies führte bei 30 %

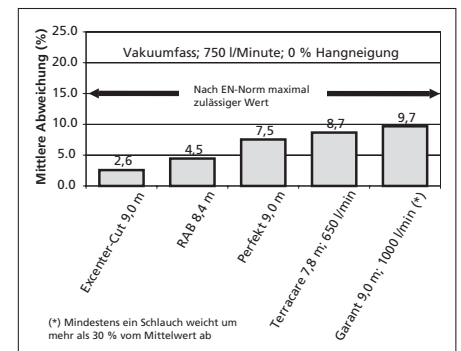


Abb. 9: Mittlere Abweichung der Verteiler beim Anschluss an ein Vakuumfass (750 l/Minute) in der Ebene gemessen. (Mittelwert aus drei Messungen)

Hanglage zu einem unbefriedigenden Ergebnis. Mit einer Reduzierung der Querschnitte ist mit einer Erhöhung des Druckes und damit einer einhergehenden Verbesserung der Verteilqualität zu rechnen.

Spider Compact 9,0 m, Hadorn's Güllentechnik, Leimiswil

Die Firma Hadorn verwendet für ihren Schleppschlauchverteiler den Verteilerkopf der Firma Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH aus Deutschland. Die zur Verfügung stehende Maschine war mit Lochscheiben (TFL 619) mit sehr engen Öffnungen ausgestattet. Von einer am Vakuumfass angeschlossenen Prüfung wurde abgesehen, da hierzu nach Herstellerangaben Lochscheiben mit grösseren Öffnungen nötig gewesen wären. Der Verteilerrotor kann nach rechts und links drehen. Alle Versuche erfolgten mit der Rotation nach links. Zusätzliche Messungen in der Ebene zeigten, dass die Rotation nach rechts das Verteilbild verändert, jedoch die mittlere Abweichung kaum beeinflusst. Zusätzlich konnte festgestellt werden, dass der fabrikneue Verteiler mit zunehmender Betriebsdauer bessere Messwerte erzielte. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer niedrigen Fördermenge (450 l/Minute) eine gute Verteilung bei 0 und 15 % Hangneigung möglich ist (Abb. 11). Bei einer Hangneigung von 30 % wich der Durchfluss einzelner Schläuche deutlich 30 % vom Mittelwert ab.

Bei einer Fördermenge von 750 l/Minute erzielte der Verteiler bei allen Schräglagen gute Ergebnisse (Abb. 10). Abschliessende Messungen mit zwei Lochscheiben mit grösseren Querschnitten (TFL 616/3) verbesserten bei einer Durchflussmenge von 750 l/Minute die mittlere Abweichung von (gut) 6,4 % auf 2,7 % (sehr gut). Auch bei einer Erhöhung der Durchflussrate auf 1000 l/Minute bestätigte sich die sehr gute Verteilung (2,6 % mittlere Abweichung). Aus zeitlichen Gründen konnten die mittleren Abweichungen bei diesen Lochscheiben im Hangeinsatz jedoch nicht gemessen werden.

Exzenter-Cut 9,0 m, Hochdorfer Güllentechnik, Küssnacht

Der Schleppschlauchverteiler der Firma Hochdorfer Güllentechnik ist mit einem Verteilerkopf der Firma Harsø aus Dänemark ausgestattet. Der Verteilerrotor kann nach links wie auch nach rechts drehen. Während der Messungen wurde die Rotationsrichtung beibehalten.

