

Anforderungen an Güllewagen

Dr. Hans-Heinrich Kowalewsky
Dr. Jürgen Vollmert

Mai 2000

Anforderungen an Güllewagen

Dr. Hans-Heinrich Kowalewsky ist Leiter des Referates Landtechnik der Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Mars-la-Tour-Str. 1-13, 26121 Oldenburg, Tel. 0441-801-320, Fax: 0441-801-249.

Dr. Jürgen Vollmert ist Mitarbeiter im Bereich Land- und Umwelttechnik und Leiter der Bildungs- und Beratungsstelle Itzehoe der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Brunnenstr. 45, 25524 Itzehoe, Tel. 04821-642-14, Fax: 04821-64240.

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Leiter: Dr. Hardwin Traulsen

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847940, Fax: 04331-847950

Internet: www.rkl-info.de; E-mail: mail@rkl-info.de

Gliederung	Seite
1. Einleitung	1217
2. Fassgröße	1218
3. Fahrwerk	1223
4. Bauarten der Verteilfahrzeuge	1228
5. Kompressor	1230
6. Pumpen	1233
6.1 Verdrängerpumpen	1233
6.2 Drehkolbenpumpen	1234
6.3 Exzentrerschneckenpumpen	1238
6.4 Kreiselpumpen	1241
7. Matzerator	1243
8. Heute übliche Förderaggregate bei Güllewagen	1245
9. Dosierung	1246
10. Gülleverteiler	1248
11. Gülleverteiler im Vergleich	1264
12. Betriebswirtschaftlicher Vergleich	1266

1. Einleitung

An Güllewagen werden eine Reihe unterschiedlicher Anforderungen gestellt. Sie sollen nicht nur stabil gebaut und preiswert sein, sondern auch einen termingerechte und bodenschonende Gülleausbringung mit exakter Mengendosierung, gleichmäßiger Breitverteilung und konstanter Längsverteilung gewährleisten. Die letztgenannten Anforderungen tragen dazu bei, Nährstoffeinträge ins Grund- und Oberflächenwasser zu vermeiden und eine pflanzenbedarfsgerechte Nährstoffzufuhr zu ermöglichen. Neben den Anforderungen zur bodenschonenden und pflanzengerechten Ausbringung gilt es bei der Gülleausbringung aber auch, die Geruchs- und Ammoniakfreisetzung gering zu halten.

Um die genannten Anforderungen zu erfüllen, ist nicht nur ein geeigneter Güllewagen nötig, sondern es müssen

- ausreichend Lagerkapazität zur Verfügung stehen, um geeignete Ausbringtermine einhalten zu können,
- Düngedarfbsberechnungen auf der Grundlage von Bodenuntersuchungsergebnissen und von Nährstoffanalysen der Gülle durchgeführt werden und
- Geräte zur vollständigen Homogenisierung von Gülle vor der Ausbringung zur Verfügung stehen und eingesetzt werden.

Seit Inkrafttreten der Düngeverordnung im Jahre 1996 sind eine Reihe von Anforderungen am Güllewagen gesetzlich geregelt. Danach müssen diese Wagen den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen und eine sachgerecht Mengbemessung und Verteilung sowie verlustarme Ausbringung gewährleisten.

Beim Kauf eines Güllewagens sollten aber nicht nur die gesetzlichen, technischen und pflanzenbaulichen Aspekte berücksichtigt werden, sondern auch die betriebs- und arbeitswirtschaftlichen. In vielen Fällen ist es unter Berücksichtigung dieser Kriterien sinnvoller, die Gülleausbringung überbetrieblich durch Lohnunternehmer oder Maschinenringe durchführen zu lassen als hier selbst zu investieren. Wo entsprechende Möglichkeiten der überbetrieblichen Gülleausbringung nicht bestehen, lassen sich oftmals durch den gemeinschaftlichen Kauf eines Güllewagens durch zwei oder drei Landwirte erhebliche Kosteneinsparungen erzielen.

Wenn nach diesen Vorüberlegungen die Entscheidung zum Kauf eines Güllewagens getroffen wurde, gilt es, aus dem großen Marktangebot den geeignetsten auszuwählen. Bei dieser Auswahl kommen der Fassgröße, dem Fahrwerk, dem Pumpsystem, den Dosiermöglichkeiten und den Verteilern besondere Bedeutung zu.

2. Fassgröße

Das Gülleausbringen ist eine zeitaufwendige Arbeit, die für viele Betriebe eine erhebliche Arbeitsbelastung darstellt. Es gilt deshalb einen Güllewagen so groß zu wählen, dass es möglich ist die angefallene Güllemenge im dafür verfügbaren Zeitraum auszubringen. Größere Güllewagen, die höhere Ausbringleistungen ermöglichen, weisen aber die Nachteile auf, dass sie den Boden im Fahrspurbereich stärker schädigen und aufgrund des höheren Zugkraftbedarfs bei ungünstiger werdenden Bodenbedingungen nicht mehr einsetzbar sind. Die überlegte Auswahl der richtigen Fassgröße ist deshalb von besonderer Bedeutung.

Abbildung 1: Leichtgebaute Tankwagen mit Kunststofffass erlauben hohe Nutzlasten, dennoch setzt die StVZO Grenzen

Gülewagen werden heute in der Größenordnung von 4 m³ bis 26 m³ angeboten. Welches im Einzelfall die optimale Größe ist, hängt im wesentlichen ab von der auszubringenden Güllemenge, der Entfernung zwischen Güllelager und zu begüllendem Schlag und der erreichbaren Transportgeschwindigkeit. Darüber hinaus spielen die Größe des vorhandenen Zugschleppers, die Tragfähigkeit der Böden, die topographischen Gegebenheiten, die Schlaglänge und die Anforderungen der StVZO (Straßenverkehrszulassungsordnung) bei der Auswahl eine Rolle.

Einen Überblick über die mit verschiedenen großen Gülewagen bei unterschiedlichen Schlagentfernungen erreichbaren **Ausbringleistungen** gibt die Tabelle 1. In dieser Tabelle wurde berücksichtigt, dass bei größer werdenden Transportentfernungen in der Regel auch höhere Fahrgeschwindigkeiten erreicht werden.

Tabelle 1: Ausbringleistung bei verschieden großen Gülewagen in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Güllebehälter und Schlag sowie von der Fahrgeschwindigkeit (km/h)

	Pro Stunde erreichbare Ausbringleistung bei Schlagentfernung von			
	1 km	3 km	5 km	10 km
6 m ³ Fassgröße	21 m ³	12 m ³	9 m ³	6 m ³
9 m ³ Fassgröße	27 m ³	16 m ³	13 m ³	8 m ³
12 m ³ Fassgröße	32 m ³	20 m ³	16 m ³	11 m ³
15 m ³ Fassgröße	37 m ³	23 m ³	19 m ³	13 m ³
18 m ³ Fassgröße	40 m ³	26 m ³	22 m ³	15 m ³
21 m ³ Fassgröße	42 m ³	29 m ³	24 m ³	17 m ³
mittlere Fahrgeschwindigkeit	12 km/h	15 km/h	18 km/h	22 km/h

Anhand der pro Stunde erreichbaren Ausbringleistung kann unter Berücksichtigung der in bestimmten Zeitabschnitten (meist Frühjahr) für das Gülleausbringen verfügbaren Zeit abgeschätzt werden, wie groß der Güllewagen sein sollte, um die vorhandene Güllemenge tatsächlich ausbringen zu können.

Unter Umständen müssen von der so ermittelten Fassgröße aber noch Abstriche gemacht werden. Das kann der Fall sein, wenn der vorhandene **Zugschlepper** zu leicht ist, um genügend Zugkraft zu entwickeln oder vom Motor her zu schwach ist, um die für kleinere Güllegaben erforderlichen höheren Fahrgeschwindigkeiten zu erreichen. Um auch unter etwas ungünstigeren Bedingungen Gülle ausbringen zu können, sollte der Zugschlepper zumindest ein Drittel des Gewichtes des zu ziehenden Güllewagens aufweisen und die Antriebsleistung sollte bei 8 bis 10 kW pro m³ Fassungsvermögen liegen. Nähere Einzelheiten dazu sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Anforderungen an den Schlepper beim Güllefahren mit unterschiedlich großen Güllewagen

Güllewagen	Anforderungen an Schlepper			
	notwendiges Gewicht Bedingungen günstig*	notwendiges Gewicht Bedingungen ungünstig**	notwendige Motorleistung Bedingungen günstig*	notwendige Motorleistung Bedingungen ungünstig**
6 m ³ Einzelachse	3,0 t	4,0 t	48 kW	60 kW
9 m ³ Einzelachse	4,2 t	5,6 t	66 kW	80 kW
12 m ³ Doppelachse	5,2 t	7,0 t	82 kW	98 kW
15 m ³ Doppelachse	6,0 t	8,2 t	96 kW	114 kW
18 m ³ Dreifachachse	6,7 t	9,2 t	108 kW	128 kW
21 m ³ Dreifachachse	7,3 t	10,0 t	118 kW	140 kW

*) z. B. ebene Flächen

***) z. B. Hanglagen

Die optimale Größe eines Güllewagens kann aber auch davon abhängen, wie lang die zu begüllenden Schläge sind und mit welcher Arbeitsbreite gearbeitet wird. Je länger die Schläge, desto größer muss bei vorgegebener Arbeitsbreite das Güllefass sein, um den Schlag mit einer Tankfüllung überqueren zu können. Das erspart unnötige Fahrspuren. Die mit verschiedenen großen Güllewagen bei unterschiedlicher Arbeitsbreite und verschiedenen hohen Güllegaben erreichbaren **Fahrstrecken** pro Fassfüllung zeigt die Tabelle 3.

Tabelle 3: Reichweite einer Fassfüllung in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Fassgröße und Güllegabe (m^3/ha)

	Reichweite einer Fassfüllung bei Arbeitsbreite von			
	6 m	12 m	18 m	24 m
6 m^3 Fassgröße				
• 10 m^3/ha	1.000 m	500 m	333 m	250 m
• 20 m^3/ha	500 m	250 m	167 m	125 m
• 30 m^3/ha	333 m	167 m	111 m	83 m
12 m^3 Fassgröße				
• 10 m^3/ha	2.000 m	1.000 m	667 m	500 m
• 20 m^3/ha	1.000 m	500 m	333 m	250 m
• 30 m^3/ha	667 m	333 m	222 m	167 m
18 m^3 Fassgröße				
• 10 m^3/ha	3.000 m	1.500 m	1.000 m	750 m
• 20 m^3/ha	1.500 m	750 m	500 m	375 m
• 30 m^3/ha	1.000 m	500 m	333 m	250 m

Bei der sehr großen Arbeitsbreite von 24 m und den praxisüblichen Güllegaben um $20 \text{ m}^3/\text{ha}$ reichen selbst die großen Fässer nicht mehr aus, um größere Schlaglängen mit einer Fassfüllung zu überqueren. Hier muss man entweder in einer bereits begüllten Fahrspur ein zweites mal fahren oder die Güllemenge in zwei Teilgaben ausbringen.

Größere Güllewagen ermöglichen zwar höhere Ausbringleistungen und das Überqueren größerer Schlaglängen mit einer Fassfüllung, sie sind in der Anschaffung aber auch deutlich teurer. Aus **betriebswirtschaftlicher Sicht** rechnet sich der Einsatz großer Güllewagen nur, wenn damit auch große Güllmengen ausgebracht werden. Als Faustzahl kann hier gelten, dass für einen halbwegs rentablen Einsatz pro m^3 Fassvolumen mindestens 200 m^3 Gülle pro Jahr ausgebracht werden sollten. Das bedeutet mit dem Güllewagen sollten pro Jahr mindestens 200 Fassfüllungen ausgebracht werden. Über die Kosten, die dann für das Gülleausbringen entstehen, informiert die Tabelle 4.