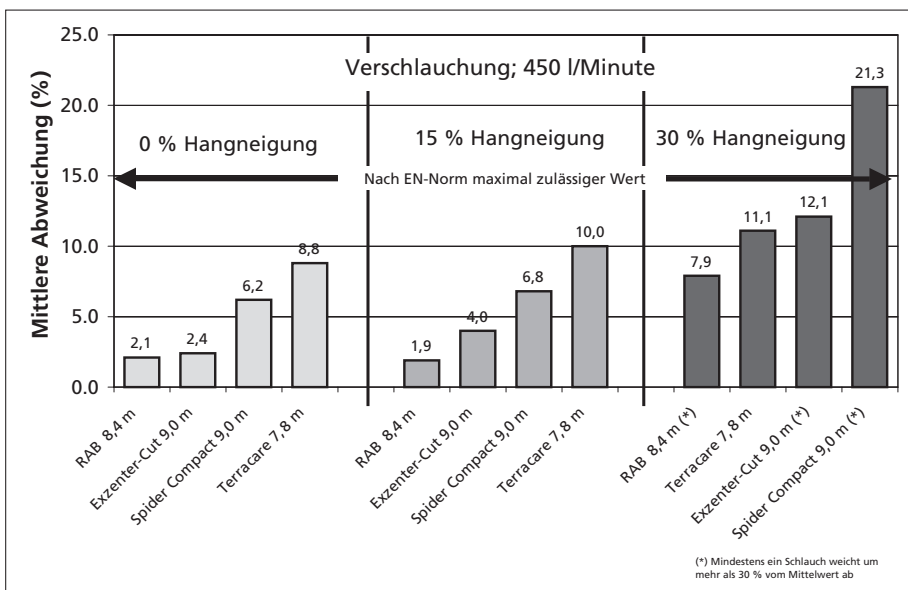


Abb. 11: Mittlere Abweichung der Verteiler beim Anschluss an eine Schneckenpumpe. (450 l/Minute)

Zum Anbau an ein Vakuumfass sind keine Umstellungen am Verteilerkopf nötig. Die zur Verfügung gestellte Maschine wurde mit der Option, des um zirka 30 cm erhöht montierten Verteilerkopfes geliefert. Die Verteilgenauigkeit des Schleppschlauchverteilers wurde beim Anschluss an eine Verschlauchung bei 450 l/Minute und 750 l/Minute sowie beim Anschluss an ein Vakuumfass bestimmt. Bei einer Durchflussmenge von 450 l/Minute zeigte der Verteiler sehr gute Ergebnisse bei 0 und 15 % Hangneigung (Abb. 12). Die mittlere Abweichung war kleiner als 5 %. Bei der Messung der Verteilgenauigkeit bei 30 % Neigung wichen einzelne Schläuche um deutlich mehr als 30 % vom Mittelwert ab. Der Verteiler zeigte bei einer Durchflussmenge von 750 l/Minute am Vakuumfass und bei der Verschlauchung mit 0 und 15 % Hangneigung sehr gute Ergebnisse (Abb. 9 und 10). Auch bei der hohen Durchflussmenge wichen bei 30 % Hangneigung einzelne Schläuche mehr als 30 % vom Mittelwert ab. Die Ursache der ungleichen Verteilung bei 30 % Hangneigung könnte auf das Entlüftungssystem des Verteilerkopfes zurückgeführt werden, da bei dieser Hangneigung sehr viel Gülle über den luftansaugenden Schlauch floss, sodass dieser keine Luft mehr ansaugen konnte.

Kommentar des Herstellers:

Beim neuesten Modell sind die Seitenarme 180° einklappbar. Dadurch ergibt sich eine sehr kompakte und platzsparende

Bauweise. Mit einer verbesserten Führung der Abläufe kann eine noch regelmässigerere Verteilung erreicht werden. Das Herzstück des Schleppschlauchverteilers, der HARSO-Verteilerkopf, erfordert keine Einstellungs- und Regulierungsarbeiten. Die Anbauhöhe des Verteilerkopfes kann auf Kundenwunsch höher oder tiefer erfolgen.

Terracare 7,8 m, Schweizer AG, Schwarzenbach

Der Schleppschlauchverteiler der Firma Schweizer AG zeichnet sich durch einen tiefen Schwerpunkt aus. Dies wird durch den tief angebauten, stehenden, direkt von der Schlepperzapfwelle betriebenen Rotor erreicht. Wird der Verteiler am Fass angebaut, erfolgt der Antrieb über einen Hydraulikmotor. Während der Messungen erfolgte der Antrieb des Rotors mit einem Hydraulikmotor (280 U/Minute). Die zur Verfügung gestellte Maschine war mit einer Lochplatte (22/24) und einem Spezial-Flügelrotor, der 3 1/2-Löcher gleichzeitig frei gab, ausgestattet. Die Einstellung des Verteilers blieb bei allen Versuchsvarianten konstant.

In den Varianten 0 und 15 % Hangneigung bei einer Fördermenge von 450 l/Minute erzielte der Verteiler gute Ergebnisse, bei einer Hangneigung von 30 % war das Ergebnis befriedigend (11,1 % mittlere Abweichung) (Abb. 11). Mit einer höheren Fördermenge von 750 l/Minute wurde unabhängig von der Hangneigung gleich gute Messergebnisse (7,6–8,8 % mittlere Abweichung) erzielt (Abb. 10). Beim Anschluss an ein Va-

kuumfass ergab sich wegen des hohen Gegendrucks nur eine geringe Fördermenge von 650 l/Minute. Die Verteilung betrug bei dieser Variante (8,7 %) (Abb. 9).

Kommentar des Herstellers:

Ein Hangausgleich und ein Fremdkörperabscheider sind nicht notwendig. Durch die Vergrößerung des Abstandes zwischen Rotor und Lochplatte kann die Durchflussmenge am Vakuumfass erhöht werden. Die für die Prüfung verwendete Gülle mit einem TS-Gehalt 3,4–4,5 % entspricht eher einer «Dünngülle». Dickere und mit viel Stroh durchsetzte Gülle zum Beispiel aus Laufställen ergeben andere Werte. Die Maschine verteilt selbst dicke Gülle ohne zu verstopfen.

Wirtschaftlichkeit eines Schleppschlauchverteilers

Zur Beantwortung der Wirtschaftlichkeit eines Verfahrens mit Schleppschlauchverteiler im Vergleich zum Verfahren mit breitflächiger Verteilung müssen die zuteilbaren Kosten dem jeweiligen Nutzen gegenübergestellt werden. Die Ausbringleistung mit Schleppschlauchverteiler ist leicht geringer als mit breitflächigen Verteilerverfahren. Zudem ist im Vergleich der Investitionsbedarf für Schleppschlauchverteiler wesentlich höher. Der Neuwert eines Schleppschlauchverteilers mit 9 m Arbeitsbreite beträgt zirka Fr. 15 000.–, der Neuwert eines Schwenkverteilers zirka Fr. 3200.–. Dadurch fallen bei den Verfahren mit Schleppschlauch je Jahr vor allem höhere fixe Kosten an, insbesondere sind dies Abschreibung und Zins. Wird ein Lohnunternehmer beauftragt, die Gülle auszubringen, sind ebenso die erhöhten Lohnkosten, die durch die Verringerung der Ausbringleistung entstehen, zu berücksichtigen. Auf der Seite des Nutzens steht die geringere Schädigung der Umwelt durch verminderte Ammoniak-Emissionen, eine ver-

Tab. 4: Arbeitszeitstunden (AKh) und Traktorstunden (Th) pro Stunde Pumpenbetrieb

Parzellengrößen	2 ha	
Förderleistung Pumpe	40 m ³ /h	
Gülemenge	30 m ³ /ha	
AKh und Th Stunde Pumpenbetrieb	AKh	Th
Schleppschlauch	2.13	1.73
Schwenkverteiler	2.07	1.69

Tab. 5: Berechnung der fixen und variablen Kosten der Güllenausbringung bei Eigentum-, Mietmaschinen und bei Lohnarbeit

	Neuwert Fr.	Kosten			Lohnarbeit Fr./h
		fix Fr./Jahr	variabel (*) Fr./h	Miete (*) Fr./h	
Pumpe und Schlauch, ohne Strom					
Schneckenpumpe	9400	871	5.64	30.00	30.00
Elektromotor, 15 kW	2400	182	0.12	2.50	2.50
PVC-Schläuche, 600 m	14500	2190	3.63	37.00	37.00
Total Pumpe und Schlauch, ohne Strom	26300	3243	9.39	69.50	69.50
Verteilung mit Schleppschlauch					
Schleppschlauchverteiler, 9 m	15000	1640	3.75	35.00	35.00
Traktor 60 kW, 4-Radantrieb, eigen	1.73h à 16.24Fr./h		28.10	28.10	
Traktor 60 kW, 4-Radantrieb, gemietet	1.73h à 37.00Fr./h				64.01
Kosten Strom, 15 kW à Fr. -.20			3.00	3.00	3.00
Arbeitskosten für Lohnarbeit	2.13h à 25.00Fr./h				53.25
Ausbringung mit Schleppschlauch, inkl. Strom	41300	4883	44.24	135.60	224.76
Verteilung mit Schwenkverteiler					
Schwenkverteiler, mech. autom.	3200	297	1.60	11.00	11.00
Traktor 60 kW, 4-Radantrieb, eigen	1.69h à 16.24Fr./h		27.45	27.45	
Traktor 60 kW, 4-Radantrieb, gemietet	1.69h à 37.00Fr./h				62.53
Kosten Strom, 15 kW à Fr. -.20			3.00	3.00	3.00
Arbeitskosten für Lohnarbeit	2.07h à 25.00Fr./h				51.75
Ausbringung mit Schwenkverteiler, inkl. Strom	29500	3540	41.44	110.95	197.78

(*) Annahme: Traktor wird auch anderweitig eingesetzt, daher nur Verrechnung der variablen Kosten

minderte Geruchsbelästigung der Anwohner und die effizientere Nutzung des Stickstoffes der Gülle, die zu einer Einsparung von mineralischem N-Dünger oder zu einer Ertragssteigerung führen kann. Obwohl Schleppschlauchverteiler Ammoniak- und Geruchsemissionen erheblich vermindern können, ist eine monetäre Bewertung schwierig, da die Anwendung des Schleppschlauchverteilers nicht nur für den Einzelbetrieb, sondern auch für das angrenzende Umfeld einen zusätzlichen Nutzen bringt. Im Folgenden wird lediglich die effizientere Nutzung des Güllestickstoffes monetär bewertet.