Tabelle 4: Kosten der Gülleausbringung in Abhängigkeit von der Güllewagengröße u. d. Transportentfernung (Ausbringung v. 200 Fassfüllungen pro Jahr)

	Ausbringkosten für die Gülle bei Schlagentfernung von			
	1 km	3 km	5 km	10 km
6 m^3 Fassgröße	5,58 DM/ m^3	7,86 DM/ m^3	9,55 DM/ m^3	12,37 DM/ m^3
9 m^3 Fassgröße	5,09 DM/ m^3	6,82 DM/ m^3	8,11 DM/ m^3	10,25 DM/ m^3
12 m^3 Fassgröße	5,19 DM/ m^3	6,70 DM/ m^3	7,82 DM/ m^3	9,72 DM/ m^3
15 m^3 Fassgröße	5,17 DM/ m^3	6,50 DM/ m^3	7,50 DM/ m^3	9,17 DM/ m^3
18 m^3 Fassgröße	5,39 DM/ m^3	6,63 DM/ m^3	7,57 DM/ m^3	9,16 DM/ m^3
21 m^3 Fassgröße	5,48 DM/ m^3	6,64 DM/ m^3	7,51 DM/ m^3	8,99 DM/ m^3

Bei den Berechnungen zu dieser Tabelle wurde ein Arbeitslohn von 20 DM pro Stunde für den Schlepperfahrer unterstellt. Aus der Tabelle wird deutlich, dass selbst bei der hier angenommenen guten Auslastung die größeren Güllewagen nur dann

Kostenvorteile bieten, wenn die Gülle über größere Strecken transportiert werden muss.

Wo die hier unterstellte Auslastung von ca. 200 Ladungen pro Jahr nicht erreicht wird, bietet sich häufig das Güllefahren durch Lohnunternehmer oder Maschinenringe an. Aber auch durch den gemeinschaftlichen Kauf eines Güllewagens lassen sich erhebliche Kosteneinsparungen erzielen.

Begrenzungen was die Fassgröße angeht, ergeben sich letztlich auch aus der **StVZO**. Dort ist vorgegeben, dass Güllewagen mit mehr als 8 t zulässigem Gesamtgewicht (ca. 6 m³ Fassgröße) nicht mehr mit einer Auflaufbremse, sondern mit einer Druckmittelbremse ausgerüstet sein müssen. Außerdem darf die Achslast 10 t pro Achse nicht übersteigen. Aus diesen Anforderungen der StVZO ergeben sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Eigengewichte und der unterschiedlichen Achsaggregate folgende Einschränkungen im Hinblick auf die Fassgröße:

- Güllewagen mit Auflaufbremse bis ca. 6 m³ nutzbares Fassvolumen
- Güllewagen mit Einzelachse bis ca. 9 m³ nutzbares Fassvolumen
- Güllewagen mit Doppelachse bis ca. 16 m³ nutzbares Fassvolumen
- Güllewagen mit Dreifachachse bis ca. 22 m³ nutzbares Fassvolumen.

Bei diesen Angaben wurde davon ausgegangen, dass das Fassvolumen vollständig genutzt werden kann und dass die Stützlast des Güllewagens 2 t beträgt. Etwas größer als angegeben kann der Güllewagen nur dann sein, wenn er nicht im Zugmaul, sondern zum Beispiel in der Hitch-Kupplung angehängt ist und deshalb mehr Gewicht auf den Schlepper übertragen kann.

Abbildung 2: Selbstfahrer sind auch auf kleineren Flächen gut einsetzbar, dennoch haben sie aus betriebswirtschaftlichen Gründen nur auf großen Flächen Chancen, insbesondere wegen der aufwendigen Zuführlogistik mit Straßenfahrzeugen

Die Aussagen zur Fassgröße beziehen sich auf angehängte Güllewagen, da diese nach wie vor dominieren. **Selbstfahrer** haben bislang nicht die erwartete Verbreitung gefunden. Dies dürfte unter anderem auf den relativ hohen Preis zurückzuführen sein. Je nach Größe des Fassaufbaus und technischer Ausstattung kosten derartige Fahrzeuge zwischen 200.000 DM und 500.000 DM. Da die Gülle überwiegend im Frühjahr ausgebracht wird, ist es schwierig, diese teuren Fahrzeuge allein mit der Gülleausbringung auszulasten. Entsprechend hoch sind die festen Kosten für Abschreibung und Zinsen.

Überschätzt werden häufig die Leistungssteigerungen, die gegenüber angehängten Güllewagen möglich sind. Bei gleichem Fassvolumen ermöglichen Selbstfahrer aufgrund ihrer stärkeren Motoren und ihrer größeren Wendigkeit etwa 20 % - 30 % höhere Ausbringleistungen. Vorteilhaft ist allerdings, dass mit diesen Fahrzeugen auch bei nicht ganz so guten Bodenverhältnissen noch Gülle ausgebracht werden kann, weil hier meist alle Räder angetrieben werden.

Selbstfahrer werden zumindest in den alten Bundesländern in naher Zukunft wohl auch noch weiterhin die Ausnahme bleiben. Nur wenn es gelingt, eine lang andauernde und hohe Auslastung zu erreichen, ist auch mit dieser Technik eine kostengünstige Gülleausbringung möglich. Zur besseren Auslastung trägt bei, wenn der Selbstfahrer auch noch mit anderen Aufbauten z. B. zum Kalkstreuen oder zur Festmistausbringung versehen werden kann.

3. Fahrwerk

In den letzten Jahren ist das Fassvolumen der verkauften Güllewagen deutlich angestiegen. Diese Entwicklung war nur möglich, weil gleichzeitig das Fahrwerk wesentliche Verbesserungen erfuhr. Das Fahrwerk umfasst die Achsen und die Reifen.

Bei den **Achsen** ist neben der Achsanzahl auch die Verbindung mit dem Rahmen und die Federung von Bedeutung. Wie bereits erläutert, kommen Einzelachsen aufgrund der StVZO nur für Güllewagen bis ca. 9 m³ Fassvolumen in Betracht. Sie sind billig in der Anschaffung, weisen nur geringen Verschleiß auf, sind leichter lenkbar und müssen für das Rückwärtsrangieren nicht starr gestellt werden. Da hier das Fahrzeuggewicht aber nur von zwei Rädern getragen wird, sind an die Bereifung hohe Anforderungen zu stellen, um den Bodendruck in vertretbaren Grenzen zu halten.

Bei Ausrüstung des Güllewagens mit einer Einzelachse ist selbst bei Verwendung von Niederdruckreifen eine Federung empfehlenswert. Sie trägt dazu bei, dass insbesondere bei Leerfahrten die harten Stöße nicht direkt vom Fahrwerk auf den übrigen Wagen übertragen werden. Statt dicker Blattfederpakete werden heute immer

häufiger Parabelfedern eingesetzt, weil sie bei gleicher Tragkraft etwa ein Drittel leichter sind. Weitere Vorteile sind die niedrigere Einbauhöhe und der kürzere Federweg. Letzterer verbessert die Fahrstabilität und verhindert ein Aufschwingen.

Abbildung 3: Niederdruckreifen schonen den Boden und haben sich in allen Achsformen durchgesetzt, hier als Einzelachse

Mit zunehmender Fassgröße gewinnen die Doppelachsen immer mehr an Bedeutung. Bei den Doppelachsen sind starre Ausführungen nicht zu empfehlen. Der Verschleiß im Bereich der Radlager ist groß, ein Fahrtrichtungswechsel auf dem Acker (z. B. auf dem Vorgewende) führt zu einem deutlich höheren Zugkraftbedarf und das Rangieren auf engen Hofstellen hat Schäden an den Reifen zur Folge. Bei Doppelachsen sollten deshalb die hinteren Räder aktiv gelenkt oder frei nachlaufend ausgeführt sein. Zum Rückwärtsfahren müssen diese Achsen arretiert werden. Das sollte hydraulisch oder mit Druckluft vom Schleppersitz aus möglich sein. Doppelachsen sollten einen großen Pendelweg aufweisen, damit auch in unebenem Gelände eine gleichmäßige Lastverteilung auf alle Räder erreicht wird.

Aufgrund des deutlich höheren Preises kommen Doppelachsen nur für größere Güllewagen oder bei speziellen Einsatzverhältnissen in Betracht. Wo z. B. mit dem Güllewagen in stehendem Mais gearbeitet werden soll, ist die Reifenbreite auf etwa 45 cm begrenzt (bei 75 cm Reihenabstand), um Pflanzenschäden zu vermeiden. Bei so schmalen Reifen ist selbst bei kleineren Güllewagen eine Doppelachse notwendig, um die Belastung des einzelnen Reifens und damit den Bodendruck in vertretbaren Grenzen zu halten. Gegenüber Einzelachsen bieten Doppelachsen außerdem den Vorteil, dass sie auf der Straße ruhiger laufen. Eine Federung ist bei Doppelachsen nicht unbedingt erforderlich, weil Unebenheiten zur Hälfte schon vom Achsaggregat „geschluckt“ werden.

Abbildung 4: Doppelachsen erlauben gleiche Aufstandsfläche bei geringerer Breite, haben also z.B. bei Gülleausbringung in Getreide Vorteile. Lenkachsen sind generell zu fordern

Das für Doppelachsen Gesagte gilt in noch stärkerem Maße für die Drei- und Vierfachachsen. Diese aufwendigen Achsaggregate werden bei sehr großen Güllewagen (ab ca. 16 m³) eingesetzt. Sie sind teilweise mit einer Luftfederung versehen. Die Luftfederung bietet hier Vorteile, weil sie große Federwege ermöglicht, eine gute Federwirkung aufweist und eine automatische Bremskraftregelung hier problemlos funktioniert. Inzwischen sind sogar Dreifachachsen mit Luftfederung auf dem Markt, bei denen einzelne Achsen angehoben werden können, um mehr Gewicht auf den Schlepper zu übertragen. Bei anderen Güllewagen wird dazu der eigentliche Gülletank auf dem Rahmen weiter in Richtung Schlepper geschoben. Durch die Gewichtsübertragung auf den Schlepper wird dessen Zugkraft erhöht und der Zugkraftbedarf des Güllewagens verringert.

Wie gut sich das Fahrwerk eines Güllewagens für das Fahren auf dem Acker bzw. dem Grünland eignet, ist nicht nur vom Fahrzeuggewicht und von den Achsen, sondern auch von den **Reifen** abhängig. Je größer die Aufstandsfläche der Reifen, desto kleiner ist bei gleicher Gewichtsbelastung der Druck, der auf den Boden einwirkt. Das Ziel muss es deshalb sein, einen möglichst leichten Güllewagen so zu bereifen, dass eine möglichst große Aufstandsfläche erreicht wird. Das bedeutet zunächst einmal, dass der Güllewagen nicht größer gewählt werden sollte als unbedingt nötig und dass die erheblichen Unterschiede im Eigengewicht dieser Fahrzeuge zu beachten sind. Das Fahrzeuggewicht ist insbesondere im Hinblick auf die Schonung des Unterbodens von entscheidender Bedeutung. Für den Krumbereich und für den Zugkraftbedarf kommt dagegen der Vergrößerung der Aufstandsfläche mehr Bedeutung zu. Die Größe der Aufstandsfläche wird bestimmt von der Reifenhöhe, der Reifenbreite, der Reifenbauart und dem Luftdruck im Reifen.

Zur Reifenhöhe ist festzustellen, dass ein höherer Reifen auch immer eine größere Aufstandsfläche aufweist und leichter läuft. Bei einigen Güllewagen ist die Reifenhöhe begrenzt, weil ansonsten die Reifen am Fass scheuern. Teilweise lassen sich bei einer Vergrößerung der Spurweite auch hier größere Reifen montieren. Ein Gesichtspunkt, der gegen höhere Bereifungen angeführt wird, ist die größere Kippgefahr. Da der Schwerpunkt eines Güllefasses aber lediglich um 10 cm höher liegt, wenn ein um 20 cm höhere Reifen montiert wird, sollte die Vergrößerung der Kippgefahr nicht überbewertet werden. Sie spielt nur bei extremen Hanglagen eine Rolle. Schwieriger wird es, wenn größere Reifen Einschnitte (Einbuchtungen) im Fass erfordern. Die Schweißnähte und Ecken sind nicht so stabil wie glatte Flächen, können eventuell reißen.

Für die Reifenbreite gilt, dass hier der Einfluß auf die Größe der Aufstandsfläche noch größer ist als bei der Reifenhöhe. Wer bei der Gülleausbringung nicht an Reihenkulturen oder Fahrgassen gebunden ist und im Hinblick auf den Bodendruck das Optimum erreichen will, sollte deshalb den breitesten Reifen wählen, der für seinen Wagen angeboten wird. Begrenzend kann hier allerdings die StVZO wirken, die vorschreibt, dass selbst bei Verwendung von Niederdruckreifen die Breite im Reifenbereich nur bis 3 m betragen darf. Einen Überblick über derzeit an Güllewagen häufiger verwendete Reifengrößen gibt die Tabelle 5.