Verfahrensabhängige Kosten und Arbeitszeitbedarf

Im folgendem Beispiel werden die Kosten der Güllenausbringung für ein Verfahren mit Schleppschlauchverteiler und ein Verfahren mit Schwenkverteiler auf der Grundlage von FAT-Daten (Ammann 2003) berechnet. Auf die Berechnung eines Verfahrens mit Prallteller wird verzichtet, da diese Maschinen sehr ungenau verteilen. Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass eine Düngermenge von 30 m³/ha auf einer durchschnittlich zwei Hektar grossen Parzelle ausgebracht wird. Aufgrund unterschiedlicher Rüstzeiten für Anbau, Ausklappen des Gestänges, Umfahren von Bäumen und die

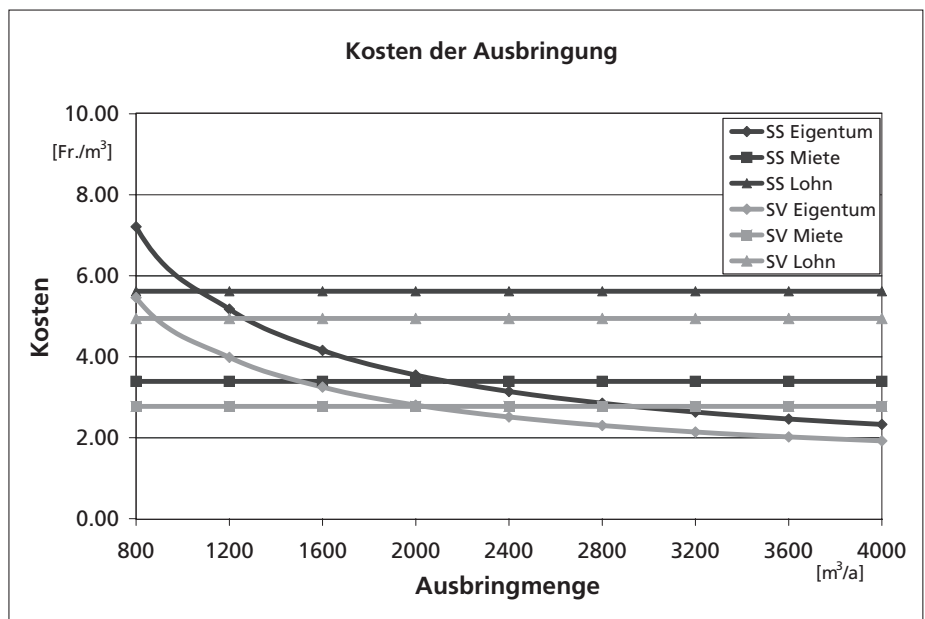


Abb. 12: Kosten der Güllenausbringung bei unterschiedlichen Besitzverhältnissen der Maschinen. (SS = Verfahren Schleppschlauchverteiler, SV = Verfahren Schwenkverteiler)

Reinigung der Verteiler ist der Arbeitszeit- und der Traktorstundenbedarf gegenüber dem Verfahren Schwenkverteiler leicht erhöht (siehe Tab.4).

Bei der Berechnung der Kosten muss zwischen unterschiedlichen Besitzverhältnissen der Maschinen (Eigentum, Miete) sowie Lohnarbeit unterschieden werden (Tab. 5). Werden die Maschinen (Pumpe, Schläuche und Verteiler) gekauft oder gemietet und die Arbeit in Eigenregie durchgeführt, sind unter der Annahme, dass ein genügend grosser Traktor (60 kW) bereits auf dem Betrieb vorhanden ist, nur die variablen Kosten des Traktors in Betracht zu ziehen. Die eigene Arbeit wird kostenmässig nicht verrechnet. Bei Lohnarbeit wird für den Traktor der Entschädigungsansatz aus dem FAT-Bericht Maschinenkosten 2004 angerechnet sowie ein Lohnansatz von Fr. 25.-/AKh, entsprechend dem Verrechnungspauschalansatz unter Landwirten.