Tabelle 5: Technische Daten und Preise verschiedener Güllewagenreifen

Reifenbezeichnung	Reifenmaße Breite x Höhe in cm	Aufstandsfläche in cm ²	Preise pro Reifen DM
20.0/70-508	53 x 126	1.800	1.100
21.0/80-20	53 x 138	1.980	1.200
23.1 – 26	59 x 158	2.520	1.800
28.1 – 26	71 x 159	3.050	2.200
550/60 – 22,5	55 x 123	1.830	1.300
600/55 – 22,5	60 x 124	2.010	1.800
600/55 – 26,5	60 x 135	2.190	2.300
650/55 R 25	65 x 137	2.400	2.500
650/60 R 30,5	65 x 167	2.950	4.000
700/50 – 22,5	70 x 127	2.400	2.100
700/50 – 26,5	70 x 133	2.510	2.600
750/60 – 30,5	75 x 165	3.340	4.300
800/45 – 26,5	80 x 135	2.920	3.700
850/50 – 30,5	85 x 165	3.790	4.700

Ein noch so guter Reifen hilft wenig, wenn er mit einem zu hohen oder einem zu niedrigen **Luftdruck** gefahren wird. Vom Luftdruck werden u. a. die Tragfähigkeit und die Aufstandsfläche beeinflusst. Bei einer Erhöhung des Luftdrucks im Reifen um 50 % über den benötigten Wert wird seine Aufstandsfläche um etwa 20 % kleiner und auf dem Acker steigt der Zugkraftbedarf des Wagens um etwa 15 %. Auf der Straße läuft der Wagen aber etwas leichter.

Wenn der Luftdruck exakt auf die benötigte Tragfähigkeit des Reifens abgestimmt wird, steht er in enger Beziehung zum Bodendruck, der vom Reifen ausgeübt wird. Man kann also auch anhand des für eine ausreichende Tragfähigkeit notwendigen Luftdrucks abschätzen, welcher Bodendruck vom Reifen ausgeübt wird. Je niedriger dieser Luftdruck, desto geringer der Bodendruck. Das zeigt auch die Tabelle 6. Aus dieser Tabelle wird aber auch deutlich, dass bei niedrigem Luftdruck im Reifen der Verschleiß bei Straßenfahrt ansteigt.

Tabelle 6: Beurteilung verschiedener Bereifungen von Flüssigmisttankwagen für den Einsatz auf dem Acker anhand des möglichen Reifeninnendruck

möglicher Reifeninnendruck	Beurteilung im Hinblick auf	
	Bodenschonung	Verschleiß
weniger als 1,0 bar	sehr gut	ausreichend
1,0 bis 1,5 bar	gut	befriedigend
1,5 bis 2,0 bar	befriedigend	gut
mehr als 2,0 bar	nicht befriedigend	sehr gut

Die vom Güllewagenhersteller gemachte Vorgabe zum Luftdruck ist so ausgelegt, dass sich auch bei vollem Güllewagen und schneller Straßenfahrt der Verschleiß in Grenzen hält. Der Luftdruckwert ist für das Fahren auf dem Acker aber eigentlich zu hoch, denn dort wird wesentlich langsamer gefahren. Dieses Problem lässt sich mit einer Luftdruckregelanlage lösen. Damit kann der Luftdruck im Reifen während der Fahrt auf die jeweiligen Einsatzbedingungen (Straße oder Acker) eingestellt werden. Eine solche Anlage kostet für einen Güllewagen mit Einzelachse derzeit etwa 6.000 DM, wobei in diesem Preis der Kompressor nicht enthalten ist. Aufgrund des hohen Preises konnten Luftdruckregelanlagen bislang nur bei großen und meist überbetrieblich eingesetzten Güllewagen eine gewisse Bedeutung erlangen.

Bei Güllewagen, die nicht nur auf dem Acker, sondern auch auf dem Grünland eingesetzt werden, geht es nicht nur um die Schonung des Bodens, sondern auch um die Schonung der Grasnarbe. Gerade in Grünlandbetrieben stellt sich deshalb die Frage nach dem optimalen **Reifenprofil**. Bewährt haben sich für derartige Einsätze Reifen mit einem flachen Stollenprofil, bei dem die Stollen relativ dicht hintereinander angeordnet sind. Für das Fahren auf dem Acker sind diese Profile weniger gut geeignet, weil sich in ihnen mehr Erde festsetzt und deshalb bei feuchteren Bodenbedingungen die Straßen stärker verschmutzt werden. Hier, und für die Straßenfahrt selber, sind die meist auch billiger angebotenen Rillenprofile zu bevorzugen.

Ob es sich lohnt, für größere Reifen mehr Geld auszugeben, lässt sich nicht allgemeingültig beantworten. Das liegt u. a. daran, dass es sehr schwierig ist, den betriebswirtschaftlichen Nutzen eines verringerten Bodendrucks, einer reduzierten Narbenschädigung oder einer früheren Befahrbarkeit der Flächen zu kalkulieren. Aber auch die Erfassung der Kosten ist schwierig. Je nach Reifenhersteller muss pro cm² Aufstandsfläche (siehe Tabelle) mit einem Preis pro Reifen zwischen 0,90 DM und 1,60 DM gerechnet werden. Außerdem ist der Anschaffungspreis allein auch noch

kein aussagekräftiger Wert, denn die hohen und breiten Reifen halten in der Regel länger als kleine schmale und das wirkt sich wieder positiv auf die Kosten aus.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass sich der Kauf größerer Reifen umso eher lohnt, je mehr Gülle ausgebracht werden soll, je weniger Zeit für die Ausbringung zur Verfügung steht, je schwieriger die Bodenverhältnisse sind und je größer der Güllewagen ist.

4. Bauarten der Verteilfahrzeuge

Bei Flüssigmisttankwagen werden folgende Bauarten unterschieden:

- Druckverteiler-
- Kompressor- und
- Pumpentankwagen

Der Druckverteiltertankwagen ist eine Weiterentwicklung des heute aufgrund schlechter Verteileigenschaften bedeutungslosen Schleudertankwagens. Dabei wird die Schleuderscheibe gekapselt. Vorteilhaft ist bei diesem Tankwagentyp die durch das Fass laufende Rührwelle, die insbesondere bei Schweine- und Hühnergülle zur besseren Homogenisierung beiträgt. Außerdem kann in der gekapselten Schleuderscheibe eine gewisse Zerkleinerung stattfinden. Der Ausbringdruck ist größer als beim Kompressortankwagen, ändert sich <aber mit dem Befüllgrad. Zum Befüllen ist eine getrennte Pumpe erforderlich.

Von den drei genannten Bauarten hat der Kompressortankwagen (oder auch Vakuumtankwagen) in der Landwirtschaft die größte Bedeutung. Befüllt wird, indem über ein Kompressor ein Vakuum in dem Wagen erzeugt wird. Begründet ist die weite Verbreitung u.a. durch preiswerte Bauart, geringe Fremdkörperempfindlichkeit und Selbstbefüllung.

Pumpentankwagen saugen die Gülle aus dem Tank an und fördern sie mit 1 bis 8 bar zum Verteiler, sie können sich selbst befüllen. Der höhere und vor allem gleichmäßigere Druck bringt Vorteile bei der Ausbringung auf größere Arbeitsbreiten und für die exakte Verteilung. Diese mit verschiedenen Pumpentypen ausgerüsteten Tankwagen sind in der Lage, höhere Drücke als z.B. Kompressortankwagen, zu erzeugen und bieten somit die Voraussetzung, um exaktere Quer- und Längsverteilung auf dem Feld zu erzielen. Insbesondere für die emissionsarme Verteilung mit Schlepplschläuchen größerer Arbeitsbreiten haben hohe Pumpdrücke Vorteile. Um der Verstopfungsgefahr vorzubeugen, werden diese Verteilwagen oft zusätzlich mit Zerkleinerern sowie mit Fremdkörpersicherungen ausgestattet werden.

Tabelle 7: Vergleich der 3 heute eingesetzten Tankwagentypen verglichen
(nach Kowalewsky)

	Druckverteiler- tankwagen	Kompressor- tankwagen	Pumpen- tankwagen
Ansaugen des Flüssigmistes	–	+ + +	+ + + +
Befüllgeschwindigkeit	–	+ +	+ + +
Flüssigmistförderung	–	–	+ + + +
zerkleinernde Wirkung	+ + +	+	+ + + +
Aufrühren im Tank	+ + + +	–	+ + +
Ausnutzung des Tankvolumens	+ + + +	+ +	+ + + +
möglicher Druck	+ + +	+ +	+ + + +
Fremdkörperempfindlichkeit	+ +	+ + + +	+
Wartungsaufwand	+ + +	+ + + +	+
Geräuschentwicklung	+ + + +	+	+ + + +
Kosten	+ + + +	+ + +	+
– nicht möglich (bzw. Zusatzeinrichtungen erforderlich)			
+ schlechtere Bewertung			
+ + + + bessere Bewertung			

Um die technischen Anforderungen für eine exakte Gülleverteilung zu erfüllen, sind die auf dem Markt befindlichen Gülletankwagen mit unterschiedlichen Aggregaten zum Befüllen, Homogenisieren, Fördern, Zerkleinern und Entleeren ausgestattet. In den folgenden Kapiteln sollen die Techniken näher beschrieben und beurteilt werden. Dazu wurden auch die Hersteller nach technischen Einzelheiten befragt.

Abbildung 5: Auf landw. Betrieben werden Saugschläuche für selbstbefüllende Wagen meistens unten angeflanscht. Lohnunternehmer bevorzugen Saugschläuche mit Hubgerüst für Überrandbefüllung wegen der höheren Schlagkraft. Hier ein Samson-Schleppschlauchwagen mit dezentralen Förderorganen in den Schläuchen.

5. Kompressor

Die meisten Hersteller rüsten ihre Vakuumpumpen mit Kompressoren von Spezialfirmen aus (z.B. Battioni Pagani, Hertell u.a.). Kompressoren werden in vielen Bereichen der Industrie, Handwerk und Landwirtschaft eingesetzt. Bei dem speziellen Einsatz an Kompressortankwagen sind gezielte Anforderungen zu erfüllen, daher müssen Landwirte oder Lohnunternehmer beim Kauf auf bestimmte technische Details achten.

Leistung und Leistungsbedarf des Kompressors

Bestimmt wird der Leistungsbedarf sehr wesentlich von der Größe des Tankwagens und der gewünschten Verteiltechnik. Für Tankwagen mit mehr als 10 m³ Fassungsvermögen ist ein Leistungsbedarf des Kompressors von etwa 25 kW zu veranschlagen (10-40 kW). Höchstbetriebsdrücke mit mehr als 1 bar erfordern u.a. jährliche TÜV-Abnahmen und sind daher in der Landwirtschaft nicht üblich.

Für den Betreiber sind darüber hinaus Kriterien wie Befüllzeit, maximale Saughöhe und maximaler Druck maßgebend, denn Hauptziel ist neben der exakten Gülleverteiler eine möglichst geringe Arbeitszeit. Befüllzeiten des Tankes richten sich vor allem nach dem Luftdurchsatz (Kompressorleistung). Wesentlich beeinflusst wird die Befüllzeit weiterhin durch die Saughöhe, den Güllezustand (Zähflüssigkeit), Homogenität, Saugleitungsquerschnitt, Tankgröße und Tankform. Flache, lange Tanks lassen sich bei gleichem Inhalt schneller befüllen als kurze, hohe Tanks.

Zu beachten ist, dass es sich bei den eingebauten Kompressoren meistens um „Kurzzeitläufer“ handelt, die nicht für Dauerbetrieb konstruiert sind. Die Betriebszeit dieser Kompressoren sollte 6-8 Minuten nicht überschreiten, da sonst die Gehäusetemperatur auf über 90°C ansteigen und zur Beschädigung von Schaufeln und anderen Teilen führen kann. Beim Anfall von sehr dickflüssiger Gülle sollte mit Wasser verdünnt werden, damit die Betriebszeiten eingehalten werden können.

Von verschiedenen Herstellern wurden folgende für Kompressoren in Güllewagen gemacht:

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| ◆ Höchstbetriebsdruck | - 1,5 bar |
| ◆ Höchstvakuum | - 0,8 bar (0,7-0,85) |
| ◆ max. Saughöhe | - 6-8 m |
| ◆ angestrebte Befüllzeit | - 3 m ³ /min |
| ◆ erforderlicher Luftdurchsatz | - 12.000 l/min (8.000-14.000) |
| ◆ empf. Saugleitungsdurchmesser | - 150 mm |
| ◆ Höchstdrehzahl | - 600 U/min |

Abbildung 6: Lamellen-Kompressor (Werkbild Eckart)

Schutz von Umwelt und Anwender

Kompressoren verursachen meistens eine unangenehme Geräusentwicklung. Der Wert von 75 dB wird von den meisten befragten Herstellern überschritten (80-100 dB). Auf diesem Sektor sind daher Verbesserungen zur Geräusminderung zu fordern.

Von allen Herstellern wird heute asbestfreies Gewebe für den Lamellenaufbau verwendet. Hinsichtlich der Verlustschmierung ist der Einsatz von biologisch abbaubaren Ölen grundsätzlich möglich.

Wartungsaufwand und Standzeiten

Angaben zu Standzeiten wurden in Abhängigkeit von der Ansaugluftqualität gemacht. Danach halten die Lamellen etwa zur Bewältigung von 30.000-40.000 m³ Gülle und müssen dann erneuert werden. Kontrollen sollten nach mindestens 600 Stunden Einsatz des Kompressors vorgenommen werden. Bei Verschleiß der Lamellen sind für den Austausch zwischen 1 und 3 Stunden Arbeitszeit zu veranschlagen, je nach Bauart.

Kühlung und Schmierung

Entscheidend für die Lebensdauer der Kompressoren sind ausreichende Kühlung und Schmierung.

Es werden Kompressoren mit Wasserkühlung oder Zwangsluftkühlung angeboten. Lohnunternehmer wählen häufig Kompressoren mit Wasserkühlung (Wasserringkühlung). Besonders im kommunalen Einsatz werden Kompressorenlaufzeiten von oft mehr als 10 Minuten erreicht. Außerdem sind dann die Abkühlzeiten für normale Luftkühlung zu kurz. Für Kompressortankwagen in

kleineren und mittleren Größen /L 10 m³ Fassinhalt) reicht im landwirtschaftlichen Einsatz die normale Luftkühlung. Als Alternative zur Wasserringkühlung werden von einigen Herstellern Kompressoren mit Zwangsluftkühlung angeboten. Diese Form der Kühlung verursacht meist die höchste Geräuschentwicklung.

Hinsichtlich der Schmierung der Lager sind verschiedene Techniken im Einsatz:

- Zwangsschmierungen werden mit Kolben- oder Zahnradpumpen betrieben.
- Tropföler bewerkstelligen die Verlustschmierung, hierbei ist die Verwendung von Bioölen zu empfehlen, außerdem müssen diese Öle ebenfalls wärmebeständig sein.

Antrieb

Kompressoren an Vakuumpumpen werden generell durch die Schlepperzapfwelle mit 540 U/min angetrieben - nur in Einzelfällen erfolgt der Antrieb per Ölmotor. Für den Einsatz von Kompressoren in Gebäuden ist der Elektromotor als einzige Alternative anzusehen.

Zusammenfassend noch einige Grundsätze beim Betrieb von Kompressoren an Vakuumpumpen:

- Antrieb: über Gelenkwelle mit 540 U/min
- Drehrichtung: meist entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn, darf aber keinesfalls geändert werden, da sonst Beschädigungen an den Bauteilen auftreten
- Drehzahl: empfohlen werden meist zwischen 400 und 500 U/min, maximal jedoch 600 U/min. In der Einlaufzeit sollten die Drehzahlen um etwa 25 % reduziert werden.
- Schmierung: die meisten Fabrikate sind mit Zwangsschmierung, sowohl beim „Saugen“ als auch beim „Drücken“, mittels Zahnradpumpe ausgestattet. Das Öl fließt dabei im Kreislauf, der Ölstand muss regelmäßig kontrolliert werden.
- Ölsorten: gemäß Herstellerangaben - meistens SAE 20 W im Sommer und SAE 10 W im Winter - meistens auch Bioöle verwendbar
- Ölmengen: ohne Getriebeöl werden etwa 3 bis 4 l benötigt
- Ölwechsel: etwa alle 300 Betriebsstunden
- Überlaufsicherung: da keinesfalls Gülle in den Kompressor geraten darf, dient ein im Tank eingebautes Schwimmkugelventil in Verbindung mit einem Syphonabscheider als Sicherung. Sollte trotz aller Vorsichtsmaßnahmen dennoch Gülle oder

Flüssigkeit in den Kompressor gelangen, muss sofort mit Mineralöl „durchgespült“ werden. Diese Rostschutzsicherung ist auch ratsam, wenn der Kompressor längere Zeit nicht in Betrieb war.

- Überdruckventil: da der maximal zulässige Behälterdruck bei etwa 1 bar liegt, sorgen meistens Überdruckventile für den erforderlichen Luftablass (z.B. als Haubendom)
- Betriebstemperatur: im Kompressorgehäuse darf die Temperatur nicht über 90°C ansteigen, dafür sorgt die Kompressorkühlung
- Wartung: bestehend aus Überwachung der Ventile und des Schmieröls. Die Lamellen sollten gewechselt werden, wenn diese abriebbedingt um 10-15 % „verkürzt“ wurden.

Bedeutung der Kompressortankwagen

Vakuumwagen sind nach wie vor für die Gülleausbringung am weitesten verbreitet. Als Fassmaterial kommt fast nur Stahl in Frage. Mit Kompressoren betriebene Gülletankwagen sind für fast alle Verteiltechniken geeignet - auch für Schleppschläuche in Arbeitsbreiten von bis zu 24 m.

Kombination des Kompressors als „Hauptaggregat“ mit anderen Aggregaten sind an Tankwagen sehr verbreitet:

- Kompressor und Verdrängerpumpe - Kompressor für fremdkörperunempfindliche, hohe Befüllleistung und Verdrängerpumpe zum „Rühren“ und „Ausbringen“.
- Kompressor und Ölmotor - sehr weit verbreitet, wobei der Ölmotor die Schneid- und Verteilköpfe antreibt bei Schleppschlauchverteilung und Gölledrill.
- Kompressor und Flügelrad zur Beschleunigung des Güllestroms, wobei der Antrieb auch hier hydraulisch erfolgt.
- Kompressor und Kreiselpumpe ebenfalls als Zusatzaggregat zum Befüllen und zwar hydraulisch oder mechanisch betrieben.

6. Pumpen

6.1 Verdrängerpumpen

Neben den weit verbreiteten Kreiselpumpen, Taumotor- und Tauschneidpumpen (Niederdruckpumpen) werden Verdrängerpumpen in Güllewagen eingesetzt.

Insbesondere in Verbindung mit Pumptankwagen werden überwiegend Verdrängerpumpen eingebaut, da sie bauartbedingt hohe Drücke erzeugen, selbstsaugend sind und mit sehr dick-flüssiger Gülle fertig werden können.

Abbildung 7: Kennlinien von Kreiselpumpe und Drehkolbenpumpe

Verdrängerpumpen erweisen sich im Einsatzbereich als sehr vielseitig:

Neben dem Einsatz in der Landwirtschaft für Gülle und Flüssigfutter eignen sich diese Pumpen zum Fördern von Abwässern, Schlämmen, chemischen Flüssigkeiten aller Art, in der Nahrungsmittelindustrie und vielen anderen Bereichen.

Auf dem Gebiet der Verdrängerpumpen für den Gülleeinsatz befinden sich seit Jahren zwei Prinzipien im Wettbewerb - die Exzentrerschneckenpumpen und die Drehkolbenpumpen.

6.2. Drehkolbenpumpen

Drehkolbenpumpen sind selbstsaugende, ventillose Verdrängerpumpen, die in der Lage sind, Flüssigkeiten in unterschiedlicher Konsistenz zu fördern. Sie zeichnen sich durch eine sehr kompakte Bauweise aus.

Allen Drehkolbenpumpen ist die zweiwellige, parallelachsige Bauart gemeinsam, wobei die Wellen durch ein außenliegendes Gleichlaufgetriebe gegeneinander bewegt werden. Die auf den Wellen befestigten Rotoren wälzen sich in einem sie umschließenden Gehäuse mit geringem axialem und radialem Spiel aufeinander ab. Die Verdränger erzeugen den für den Flüssigkeitstransport erforderlichen Druck, wobei sie so ausgebildet sind, dass sie in jeder Stellung den Saug- und Druckraum gegeneinander verschließen.

Beim Abwälzen der Verdränger aufeinander werden die in den Saugsaum eingetretenen Profillücken mit dem Fördergut gefüllt. Jede volle Umdrehung eines Kolbens umfasst bei der Standardausführung zwei Förderphasen, somit werden je Umdrehung beider Kolben vier Förderphasen erreicht. Das Medium wird in Umfangrichtung mitgenommen und auf der Druckseite durch das Eintauchen der Gegenflügel (Kolben) in die Druckleitung entleert. Hierbei entsteht bei einigen Kolbenformen eine pulsierende Strömung von der Saug- zur Druckseite. Die Beanspruchung des Fördergutes ist dabei gering.

Bei Stillstand der Pumpe übernehmen die Kolben die Funktion eines Rückschlagventils zwischen Saug- und Druckseite. In jeder Position der Kolben ist die Druckseite zuverlässig gegen die Saugseite abgedichtet.

Abbildung 8: Drehkolbenpumpe – Förderprinzip –(Pumpen + Kompressoren 2/98)

Die Hersteller verwenden verschiedene Drehkolbenformen, z.B. Ovalform, 8-Form, Dreiflügelform oder Schraubenform. Mit der neu entwickelten Schraubenform wird eine weitgehend pulsfreie Förderung von Flüssigkeiten erreicht. Inzwischen bieten mehrere Hersteller diese Kolbengeometrie an.

In Abhängigkeit vom Pumpmedium werden verschiedene Kolbenbeschichtungen angeboten. Die Kunststoffbeschichtungen weisen durchweg eine Härte von 70 Shore A und eine Temperaturbeständigkeit von 65-80 °C auf.

Für das Medium Gölle ist besonders der Werkstoff SBR aus Butadien und Styrol geeignet. Dieser Werkstoff ist sehr verschleißfest, verträgt allerdings nur Temperaturen bis etwa 65°C. Da die Gölle selbst als Schmier- und Kühlmittel der Kolben wirkt, führt Trockenlauf generell zur Erwärmung und zu stärkerem Abrieb.

Leistungsbedarf und Leistung

Auch bei den Verdrängerpumpen sind zur Erzielungen maximaler Fördermengen Bedingungen wie Viskosität der Gülle, Leitungsquerschnitte, Saughöhe und -länge, Druck, Länge der Druckleitung, usw. von Bedeutung.

Im Prospekt geben die Hersteller die Fördermengen einzelner Pumpentypen bei Wasser unter definierten Bedingungen an.

Entscheidend sind für die Fördermengen die Baugrößen der Pumpen und die Drehzahlen. So werden im Drehzahlbereich zwischen 50 und 500 U/min je nach Baugröße Fördermengen zwischen 0,5 bis 600 m³/h realisiert.

Wie bei allen Pumpen verringert sich mit zunehmendem Druck die Fördermenge. Firmenangaben zum Förderdruck reichen von 3 bis 10 bar. Bezüglich der Drehzahlempfehlungen umfassen die firmenspezifischen Angaben 100-600 U/min. Dabei wird ein Leistungsbedarf von 20-40 kW bei 3 bar Förderdruck benötigt. Saugleitungsquerschnitte sollten wegen der Reibungsverluste 150 mm Durchmesser nicht unterschreiten. Bei den Druckleitungen sind Querschnitte von 100-200 mm Durchmesser möglich. Mit zunehmender Dickflüssigkeit verringern sich bei sonst gleichen Bedingungen die Fördermengen.

Bauartbedingte Besonderheiten

Zur Erzeugung von Saugdrücken müssen die Drehkolben eng aneinander laufen und werden dann durch die zu fördernde Flüssigkeit geschmiert und gekühlt. Aus diesem Grund sind alle Drehkolbenpumpen trockenlauf- und fremdkörperempfindlich. Wickelerscheinungen durch Garn oder Draht sind wegen der Gegenläufigkeit bei der Drehung der zwei Wälzkörper ausgeschlossen (Problem bei Kreiselumpen!). Nachteilig ist bei den herkömmlichen (auch mehrflügeligen) Kolbenkörpern eine gewisse Ungleichförmigkeit (Pulsieren) des Verdrängervorgangs, der sich bei Flüssigkeiten in Druckpulsation auswirkt. Dadurch werden gewisse Rüttelbelastungen und Drehmomentschwankungen des Pumpsystems hervorgerufen. Stabilitäts- und Haltbarkeitsprobleme können die Folge sein.