Der Einfluss der jährlich auszubringenden Güllemenge auf die Ausbringkosten ist in Abb. 12 dargestellt. Es zeigt sich, dass das Ausbringverfahren der Gülle mit einem Schleppschlauchverteiler im Vergleich zum Schwenkverteiler grundsätzlich teurer ist. Beim Einsatz von Mietmaschinen oder Lohnunternehmern treten keine Kostendegressionen auf; die Differenzen zwischen den Verfahren mit Schleppschlauch- und Schwenkverteiler bleiben konstant. Für Maschinen, die sich im Eigentum befinden, ergeben sich Kostendegressionen. So beträgt zum Beispiel die Differenz zwischen dem Verfahren Schleppschlauch- und Schwenkverteiler bei einer niedrigen Auslastung von 800 m³/Jahr Fr. 1.75/m³, bzw. Fr. 0.41/m³ bei einer hohen Auslastung von 4000 m³/Jahr. Abb. 12 zeigt zusätzlich, dass das Mieten der Maschinen bei kleinen bis mittleren Ausbringmengen die kostengünstigste Alternative ist. Erst ab einer Ausbringmenge über 2000 m³/Jahr ergeben sich durch eigene gegenüber gemieteten Maschinen Kosteneinsparungen. Die Maschinen (Pumpe, Schläuche und

Verteiler) sollten daher, wenn nicht genügend Gülle auf dem eigenen Betrieb anfällt, überbetrieblich oder gemietet eingesetzt werden. Durch den überbetrieblichen Einsatz ergeben sich noch zusätzliche Einsparungsmöglichkeiten, wenn ein Verfahren mit Schleppschlauchverteiler zwei oder drei Verfahren mit Schwenkverteiler ersetzt. Eine beispielhafte Kalkulation der Ausbringkosten für Gülle von drei Landwirten ist in Tab. 6 dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich drei Landwirte anstelle von drei Verfahren mit Schwenkverteilern (jeweils drei Pumpen, Schläuche und Verteiler) gemeinsam alle Geräte zur Güllenausbringung nutzen.

Zusätzlicher Nutzen

Im Gegensatz zu den zusätzlichen Kosten, die durch den Einsatz von Schleppschlauchverteilern entstehen, ist der zusätzlich erwirtschaftbare Nutzen schwierig zu schätzen. Der zusätzliche Ertrag setzt sich einerseits durch höhere Einnahmen zum Beispiel durch Ertragssteigerungen und andererseits durch eine Schadensreduzierung durch verminderte Stickstoff- und Geruchsemissionen (Minderung der Ausgaben) zusammen. Stick-

stoffemissionen führen zu Schäden an der Umwelt, zum Beispiel durch Nährstoffanreicherung in empfindlichen Ökosystemen und zu Versauerungen von Magerwiesen oder Wald. Geruchsemissionen belästigen die angrenzende Bevölkerung, die somit Einnahmeverluste der Gastronomie- oder Touristikbranche zur Folge haben können. Die Erträge der Schadensreduzierung der Emissionen sind nur sehr schwer monetär zu bewerten und kaum dem Einzelbetrieb zuzuordnen. Daher wird im Folgenden nur die Wirkung der verminderten Stickstoffemission (Verluste), die zu einer Minderung des Mineraldüngereinsatzes oder zu einer Ertragssteigerung des Aufwuchses bei Betrieben ohne Mineraldüngereinsatz führen, betrachtet.

Das Ergebnis basiert auf einer Reihe von Schätzungen, da zwischen der Ausbringung des Düngers und der «Ernte» des Futters eine lange Kette von Umsetzungsprozessen besteht, die von zahlreichen Umweltfaktoren (zum Beispiel Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Vegetationsstadium) abhängig sind. Vereinfacht kann davon ausgegangen werden, dass eine 1 : 1 verdünnte Gülle nach Walther (2001) 1,15 kg leicht löslichen N/m³ enthält. Während einer breitflächigen

Tab. 7: Berechnung des Dünger-Einsparungspotenzials durch den Einsatz von Schleppschlauchverteilern

Gehalt leicht löslichen Stickstoffes in 1:1 verdünnter Rindergülle	1.15 kg N/m ³
Verluste des löslichen N (vorwiegend NH ₃) durch Ausbringung bei Breitverteilung (53 %)	0.61 kg N/m ³
Emissionsminderung durch Einsatz von Schleppschlauchverteiler (45 %)	0.27 kg N/m ³
Wert der Emissionseinsparung bei einem N-Düngerpreis von 1.34 Fr./kgN für mineralischen Dünger	0.36 Fr/m ³

Tab. 6: Beispiel einer Kostenrechnung für den überbetrieblichen Einsatz eines Verfahrens mit Schleppschlauchverteiler, der drei Verfahren mit Schwenkverteiler ersetzt.

		Landwirt A	Landwirt B	Landwirt C	Summe	
Jährliche Ausbringmenge		m ³ /a	1200	800	800	2800
Schleppschlauchverteiler	Anteil am Verfahren Schleppschlauchverteiler	%	42.9%	28.6%	28.6%	
	Kosten /m ³	Fr/m ³	2.85	2.85	2.85	
	Jährliche Kosten der Güllenausbringung	Fr/a	3420	2280	2280	7979
Schwenkverteiler	Anteil am Verfahren Schwenkverteiler	%	100.0%	100.0%	100.0%	
	Kosten/m ³	Fr/m ³	3.99	5.46	5.46	
	Jährliche Kosten der Güllenausbringung	Fr/a	4783	4369	4369	13520

gen Applikation emittiert nach Katz (1996) zirka 0,61 kg N/m³ in die Umwelt. Mit der Annahme, dass durch den Einsatz von Schleppschlauchverteilern 45 % der Emissionen zurückgehalten werden können, die somit den Pflanzen vollständig zur Verfügung stehen, ergibt sich ein Düngereinsparungspotenzial von 0,27 kg N/m³ Gülle. Dies entspricht bei einem N-Mineraldüngerpreis von Fr. 1.34/kgN einem Mehrwert der Gülle von Fr. 0.36/m³ (siehe Tab. 7).

Alternativ zur Einsparung des verwendeten mineralischen Düngers besteht für Betriebe, die bereits auf den Einsatz von mineralischem Düngern verzichteten, die Möglichkeit den «zurückgehaltenen» Stickstoff ertragssteigernd einzusetzen. Die Höhe des zusätzlichen Aufwuchses hängt von vielen Faktoren zum Beispiel Niederschlag, Temperatur oder Pflanzenszusammensetzung ab. Im Futterbau ist durchschnittlich von einem Mehrertrag von 0,1 bis 0,15 dt TS/kg N auszugehen. Bei einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 0,27 kg N/m³ ist mit einer Ertragssteigerung von 2,7 bis 4,1 kg TS/m³ Gülle zu rechnen (Mott 1983, Mannetje 1990 und Thomet 1987). Bewertet man die Ertragssteigerung mit dem Verkaufspreis für auf der Wiese stehendes Gras (Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau 2003) ergibt sich ein Mehrwert von Fr. 0.15/m³–Fr. 0.22/m³ Gülle (siehe Tab. 8).

Kosten/Nutzen-Rechnung

Ziel der Kosten/Nutzen Rechnung ist es, die zusätzlichen Kosten, die durch den Ersatz des Breitverteilers durch einen Schleppschlauchverteiler entstehen, dem zusätzlichen Mehrertrag durch die Wertsteigerung der Gülle gegenüberzustellen

Tab. 8: Einfluss des Schleppschlauchverteilers auf den Mehrertrag von Grünland

Emissionsminderung durch Einsatz von Schleppschlauchverteiler	0.27 kg N/m ³
Mehrertrag einer Wiese durch zusätzlichen N-Dünger (0.1 – 0.15 dt TS/kg N nach Mannetje 1990 und Thomet 1987)	2.7 – 4.1 kg TS/m ³
Wert des Mehrertrages bei 0.054 Fr./kg TS stehendes Gras (Preiskatalog 2003)	0.15 – 0.22 Fr./m ³

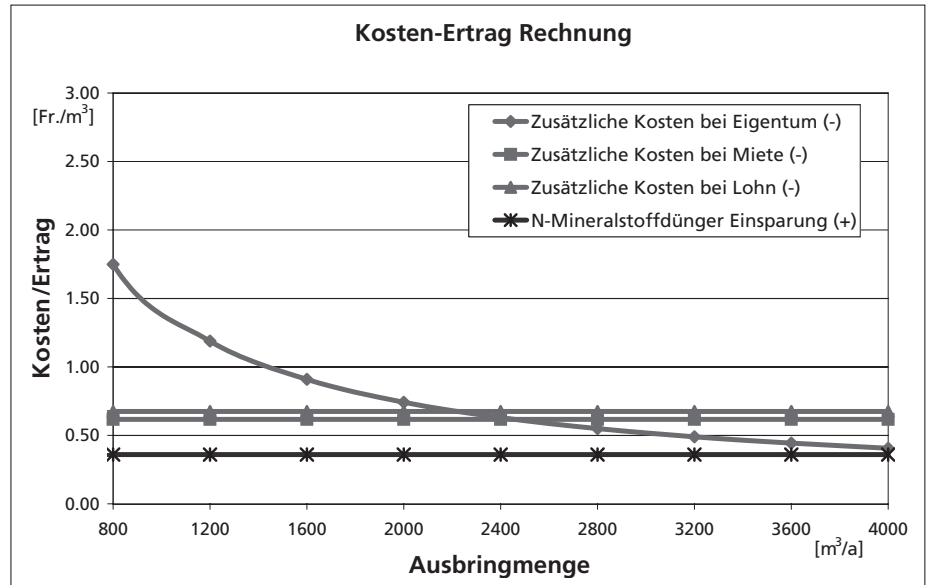


Abb. 13: Kosten des zusätzlichen Aufwandes durch den Einsatz von Schleppschlauchverteilern sowie der damit erzielten Wertsteigerung der Gülle.