Mit neuerer Kolbengeometrie ist es inzwischen gelungen, eine bessere Laufruhe durch Verhindern der Pulsation zu erreichen. Bei diesen schraubenartigen Kolben sind die Flügel entlang der Achse um einen bestimmten Winkel verwunden. Durch diese neuartige Kolbentechnik werden Schwingungsdämpfer überflüssig. Außerdem soll neben einer geringeren Geräuschentwicklung noch ein besseres Saugvermögen, höherer Druck und eine höhere Grenzdrehzahl möglich sein.

Abbildung 9: Drehkolbenpumpe mit „HiFlo-Kolben“ für pulsationsfreie Förderung
(Werkbild Vogelsang)

Die Standzeiten der Drehkolben richten sich insbesondere nach dem Fremdkörperbesatz, Sandanteil und Trockenlaufhäufigkeit. Bei Verschleiß lässt die Fördermenge entsprechend nach, so dass dann diese Teile, Drehkolben oder Rotationsflügel mit Dichtungen ausgewechselt werden müssen. Als Reparaturzeiten werden von den Herstellern 1 bis 5 Stunden angegeben.

Gelagert sind die Drehkolben einseitig oder zweiseitig. Einseitige Lagerung erleichtert die Reparatur, beansprucht das Lager aber stärker. Die Lagerschmierung erfolgt per Zahnradpumpe oder im Ölbad. Abdichtungen werden durch Gleitringe oder Radialwellen gewährleistet.

Hinweise zu Wartung und Betrieb

- Vor der ersten Inbetriebnahme ist oft ein Auffüllen des Ansaugstutzens mit Wasser erforderlich.
- Grundsätzlich sind Drehkolbenpumpen für beide Förderrichtungen geeignet. Das Schauglas muss immer auf der Saugseite installiert sein.
- Rohrleitungsdurchmesser sollten 150 mm NW auf der Saugseite nicht unterschreiten (Kavitationsgefahr (Hohlsog)). Wandstärken und Materialien müssen den Nenndrücken der Pumpen standhalten.
- Saugleitungen mit mehr als 30 m Länge sollten möglichst in Fließrichtung mit Gefälle verlegt werden, damit die Rohrleitung nicht leer laufen kann.

- Vermeidung von Fremdkörpern in der Gülle ist oberstes Gebot und verhindert weitgehend den Verschleiß.
- Mit zunehmender Zähflüssigkeit der Gülle muss die Drehzahl beim Pumpen verringert werden, damit der Saugfaden nicht abreißt und Kavitation (Hohlsog) entsteht.
- Bei Frostgefahr muss die Pumpe durch Vorwärts- und Rückwärtspumpen bei Öffnung der Belüftungshähne entleert werden.
- Bei Wärmeperioden kann es zu Gärungsprozessen in der Gülle kommen, infolge der Gasentwicklung und der damit verbundenen Druckerhöhung kann die Pumpanlage geschädigt werden. Schieber und Belüftungshähne sind daher zu öffnen.
- Vor längeren Betriebspausen sollte die Pumpe mit Wasser gespült werden, indem an die Belüftungshähne Leitungswasser angeschlossen wird.
- Getriebeöl und Sperrkammeröl sind gemäß Betriebsanleitung regelmäßig zu kontrollieren bzw. zu wechseln. Meistens muss das Getriebeöl nach etwa 20 Betriebsstunden und dann in größeren Intervallen bis 2.000 Betriebsstunden gewechselt werden.
- Bei verschleißbedingtem Kolbenwechsel sind auch die Gleitringdichtungen auszutauschen.
- Bei einigen Fabrikaten ist bis zu einem gewissen Verschleiß auch ein Nachstellen der Gehäusehalbschalen möglich.

6.3 Exzentrerschneckenpumpen

Neben zahlreichen Einsatzmöglichkeiten in der Industrie wird die Exzentrerschneckenpumpe auf dem Agrarsektor vor allem zur Förderung von Flüssigfutter und Gülle eingesetzt.

Bei den Schneckenverdrängerpumpen wird der einfache preisgünstige Aufbau mit nur einem Förderelement als Vorteil gesehen, insbesondere im Bereich kleinerer Fördermengen. Da die Verdrängung des Pumpmediums in axialer Richtung verläuft, ist in einfacher Weise durch mehrstufiges Fördern ein hoher Druck erreichbar. Ein weiterer Vorteil ist das bis auf kavitationsbedingte Störungen fast pulsationsfreie Fördern.

Abbildung 10: Exzentrerschneckenpumpe (Werkbild Eckart)

Die korkenzieherartig geformten Stahlrotoren drehen sich in Hartgummistatoren und fördern auf diese Weise flüssige bis breiartige Stoffe. Wie die Drehkolbenpumpen sind auch die Exzentrerschneckenpumpen als Saug-Druck-Pumpen zu bezeichnen. Wichtiges Kriterium bei der Auslegung der Exzentrerschneckenpumpe ist der geförderte Volumenstrom und der benötigte Förderdruck. Der Volumenstrom ist abhängig vom Füllgrad der Förderkammer, der sich zwischen Rotor und Stator bildet.

Folgende Parameter beeinflussen den Füllgrad der Förderkammern:

Hinsichtlich der *Kammergeometrie* wird als Optimum nahezu die Kugelform angestrebt. Die Verkantung von Feststoffen und der Verschleiß sind hierbei am geringsten. Die Kammeröffnungszeit ist direkt proportional zur *Pumpendrehzahl*, so dass mit steigender Drehzahl der Füllgrad der Förderkammer abnimmt.

Mit steigendem *Vordruck* im Sauggehäuse der Pumpe nimmt der Füllgrad zu, da die Befüllung durch den Druck unterstützt wird.

Bei der *Beschaffenheit des Fördergutes* führen dünnflüssige mit wenig Feststoffen beladene Fördergüter zu höheren Füllgraden.

Pumpenleistungen für Gülle

Je nach Bauart und Größe werden Fördermengen von Wasser mit 3 bis 4 m³/min angegeben. Dabei können Förderdrücke von 5 bis 7 bar erzielt werden, mit zunehmendem Druck geht auch bei den Exzentrerschneckenpumpen die

Fördermenge zurück. Der Leistungsbedarf wird bei 3 bar Druck mit 13 bis 50 kW angegeben, wobei Art der Flüssigkeit, Leitungsquerschnitte von Saug- und Druckrohren sowie Rotorlänge (mit etwa 60 cm) von besonderem Einfluss sind. Die Durchmesser von Saugleitungen sollten 150 mm nicht unterschreiten. Dagegen werden die Druckleitungen je nach Verwendungszweck zwischen 100 und 200 mm Durchmesser ausgelegt. Als optimale Zapfwellendrehzahlen werden 400 bis 500 U/min angegeben.

Standzeiten

Hauptverschleißteile von Exzentrerschneckenpumpen sind Rotor und Stator. Meist wird empfohlen, nach 2 Statorwechsel den Rotor auszutauschen (Metallschnecke). Um möglichst hohe Standzeiten zu erreichen, müssen von der Auslegung der Pumpe abhängige Einflussfaktoren beachtet werden. In Abhängigkeit vom Medium sind bestimmte Drehzahlen einzuhalten. Eine auf Gülleförderung ausgelegte Pumpe ist nicht für den Dauerbetrieb zur Wasserförderung geeignet. Geeignetes Stator- und Rotormaterial mit bestimmten Fertigungstoleranzen ermöglichen die für die Gülleförderung notwendigen Anpressdrücke zwischen Rotor und Stator. Der Dauerbetriebsdruck gibt praktisch die Stufigkeit der Pumpe vor. Grundsätzlich nimmt die Druckdifferenz von einer Kammer zur nächsten ab mit zunehmender Länge von Rotor und Stator.

Stufigkeit der Pumpe in Abhängigkeit vom Dauerbetriebsdruck

bis 3 bar Dauerbetriebsdruck:	einstufige Pumpe
bis 5 bar Dauerbetriebsdruck:	zweistufige Pumpe
bis 8 bar Dauerbetriebsdruck:	dreistufige Pumpe
> 8 bar Dauerbetriebsdruck:	vierstufige Pumpe

Werkstoffwahl und Beschichtungen sind ebenfalls auf die zu fördernden Flüssigkeiten abzustimmen. Bei stark feststoffbeladenen Medien, insbesondere Flüssigfutter, sollte der Kugeldurchgang vergrößert werden. Generell zeigen Exzentrerschneckenpumpen ähnlich wie Drehkolbenpumpen im Vergleich zu Kreiselpumpen eine deutlich höhere Anfälligkeit gegenüber Fremdkörpern und Trockenlaufen. Deshalb sind Vorbeugemaßnahmen zu treffen, insbesondere Fremdkörpersicherungen wie Steinfangkästen.

Nach Firmenangaben betragen die Standzeiten beim Stator rd. 1000 Stunden und beim Rotor etwa 1500 Stunden. Durch zunehmenden Verschleiß geht die Förderleistung entsprechend zurück, die erforderlichen Drücke werden ebenfalls nicht mehr erreicht.

Betriebs- und Wartungshinweise

- Hierbei sind Parallelen zu den Drehkolbenpumpen zu sehen.
- Vor dem Erstbetriebe muss die Pumpe mit dem Fördermedium angefüllt werden, damit unter allen Umständen ein Trockenlauf vermieden wird.
- Nach einigen Stunden Einlaufzeit sollten sämtliche Schrauben angezogen werden.
- Rotor und Stator werden durch die durchlaufende Gülle gekühlt und geschmiert. Eine besondere Wartung ist also nicht erforderlich.
- Auch die Kreuzgelenke sind wartungsfrei.
- Gelagert sind die Antriebswellen mittels Kegelrollen und gegen Verschmutzung mit den bewährten Gleitringdichtungen geschützt. Die Schmierung erfolgt meist mit Getriebeöl SAE 90 in integrierter Ölvorlage als Dauerschmierung.
- Vor längeren Stillstandzeiten ist die Exzentrerschneckenpumpe gründlich zu reinigen und zu spülen und auf Ablagerungen im Sauggehäuse zu überprüfen. Außerdem sollte der Stator mit Silikonöl konserviert werden.
- Um Verschleiß zu minimieren ist vor allem auf Vermeidung von Fremdkörpern zu achten.

6.4 Kreiselpumpen

Zum Fördern von Gülle sind Kreiselpumpen in der Landwirtschaft am weitesten verbreitet. Das Haupteinsatzgebiet liegt in der Förderung der Gülle aus Kanälen und Vorgruben in die Lagerbehälter, wobei in der Regel nur wenige Meter Höhenunterschied zu bewältigen sind. Zur Ausrüstung von Gülletankwagen finden diese Pumpen nur Verwendung in Kombination mit Kompressoren, da die Funktion des „Saugens“ (Fassbefüllung) nicht möglich ist.

Im Gegensatz zu Verdrängerpumpen erzeugen Kreiselpumpen den Druck mit Hilfe hoher Umfangsgeschwindigkeit des Rotors. Die Rotoren (Kreisel) rotieren „frei“ im Gehäuse, wodurch sich verschiedene Vorteile ergeben - Unempfindlichkeit gegenüber Fremdkörpern und Trockenlaufen.

Abbildung 11: Kreiselpumpe – Pumpenlaufrad mit Gehäuse
(Duräumat System Beham)

Technische Kriterien

Zwischen dem Gehäuse (Stator) und dem Rotor haben Kreiselpumpen ca. 1-2 mm Spiel. Je nach Konstruktion der Flügel können Fremdkörper bis etwa Kinderfaustgröße ohne Beschädigung der Pumpe passieren.

Kreiselpumpen können maximale Drücke von bis zu 3 bar erzeugen, bei Schlepperantrieb sogar ca. 5 bar. Mit zunehmender Länge der Druckrohre nimmt der Druck stark ab und zwar auf 20 m um ca. 1 bar. Zum Betreiben von Spülleitungen sind daher ausreichende Rohrquerschnitte bedeutsam (≥ 150 mm).

Die Förderhöhe endet bei etwa 20 m und steht in enger Beziehung zur Fördermenge. Fördermengen sind abhängig von der Pumpengröße, Rohrquerschnitten, Antriebsleistung, Förderhöhe und Art der Flüssigkeit. Viele Kreiselpumpen liegen bei 3-5 m³ Förderleistung pro Minute. Beim Medium Wasser sind Kreiselpumpen selbstsaugend bis 0,7 bar $\underline{\hat{=}}$ 7 m Wassersäule, ähnlich bei Jauche. Gülle mit 7-8 % Trockenmasse lässt sich mit einem Saugrohr wie bei den Verdrängerpumpen nicht aus Vorgruben oder Endbehältern fördern - hier ist ein entscheidender Nachteil zu den Verdrängerpumpen (Saug-Druck-Pumpen) zu sehen.

Wichtig sind ausreichend bemessene Rohrquerschnitte, normalerweise ab 150 mm, bei Spülleitungen für Rindergülle ab 50 m Länge sollten die Hochdruckrohre 200 mm NW nicht unterschreiten.

Die Fremdkörperempfindlichkeit ist im Vergleich zu den Verdrängerpumpen sehr gering, es sei denn, ein größerer Fremdkörper verkeilt sich im Pumpenlaufrad. Ebenso gibt es keine Probleme mit Verschleiß bei Trockenlaufen, da die Flügelräder ausreichend Spiel haben. Ähnlich gering sind Schäden durch Frosteinwirkung auf die Pumpe einzuschätzen.

Neben den herkömmlichen Ausführungen werden selbstsaugende oder Hochdruck-Kreiselpumpen angeboten. Diese Pumpen besitzen ein Spezialgehäuse (Stator) aus Guß mit innenliegendem Edelmantel, der z.T. auch hartgummibeschichtet ist. Dazu läuft der Rotor mit extrem wenig Spiel. Dadurch werden das Selbstansaugen einerseits und höhere Drücke (4-8 bar) andererseits ermöglicht. Die Fremdkörper- und Trockenlaufempfindlichkeiten sind jedoch höher als bei „normalen“ Kreiselpumpen.

Voraussetzungen für den Einsatz in Gülle sind u.a.:

- ◆ Medium mit hoher Homogenität
- ◆ Trockenmassegehalte bis maximal 8 %
- ◆ Gülle frei von Fremdkörpern

Antrieb

Bei Schleppern wird von der normalen Zapfwelldrehzahl von 540 U/min ausgegangen, durch Übersetzung liegt dann die Pumpendrehzahl bei bis zu 2100 U/min. Elektromotoren erreichen meist 1400 U/min. Das Optimum wird mit 1800 U/min angegeben. Darüber hinaus nimmt der Verschleiß stark zu.

Die Schmierung der Laufräder erfolgt heute meistens mit Bioölen und ist daher auch bei Leckagen unproblematisch für die Umwelt.

Die Lebensdauer der Pumpen wird negativ beeinflusst, wenn die Gülle sehr viel Sand enthält.

Reißwerke am Rotor sind für Rindergülle sinnvoll, dennoch kann es Probleme durch Wickeln von Kunststoffgarn und Draht geben.

7. Matzerator

Da die Gülle nicht generell von Fremdkörpern freigehalten werden kann, ist der zusätzliche Einsatz von Matzeratoren bei Güllepumpensystemen zu empfehlen. Die Schneideinrichtungen zerkleinern Holzstücke, Faserstoffe, Nachgeburten etc., während Steine und Metallteile abgesondert werden müssen.

Bei mobilen und stationären Güllepumpen sind häufig auch Schneideinrichtungen in Verbindung mit Fangkästen im Einsatz. Diese Technik befindet sich selbstverständlich im Ansaugbereich des Systems, damit gleichzeitig die Güllepumpe geschont und deren Lebensdauer verlängert wird.

An Güllewagen befinden sich Matzeratoren in Kombination von Entsorgungseinrichtungen von nicht schneidbaren Grobstoffen vor den Dosier- und Verteileinrichtungen. Bei den Güllewagen mit Schleppschlauchverteilern oder Gölledrill haben die Matzeratoren gleichzeitig die Aufgabe, das Medium gleichmäßig den Austrittsschläuchen zuzuführen. Weit verbreitet sind die sogenannten Lochscheibendosierer mit vorgeschaltetem Schneidwerk.

Abbildung 12: Matzerator mit Zyklonabscheider (Werkbild Vogelsang)

Häufig sind Matzeratoren, bestehend aus runden Schneidsieben (unterschiedliche Öffnungsweiten) mit rotierenden Schneidelementen kombiniert.

Matzeratoren benötigen einen Kraftbedarf von 5 bis 15 kW. An Güllewagen werden diese Schneideinrichtungen in der Regel mit einem Ölmotor angetrieben.

Je nach Fremdkörperbesatz halten die Verschleißteile eines Matzerator für 20.000 bis 40.000 m³ Gülle. Bei Verschleiß können die betreffenden Teile meistens noch einmal gewendet werden, danach sind die Teile auszutauschen. Der Zeitbedarf für diese Reparaturen beträgt nach Firmenangaben etwa 1 Stunde.

Von der Größe her müssen die Matzeratoren der Durchflussmenge der Pumpe bzw. der Kompressorleistung angepasst werden. Dementsprechend leisten

Schneidsysteme bei mobilen und stationären Pumpen bis zu 600 m³/Stunde. Dagegen sind die Durchflußleistungen der Schneid- und Dosiersysteme an Güllewagen entsprechend der Ausbringmengen erheblich geringer.

Abbildung 13: Mazerator angebaut am Tankwagen. Große Reinigungsöffnung zum Entfernen von Fremdkörpern

8. Heute übliche Förderaggregate in Güllewagen

Über 50 % der heute verkauften Güllewagen sind mit Kompressoren für die Befüllung und Ausbringung ausgerüstet. Es folgen Güllewagen mit Verdrängerpumpen und zwar überwiegend Drehkolbenpumpen. Da die Ausrüstung mit Verdrängerpumpen bei sonst gleicher Ausstattung etwa 5000 DM teurer ist, haben die Kompressortankwagen vom Preis her Vorteile. Die meisten auf dem Markt befindlichen Kompressortankwagen sind mit dem etwas schwereren Stahltanks ausgerüstet. Ein weiterer Nachteil der Kompressoren ist die Befüllung in größeren Höhenlagen (Alpenraum), da mit zunehmender Höhenlage ein geringerer Maximalfassfüllstand erreicht wird; hier haben Verdrängerpumpen Vorteile. Vorteilhaft neben der Preiswürdigkeit der Kompressortankwagen ist die Fremdkörperunempfindlichkeit. Allerdings erfordern Schleppschlauchverteiler neben Schneid- und Dosiereinrichtungen auch Abscheidesysteme für „grobe“ Fremdkörper. Um das Befüllen bei Kompressortankwagen generell zu beschleunigen, werden zusätzliche Befüllhilfen angeboten. Dabei handelt es sich meistens um ölmotorgetriebene Kreiselpumpen. Damit ist dann aber auch der Preisvorteil der Kompressortankwagen kompensiert.

Auf die Verteiltechnik mit Schleppschläuchen hat die Art des Aggregats (Kompressor oder Verdrängerpumpe) keinen Einfluss. Ebenso wenig spielt die Fassgröße eine Rolle.

9. Dosierung

Beim Dosieren der optimalen Güllegabe gibt es in der Praxis immer noch große Schwierigkeiten. Das liegt unter anderem daran, dass viele Landwirte nicht wissen, welche Nährstoffgehalte ihre Gülle aufweist. Ohne diese Kenntnis ist eine vernünftige Bemessung der Güllegabe nicht möglich. Abhilfe kann hier nur eine Gülleanalyse schaffen, wie sie beispielsweise von der LUFÄ durchgeführt wird.

Wenn die auszubringende Güllemenge unter Berücksichtigung des Nährstoffvorrats im Boden des Nähranspruchs der angebauten Kultur und der Nährstoffgehalte der Gülle ermittelt wurde, gilt es, diese Menge auch möglichst exakt auszubringen. Von Seiten der Technik gibt es dazu unterschiedliche Möglichkeiten.

Das Dosieren erfolgt bei den meisten der heute eingesetzten Güllewagen allein über die Fahrgeschwindigkeit. Dabei kommt der Landwirt meist nicht umhin, erst durch Ausprobieren herauszufinden, wie schnell er fahren muss, um die gewünschte Hektargabe zu verabreichen. Das ist unbefriedigend. Das Mindeste sind hier Dosiertabellen, aus denen die für eine bestimmte Hektargabe erforderliche Fahrgeschwindigkeit abgelesen werden kann. Eine solche Dosiertabelle ist im folgenden dargestellt.

Tabelle 8: Beispiel für eine Dosiertabelle eines Flüssigmisttankwagens (6 m³ Fassungsvermögen, 12 m Arbeitsbreite)

Vorgesehene Ausbringmenge m ³ /ha	notwendige Fahrgeschwindigkeit in km/h bei Dauer einer Tankentleerung von		Reichweite einer Tankfüllung m
	3,45 min km/h	5,0 min km/h	
10	8,0	6,0	500
15	5,3	4,0	333
20	4,0	3,0	250
25	3,2	2,4	200
30	2,7	2,0	167
35	2,3	1,7	143
40	2,0	1,5	125

Mit derartigen Dosiertabellen lässt sich aber nur vernünftig arbeiten, wenn zumindest einmal vorab festgestellt wird, wie lange eine vollständige Entleerung des Güllefas ses dauert. Aus dem Fassinhalt und der benötigten Entleerungszeit ergibt sich die Ausflußmenge (in m³/min). Aus dieser Ausflußmenge, der Fahrgeschwindigkeit und der Arbeitsbreite wurde dann die Hektargabe errechnet.

Um eine exakte Dosierung der Hektargabe während der gesamten Fassentleerung zu erreichen, muss die Ausflussmenge konstant bleiben. Das ist bei den heute angebotenen Pumpen, Druckverteiler- und Kompressortankwagen (mit 1 bar Druck) weitgehend gewährleistet. Füllstandsänderung im Fass wirken sich hier nur wenig auf die Ausflußmenge aus.

Gleich bleiben müssen aber auch die Arbeitsbreite und die Fahrgeschwindigkeit. Bei der Arbeitsbreite kann es zu Problemen bei Breitverteilern z. B. durch Seitenwind kommen. Ein größeres Problem stellt aber meist die exakte Einhaltung der Fahrgeschwindigkeit dar. Hier kann es z. B. durch unterschiedlichen Schlupf beim Ziehen des vollen und fast leeren Fasses zur Fahrgeschwindigkeitsänderungen von $\pm 10\%$ kommen. Wenn dann noch unterschiedliche Bodenarten und unterschiedlich starke Hangneigungen vorliegen, schwankt der Schlupf und damit die Fahrgeschwindigkeit in noch stärkerem Maße.

Wegen des starken Einflusses der Fahrgeschwindigkeit auf die ausgebrachte Güllegabe sind Dosieranzeigen deutlich besser zu beurteilen als Dosiertabellen. Die Dosieranzeigen erfassen die Fahrgeschwindigkeit an einem der Güllewagenräder. Außerdem berücksichtigen sie die Ausflußmenge, die entweder aus der Pumpendrehzahl (bei Pumpentankwagen) oder aus dem Fassvolumen und der Entleerungszeit abgeleitet wird. Aus der Fahrgeschwindigkeit und der Ausflußmenge wird unter Berücksichtigung der vorgegebenen Arbeitsbreite die jeweilige Hektargabe errechnet und direkt angezeigt. Der Fahrer muss dann die Geschwindigkeit so lange anpassen, bis die vorgesehene Gabe erreicht ist. Bei dieser Technik stehen der Aufwand und der Nutzen in einem günstigen Verhältnis. Von daher ist zu erwarten, dass diese Technik in Zukunft stärkere Verbreitung findet.

Abbildung 14: Elektronische Regelung der Gülleausbringmenge bringt den höchsten Komfort, die exakteste Ausbringung, scheiterte aber bisher an den hohen Kosten

Die genaueste Dosierung ist mit Regelsystemen möglich. Hier muss nur die vorgegebene Hektargabe eingegeben werden. Sie wird dann unabhängig von Fahrgeschwindigkeitsschwankungen immer exakter eingehalten. Notwendig sind dazu die Erfassung der Fahrgeschwindigkeit, die Erfassung des Gölledurchflusses, die Vorgabe der Arbeitsbreite, ein Bordcomputer und ein Regelventil. Aufgrund des doch relativ hohen Preises dieser Regelsysteme, der um 10.000 DM liegt, dürfte sich der Einsatzbereich dieser Technik aber auch in Zukunft auf die größeren Göllewagen beschränken.