(Abb. 13). Da die Kosten bei den Varianten Maschinenmiete und Lohnunternehmer unabhängig von der Ausbringungsmenge sind (horizontaler Verlauf), bleiben die Differenzen zwischen der Wertsteigerung der Gülle von Fr. 0.36/m³, bezogen auf das Einsparungspotenzial von N-Mineraldünger, und den Mehrkosten der Ausbringung konstant; Fr. 0.31/m³ beim Einsatz von Lohnunternehmern bzw. Fr. 0.26/m³ Gülle bei gemieteten Maschinen. Bei einer vollständigen Eigenmechanisierung entstehen bei einer niedrigen Ausbringungsmenge von 800 m³/Jahr Zusatzkosten von Fr. 1.39/m³ Gülle (Fr. 1.75/m³ minus Fr. 0.36/m³) durch den Einsatz vom Verfahren mit Schleppschlauchverteiler. Bei einer mittleren Auslastung von 2000 m³/Jahr sinkt die Kostendifferenz auf Fr. 0.38/m³ Gülle (Fr. 0.74/m³ minus Fr. 0.36/m³). Bei einer sehr hohen Auslastung von 4000 m³/Jahr würden die Ein-

sparungen des N-Mineraldüngers, die durch den Einsatz von Schleppschlauchverteilern erzielt werden, die Kosten für den teuren Maschineneinsatz bis auf Fr. 0.05/m³ Gülle decken. Um eine hohe Auslastung zu gewährleisten, ist deshalb an einen überbetrieblichen Einsatz zu denken. Beim überbetrieblichen Einsatz ergeben sich oft zusätzliche Spareffekte, da ein Schleppschlauchverteiler zwei bis drei herkömmliche Verteiler ersetzt.

Zusammenfassung

Eine Umfrage ergibt, dass beim Kauf eines Schleppschlauchverteilers die Landwirte in erster Linie den in der Gülle enthaltenen Stickstoff besser ausnutzen wollen. Äussere Anreize zum Erwerb zum Beispiel in Form von Investitionsbeiträgen gibt es sehr wenige und sie haben deshalb auch nur eine untergeordnete Bedeutung. Die jährlichen Ausbringungsmengen der Verteilgeräte sind sehr unterschiedlich. Bei der Auslastung weichen die niedrigsten Werte um das 20-fache von den höchsten Werten ab. Ein durchschnittlicher Verteiler mit 9,0 m Arbeitsbreite bringt jährlich etwa 2700 m³ Gülle überwiegend in verdünnter Form aus. Die Verdünnungsstufen 1 : 1 und 1 : 1,5 decken mit 72 % (48 und 24 %) den Grossteil der anfallenden Gülle ab. Obwohl die meiste anfallende Gülle auf ebenen Flächen ausgebracht wird, werden 48 % der Verteiler auch kurzfristig bei Hangneigungen über 20 % eingesetzt.

Die Befragten gaben an, dass sich die Qualität der Verteilung im Hangeinsatz gegenüber der Ebene verschlechtert. Dennoch empfinden 73 % der Anwender die Qualität als gut bzw. zufriedenstellend (26 %). Im Allgemeinen sind die Landwirte mit ihren Maschinen sehr zufrieden, was sich auch am hohen Anteil von Landwirten (99 %) widerspiegelt, welche die Maschine erneut kaufen würden. Bezüglich der Verstopfungsanfälligkeit gaben lediglich zwei Benutzer an, dass ihr Verteiler öfters als einmal pro Tag verstopfe. 12 % der Anwender erklärten, dass sie mit einer Verstopfung pro Tag rechnen.