Beim Dosieren besteht insgesamt das Problem, dass sehr unterschiedliche Hektargaben verabreicht werden müssen. Die Schwankungsbreite kann zwischen 5 m³/ha bei sehr nährstoffreicher Gölle und der Ausbringung zur Strohrotte bis hin zu 50 m³/ha bei sehr nährstoffarmer Gölle und einer einmaligen Gabe z. B. zu Mais schwanken. Wenn nur über die Fahrgeschwindigkeit dosiert wird, bedeutet dies eine Geschwindigkeitsveränderung um das 10-fache.

Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass auf dem Acker mit angehängtem Göllewagen schneller als 8 km/h gefahren werden kann, müsste bei der Ausbringung der sehr großen Gabe nur 0,8 km/h gefahren werden. Das ist mit vielen Schleppern gar nicht möglich und es wird dazu führen, dass das Gölleausbringen deutlich länger dauert.

Wo es darum geht, beim Göllefahren hohe Leistungen zu erreichen, sollte deshalb zur Ausbringung großer Hektargaben die Ausflußmenge erhöht werden. Das kann z. B. bei Kompressortankwagen mit Breitverteilern durch Einsatz anderer Düsen im Verteiler erreicht werden. Bei Pumpentankwagen werden dazu spezielle Schaltgetriebe angeboten. Diese Schaltgetriebe verteuern einen Göllewagen aber erheblich. Neben aufwendigen Techniken, die die Dosiergenauigkeit verbessern, gibt es aber auch ganz einfache Lösungen, die weiterhelfen. So werden z. B. Zählwerke angeboten, die festhalten, wieviel Fässer Gölle auf eine Fläche ausgebracht wurden. Auch diese einfache Hilfe kann dazu beitragen, die Dosiergenauigkeit zu verbessern.

10. Gölleverteiler

Die Verteiler sind das entscheidende Bauteil an Göllewagen. Von ihnen hängt ab, ob die Gölle pflanzengerecht und umweltfreundlich ausgebracht werden kann. Ein für die Beurteilung der Verteiler wichtiges Kriterium ist die **Verteilgenauigkeit**. Bei ungleicher Verteilung kommt es zu Ertrags- und Qualitätseinbußen bei den angebauten Pflanzen. Auf Grünland kann es darüber hinaus zu einer Verunkrautung der Grasnarbe kommen. Die im Einzelfall sinnvolle Verteilgenauigkeit ist abhängig von der Höhe der Göllegabe, dem Düngungszeitpunkt, dem Ertragsniveau, den angebauten Pflanzenarten und der insgesamt mit dem Wagen ausgebrachten Göllemenge. Je höher die Göllegabe, je günstiger der Düngungszeitpunkt und je empfindlicher die angebauten Pflanzen auf Nährstoffmangel bzw. -überschuß reagieren, desto wichtiger ist die gleichmäßige Gölleverteilung.

Ein Maß zur Beurteilung der Verteilgenauigkeit ist der Variationskoeffizient (VK). Vereinfacht ausgedrückt, gibt der Variationskoeffizient an, wie stark die auf verschiedenen Streifen ausgebrachten Güllemengen vom Mittelwert abweichen. Der Variationskoeffizient wird nach der nachstehend aufgeführten Formel errechnet.

Variationskoeffizient (VK) in %:

$$\frac{100}{\bar{x}} \times \sqrt{\frac{\frac{(Ex)^2}{n} - Ex^2}{n - 1}}$$

\bar{x} = Mittelwert, Ex^2 = Summe der Quadrate aller Einzelwerte, $(Ex)^2$ = Summe aller Einzelwerte zum Quadrat, n = Anzahl der Einzelwerte

Eine Beurteilung der Verteilgenauigkeit anhand von Variationskoeffizienten ist möglich, wenn bekannt ist, welche Auswirkung eine ungleiche Verteilung auf Ertrag und Qualität der Pflanzen hat. In der Tabelle 8 ist zusammengestellt, welche Ertragseinbußen im Getreidebau bei unterschiedlichem Gülleeinsatz zu erwarten sind. In der letzten Spalte wird, auf den Daten dieser Tabelle aufbauend, ein Bewertungsschema dargestellt, das sich zur Beurteilung der Verteilgenauigkeit von Güllewagen bewährt hat.

Abbildung 15: Die Verteilgenauigkeit von Güllewagen ist nach wie vor ein Hauptthema und lässt manche Wünsche offen. Sie wird am besten gemessen mit Prüfschalen oder durch Wiegen von ausgelegten Eierpappen

Tabelle 9: Ertragseinbußen bei Gülledüngung im Frühjahr zur Getreide (50 dt/ha) in Abhängigkeit vom Düngungsniveau und von der Verteilgenauigkeit (Zusammengestellt nach Untersuchungsergebnissen von ZIMMERMANN und HEYMANN)

Variationskoeffizient		Ertragseinbußen, wenn der Nährstoffbedarf der Pflanzen			Beurteilung der Verteilgenauigkeit
		zum größten Teil mit Gülle abgedeckt wird	etwa die Hälfte mit Gülle abgedeckt wird	zu einem geringen Teil mit Gülle abgedeckt wird	
bis 10 %	Ohne Lager mit Lager	- -	- -	- -	sehr gut
11 – 15 %	Ohne Lager mit Lager	ca. 0,4 dt/ha unwahrscheinlich	- -	- -	gut
16 – 20 %	Ohne Lager mit Lager	ca. 0,7 dt/ha ca. 2,5 dt/ha	ca. 0,5 dt/ha unwahrscheinlich	- -	befriedigend
21 – 25 %	Ohne Lager mit Lager	ca. 1,0 dt/ha ca. 5,0 dt/ha	ca. 0,7 dt/ha ca. 2,5 dt/ha	ca. 0,3 dt/ha unwahrscheinlich	ausreichend
über 25 %	Ohne Lager mit Lager	unwahrscheinlich über 7,5 dt/ha	über 1,0 dt/ha über 4,0 dt/ha	über 0,7 dt/ha über 2,5 dt/ha	nicht ausreichend

Wenn für die Verteilgenauigkeit eines Güllewagens ein Variationskoeffizient von bis zu $\pm 10\%$ ermittelt wird, treten keinerlei Ertragseinbußen durch ungleiche Nährstoffverteilung auf. Eine derartige Verteilgenauigkeit ist deshalb als sehr gut zu bezeichnen. Variationskoeffizienten im Bereich zwischen 11 und 15 % können als gut gelten, weil hier nur dann geringe Ertragseinbußen zu erwarten sind, wenn ein großer Anteil des Nährstoffbedarfs der Pflanzen durch Gülle abgedeckt wird. Unter den gleichen Bedingungen können Variationskoeffizienten im Bereich zwischen 16 % und 20 % bereits erhebliche Ertragseinbußen zur Folge haben, denn es kann streifenweises Lager auftreten. Da andererseits aber keine Ertragseinbußen zu erwarten sind, wenn über Gülle nur ein geringer Teil der benötigten Nährstoffe zugeführt wird, wurde diese Verteilgenauigkeit als befriedigend bezeichnet. Als ausreichend gilt die Verteilgenauigkeit, wenn die Variationskoeffizienten zwischen 21 % und 25 % liegen. Verteilsysteme, die derart schlecht verteilen, sind aber nur dort zu tolerieren, wo relativ wenig Gülle eingesetzt wird. Zur Düngung mit Gülle ungeeignet sind in jedem Fall Verteilsysteme, bei denen der Variationskoeffizient über 25 % liegt.

Auch aus der ökonomischen Sicht ist die Forderung nach einer guten Verteilgenauigkeit zu stellen. Bei nicht ausreichender Verteilgenauigkeit entstehen im Mittel Ertragseinbußen von mindestens 2 dt/ha. Bei einem Getreidepreis von 20 DM/dt entspricht das im Durchschnitt einem Verlust von 40 DM/ha. Das bedeutet, ein 40 ha-Getreidebaubetrieb könnte jährlich Ertragsverluste im Wert von 1.600 DM vermeiden, wenn er statt eines Güllewagens mit nicht ausreichender Verteilgenauigkeit einen Wagen mit guter Verteilung einsetzt.

Ähnlich groß wie im Getreidebau sind die finanziellen Auswirkungen einer schlechten Gülleverteilung bei der Ausbringung auf Grünland oder zu Rüben und Kartoffeln. Allerdings sind die Auswirkungen dort mit dem bloßen Auge nicht so gut erkennbar. Geringere Ansprüche an die Verteilgenauigkeit sind vertretbar, wenn die Ausbringung zu Mais erfolgt, weil dieser weniger stark auf eine unterschiedliche Nährstoffzufuhr reagiert.

Neben der Verteilgenauigkeit ist die **Arbeitsbreite** ein weiteres wichtiges Beurteilungskriterium für Gülleverteiler. In Verbindung mit der Fassgröße und der angestrebten Güllegabe entscheidet die Arbeitsbreite darüber, wie lang die Schläge sein können, bis das Fass entleert ist. Diese Zusammenhänge verdeutlichen die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Daten.

Tabelle 10: Einfluss der Arbeitsbreite auf die Fahrstrecke pro Fass bei unterschiedlicher Güllewagengröße und unterschiedlicher Hektargabe

	Fahrstrecke pro Fass bei Güllegabe von		
	10 m ³ /ha	20 m ³ /ha	30 m ³ /ha
Güllewagengröße 6 m ³			
• 6 m Arbeitsbreite	1.000 m	500 m	333 m
• 12 m Arbeitsbreite	500 m	250 m	167 m
• 18 m Arbeitsbreite	333 m	167 m	111 m
Güllewagengröße 12 m ³			
• 6 m Arbeitsbreite	2.000 m	1.000 m	670 m
• 12 m Arbeitsbreite	1.000 m	500 m	333 m
• 18 m Arbeitsbreite	666 m	333 m	222 m
• 24 m Arbeitsbreite	500 m	250 m	167 m
Güllewagengröße 18 m ³			
• 6 m Arbeitsbreite	3.000 m	1.500 m	1.000 m
• 12 m Arbeitsbreite	1.500 m	750 m	500 m
• 18 m Arbeitsbreite	1.000 m	500 m	333 m
• 24 m Arbeitsbreite	750 m	375 m	250 m

Die unterschiedlichen Fahrstrecken pro Fass wirken sich u. U. auch auf die Ausbringleistung aus. Das gilt insbesondere, wenn kleine Güllegaben ausgebracht werden und die dafür erforderliche hohe Fahrgeschwindigkeit nicht erreicht werden kann. Dann muss der Gölledurchfluss durch ein Bypassventil, eine Verringerung der Pumpendrehzahl oder den Einbau einer Blende reduziert werden und das verlängert die Ausbringzeit. Der Einfluß der Arbeitsbreite auf die Ausbringleistung sollte aber nicht überschätzt werden, denn der größte Zeitanteil bei der Gülleausbringung wird in der Regel für die Fahrt zwischen Güllelager und Feld benötigt.

Wenn Gülle in stehendes Getreide ausgebracht werden soll, ist es zweckmäßig, die vorhandenen Fahrgassen auch bei der Gülleausbringung zu nutzen. Das stößt aber bei Fahrgassenabständen von über 18 m auf Schwierigkeiten. Verteiler, die die Gülle bei noch größerer Arbeitsbreite exakt verteilen, gibt es nur wenige. Bei größerer Arbeitsbreite werden die Verteiler außerdem teurer und die mit einer Fassfüllung erreichbare Fahrstrecke verringert sich. Da Betriebe, die mit sehr großen Fahrgassenabständen arbeiten, meistens auch über relativ lange Schläge verfügen, reduziert sich der Fahrspuranteil durch größere Arbeitsbreiten nur wenig. Dort wo mit sehr großen Fahrgassenabständen gearbeitet wird, kann es deshalb sinnvoll sein, die Arbeitsbreite des Gülleverteilers auf die Hälfte des Fahrgassenabstandes zu beschränken. Die Arbeitsbreiten liegen dann in der Regel zwischen 10 m und 13,5 m und damit in einem Bereich, der auch aus arbeitswirtschaftlicher Sicht akzeptabel ist. Pro-

blematisch sind aber die zusätzlichen. Der Trend im Getreidebau geht aber zur Gülleausbringung im Februar und März. Wenn in dieser Zeit die Böden gut befahrbar sind, treten kaum Mindererträge im Bereich der zusätzlichen Fahrgassen auf.

Bei der Auswahl des optimalen Gülleverteilers spielen inzwischen auch gesetzliche Regelungen eine Rolle. Neben den Anforderungen, die sich aus der Straßenverkehrszulassungsordnung und den Unfallverhütungsvorschriften ergeben, ist da an erster Stelle die **Düngeverordnung** zu nennen. Laut Düngeverordnung müssen Gülleverteiler eine sachgerechte Verteilung und verlustarme Ausbringung ermöglichen. Das ist nicht gewährleistet

- bei senkrecht angeordneten, offenen Schleuderscheiben als Verteiler und
- bei zentralen Prallverteilern, die die Gülle nach oben abstrahlen und bei denen die Flugbahn der Gülle eine Höhe von 1,5 m über der Bodenoberfläche überschreitet.

Diese Verteiler dürfen deshalb nicht mehr eingesetzt werden und bei allen Breitverteilern hat dort, wo es möglich ist, eine unverzügliche Einarbeitung der Gülle zu erfolgen. Für die Zukunft ist zu erwarten, dass die Anforderungen im Hinblick auf die Geruchs- und Schadgasfreisetzung erhöht werden. Es ist deshalb in jedem Fall sinnvoll, neue Güllewagen zusätzlich mit Kupplungspunkten für aufwendigere Verteiler zu versehen, um später eine entsprechende Nachrüstung vornehmen zu können. Außerdem sind geschraubte Achsbefestigungen vorzusehen, damit die Achse nach hinten versetzt werden kann, um z.B. das zusätzliche Gewicht eines Schleppschleuderers aufzunehmen.

Das Angebot an Gülleverteilern ist groß. In Abhängigkeit von der Gülleablage auf dem Feld kann unterschieden werden zwischen Verteilern mit

- breitflächiger Gülleablage auf die Pflanzen- bzw. Bodenoberfläche (Breitverteiler)
- streifenförmiger Gülleablage auf die Pflanzen- bzw. Bodenoberfläche (Schleppschlauchverteiler)
- streifenförmiger Gülleablage unter die Pflanzen- bzw. in oberstem Krumenbereich (Schleppschuhverteiler)
- direkter Gülleearbeitung bis in den mittleren Krumenbereich (Injektoren).

Zur Gruppe der Breitverteiler zählen Prallbleche, Prallköpfe, Schwenkdüsen und Gestängeverteiler mit Düsen. Die früher angebotenen Rotations- und Schleuderscheiben spielen heute keine Rolle mehr.

Prallbleche waren früher die am meisten eingesetzten Gülleverteiler (siehe auch Abb. 15). Sie werden auch als Prallteller bezeichnet. Bei diesem Verteiler prallt der aus einer Düse austretende Güllestrahl auf ein festes oder ein verstellbares Blech und spritzt auseinander. Prallbleche können entweder von oben oder von unten beaufschlagt werden. Bei der Beaufschlagung von unten kann die Arbeitsbreite durch eine Höhenverstellung des gesamten Verteilers an einer Führungsschiene

verändert werden, ohne dass das Spritzbild beeinflusst wird. Dies ist bei den von oben beaufschlagten Prallblechen nicht möglich. Die Arbeitsbreite kann hier nur durch Veränderung des Prallwinkels verstellt werden, dadurch verändert sich dann aber das Verteilbild. Je steiler das Prallblech steht, desto mehr Gülle wird an den Rändern verteilt und desto größer ist die Spritzbreite.

Als optimal im Hinblick auf die Verteilgenauigkeit gilt ein Prallwinkel von etwa 26° bis 30° je nach Gülleart. Die Prallbleche reagieren sehr empfindlich auf Einstellungsänderungen. Wenn das Prallblech nur um 2° von der optimalen Stellung abweicht, verschlechtert sich der Variationskoeffizient bereits um 4 %, und die Arbeitsbreite ändert sich um etwa 1 m.

Die Verteilgenauigkeit der Prallbleche konnte in den letzten Jahren durch andere Formgebung des Bleches verbessert werden. Trotzdem reicht die unter Praxisbedingungen erzielbare Verteilgenauigkeit fast aller dieser Verteiler nicht aus, um mit Gülle gezielt düngen zu können. Auch bei diesen verbesserten Prallblechen ist es sehr schwierig, die optimale Arbeitsbreite zu erkennen, die Seitenwindempfindlichkeit ist groß und unterschiedliche Güllearten beeinflussen die Verteilgenauigkeit erheblich.

In jüngster Zeit wurden eine Reihe von Breitverteilern von der FAT (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik in Tänikon) überprüft. Von den Prallblechen erzielten dabei der Pralltellerverteiler G87 von Hadorn, der Breit- und der Universalverteiler von Bauer, der Schirmprallteller von Oehler, der Kombiverteiler von Agrar und der Breitverteiler von Althaus einen Variationskoeffizienten von unter 20 %, ohne dass die maximale Höhe der Flugbahn von 1,5 m überschritten wird. Sie gehören damit zu den besseren Prallblechen.

Bei den **Prallkopfverteilern**, auch Vertikalverteiler genannt, prallt die Gülle im Winkel von 90° gegen ein gerades oder gebogenes Blech und spritzt von dort nach unten und zur Seite. Das Spritzen nach oben wird durch eine Abdeckung verhindert. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verteilgenauigkeit dieser Verteiler im Mittel etwas besser ist als die von Prallblechen. Vorteile bietet auch die etwas geringere Seitenwindempfindlichkeit und die Möglichkeit, durch eine Höhenverstellung die Arbeitsbreite ohne Einfluß auf die Verteilgenauigkeit verändern zu können. Mit diesen Verteilern lassen sich größere Arbeitsbreiten erreichen. Prallköpfe wurden in der Vergangenheit häufig an Druckverteilerwagen angebaut, sie können aber auch an Kompressor- und Pumpentankwagen eingesetzt werden.

Vorteilhaft ist bei diesen Verteilern, dass sie die Gülle nicht nach hinten, sondern nur zur Seite und nach unten verteilen. Eine exakte Begüllung zu Beginn und am Ende der Flächen wird dadurch wesentlich erleichtert.

Abbildung 17: Schwenkdüse

Die als **Schwenkdüse** bezeichneten Gülleverteiler bestehen aus einem drehbar gelagerten Rohr mit Düse. Dieses Rohr kann durch einen Hydraulikmotor geschwenkt werden. Durch Hubverstellung läßt sich der Schwenkwinkel und damit die Arbeitsbreite verstellen. Vom Aufbau her anders, von der Funktion ähnlich sind die **Schwenkschirme**. Hier wird die pendelnde Bewegung nicht durch das Schwenken des Rohres, sondern durch das Drehen eines gekrümmten Verteilerschirmes erzeugt.

Abbildung 18: Schwenkschirm

Durch die bei allen Schwenkverteilern vorhandene Möglichkeit, die Arbeitsbreite relativ schnell und einfach verändern zu können, kann die Arbeitsbreite sehr gut auf die Schlaglänge abgestimmt werden. Wo man nicht an Fahrgassen gebunden ist, lassen sich durch die Wahl einer entsprechenden Arbeitsbreite unnötige Fahrspuren vermeiden.

In der Vergangenheit traten bei Schwenkverteilern zum Teil Schwierigkeiten auf, wenn kleine Güllegaben ausgebracht werden sollten. Bei hoher Fahrgeschwindigkeit reichte die Pendelfrequenz nicht aus, um die Gülle gleichmäßig zu verteilen. Inzwischen ist dieses Problem durch erhöhte Pendelfrequenzen oder durch weitere Auffächerung des Strahles weitgehend gelöst. Durch Veränderung der Düsengröße kann bei Schwenkdüsenverteilern die Ausbringmenge verändert werden. Bei dickflüssiger Gülle sind aber Düsendurchmesser von unter 40 mm problematisch, weil dann die Verstopfungsgefahr zunimmt. Ansonsten ist bei diesem Verteilsystem auch bei Ausbringen von relativ dicker Gülle die Verstopfungsgefahr gering.

In Bezug auf die Verteilgenauigkeit sind die Schwenkverteiler besser zu beurteilen als z. B. Prallbleche oder Prallköpfe. Da auch die Seitenwindempfindlichkeit häufig geringer ist und die Arbeitsbreite weniger von den Gülleeigenschaften beeinflusst wird, stellen diese Verteiler einen deutlichen Fortschritt in der Verteiltechnik dar. Problematisch ist allerdings auch hier, dass es für den Landwirt schwierig ist, die optimale Arbeitsbreite richtig abzuschätzen. Hier sind die Firmen gefordert, den Landwirten genauere Angaben an die Hand zu geben. Schwenkverteiler können im Prinzip an Druckverteilerwagen, Kompressortankwagen und Pumpentankwagen angebaut werden. Auch eine Nachrüstung vorhandener Wagen mit diesem Verteilsystem ist möglich.

Bei der bereits angesprochenen Güllewagenüberprüfung der FAT in Tänikon schnitten die überprüften Schwenkverteiler von Streicher, Marchner, Möscha, Hadorn und Mai sehr gut ab. Sie erreichten Variationskoeffizienten von knapp unter 10 %.

Um größere Arbeitsbreiten zu erreichen, werden Tankwagen mit zwei Düsen oder Schwenkverteilern an Auslegern ausgerüstet, z.B. bieten Bauer, Fick und Eisele solche **Doppeldüsen** an. Für Arbeitsbreiten von 15-24 m bietet Zunhammer z.B. **Triplexdüsen** an. Doppel- und Triplexdüsen sind ein guter Kompromiss von genauer Verteilung und Bauaufwand. Voraussetzung ist aber, dass sie genau auf die auszubringende Gülle eingestellt werden.

Eine etwas aufwendigere Technik zur Breitverteilung stellen die sogenannten **Düsenbalken** dar. Bei diesen Verteilsystemen sind zwischen 5 und 13 Düsen mit speziellen Verteilern auf einem hydraulisch klappbaren Gestänge angeordnet. Die Verteiler sind entweder prallblech- oder prallkopfförmig gebaut.

Abbildung 19: Düsenbalken

Bei den meisten Düsenbalkenverteilern wird die Gülle annähernd senkrecht auf den Boden gespritzt. Dabei wird z. T. mit doppelter Überlappung gearbeitet, d. h. die gesamte Arbeitsbreite wird bei einer Überfahrt zweimal besprüht. Durch diese doppelte Überlappung werden Ungleichmäßigkeiten im Verteilbild einzelner Düsen z. T. wieder ausgeglichen.

Der Vorteil aller Verteilergestänge mit Düsen besteht darin, dass große Arbeitsbreiten möglich sind, dass die Arbeitsbreite nicht durch unterschiedliche Gülleeigenschaften beeinflusst wird und dass die Seitenwindempfindlichkeit geringer

ist. Das erleichtert dem Landwirt das Anschlussfahren und hat zur Folge, dass auch unter Praxisbedingungen mit diesem System eine gleichmäßige Gülleverteilerung erreichbar ist.

Probleme können bei diesem Verteilsystem entstehen, wenn dicke Gülle mit einem hohen Fremdkörperanteil ausgebracht werden soll. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verstopfungsgefahr ansteigt, wenn die Düsendurchmesser kleiner als 40 mm sind. Wenn über sehr viele Düsen ausgebracht wird, kann der Düsendurchmesser aber nicht so groß bemessen werden, weil sonst die Summe aller Auslauföffnungen zu groß wird. Die Pumpenleistung reicht dann nicht aus, um im System einen ausreichenden Überdruck aufzubauen. Dieser Druck ist notwendig, damit an allen Auslauföffnungen die gleiche Güllemenge austritt.

Das bei extremer Gülle auftretende Verstopfungsproblem ist lösbar, wenn der Güllewagen zusätzlich mit einem Schneidwerk ausgerüstet ist. Das Schneidwerk zerkleinert die groben und langfaserigen Güllebestandteile während des Befüllens des Güllefasses.

Die Bedeutung der Düsenbalkenverteiler ist geringer geworden, weil sie mit Anschaffungspreisen zwischen 7.000 DM und 12.000 DM deutlich