Die Verteilqualität kann auf einem Prüfstand bestimmt werden. Sie wird durch die mittlere (durchschnittliche) sowie die maximale Abweichung beschrieben. Nach europäischer Norm soll die mittlere Abweichung nicht mehr als 15 % überschreiten. Ferner dürfen einzelne Verteilerschläuche nicht mehr als 30 % von der durchschnittlichen Ausflussmenge abweichen. Insgesamt wurden sechs Verteiler zur Verschlauchung auf ihre Einsatzmöglichkeiten im Hangeinsatz bei 0, 15 und 30 % Hangneigung geprüft. Bei fünf Maschinen konnte zusätzlich die Verteilung in der Ebene beim Anschluss an ein Vakuumfass bestimmt werden. Es zeigte sich, dass alle gewählten Maschinen in der Ebene die derzeit nach der Norm geforderten Bedingungen erfüllen können. Die mittlere Abweichung lag zwischen 1,8 und 10,0 %. Am Hang unterscheiden sich die Verteiler deutlicher. Bei 15 % Hangneigung konnten noch vier von den sechs Maschinen die Norm (Durchschnittliche Abweichung kleiner als 15 % und maximale Abweichung eines einzelnen Schlauches kleiner als 30 %) erfüllen. Nach einer Steigerung der Hangneigung auf 30 % konnte bei einer niedrigen Pumpenleistung (450 l/Minute) nur ein Verteiler beide Kriterien erfüllen. Bei der hohen Leistung (750 l/Minute) erfüllten vier Verteiler diese Bedingungen. Eine Unterteilung der Arbeitsbreite nach links und rechts zeigte, dass die Hangneigung bei den meisten Verteilern wenig Einfluss auf die gesamte Arbeitsbreite hatte, da die Unterschiede zwischen den zwei Teilbreiten kleiner als 10 % waren. Es zeigte sich, dass bei einer ungleichmässigen Verteilung die Unterschiede eher zwischen einzelnen Schläuchen als zwischen den Teilbreiten auftraten.

Schleppschlauchverteiler verursachen auf Grund des höheren Anschaffungspreises höhere fixe Kosten als Breitverteiler. Dies führt im Vergleich zu Breitverteilern zu

höheren Ausbringkosten. Kosteneinsparungen können sich durch den überbetrieblichen Maschineneinsatz oder durch das Mieten der Maschinen (Pumpe, Schlauch und Schleppschlauchverteiler) ergeben. Für eine Eigenmechanisierung sollten mindestens 2000 m³/Jahr zugrunde gelegt werden. Durch die Reduktion der Stickstoffverluste bei der Ausbringung können Schleppschlauchverteiler den Wert der Gülle um Fr. 0.36/m³ erhöhen. Unter Berücksichtigung der Wertsteigerung der Gülle ergeben sich dennoch Mehrkosten von Fr. 0.31/m³ bei der Ausbringung durch einen Lohnunternehmer bzw. Fr. 0.26/m³ mit gemieteten Maschinen. Bei einer Eigenmechanisierung ist bei einer durchschnittlichen Ausbringmenge von 2000 m³/Jahr mit einer Kostendifferenz von Fr. 0.38/m³ zu rechnen. Mit einer Verdoppelung der jährlichen Ausbringmenge auf 4000 m³/Jahr würde der Mehrwert der Gülle durch die Einsparung von N-Mineraldünger die Kosten des Einsatzes eines Schleppschlauchverteilers bis auf Fr. 0.05/m³ Gülle decken. Zusätzliche Kosteneinsparungen ergeben sich durch den Ersatz von zwei bis drei einzelbetrieblichen Verfahrensketten zur Güllenausbringung durch ein überbetrieblich genutztes Verfahren mit einem Schleppschlauchverteiler.

Literatur

Ammann H., (2003): Maschinenkosten 2004, FAT-Berichte Nr. 603, Tänikon.

Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, (2003): DLG-Prüfbericht 5183F, Fliegl Schneckenverteiler «Garant» mit Kompressortankwagen, DLG-Prüfstelle, Gross-Umstadt.

Europäische Norm, (1998): Flüssigmisttankwagen-Festlegungen für den Umweltschutz – Anforderungen und Prüfmethoden, Europäische Norm prEN 13406, Brüssel.

Frick R., (1997): Hofdüngeranwendung: Wie Ammoniakverluste vermindern? FAT-Berichte Nr. 496, Tänikon.

Katz P., (1996): Ammoniak-Emissionen nach der Güllenanwendung auf Grünland. Diss. ETH, Nr. 11382, Zürich.

Mott N., Rieder B., Buhlmann V., Ernst P., Röbers F., (1983): Wirtschaftliche Grünlandpraxis, Heft 21. Ruhr-Stickstoff AG, Bochum, Marl.

Mannetje L. und Jarvis S.C., (1990): Nitrogen Flows and Losses in Grasslands In: Proceedings EGF-Meeting 1990, Band I, S. 115.

Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau (LBL), (2003): Preiskatalog 2003, Lindau.

Thomet P. und Hofmann H.R., (1987): Einfluss der Stickstoffdüngung und des Schnittregimes auf Pflanzenbestand und Ertrag einer Ostschweizer Mähweide. In: Mitteilungen für die schweizerische Landwirtschaft, 4. Jg, 1987, S. 93-104.

Walther U., J.-P. Ryser und R. Flisch, (2001): Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 2001, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz.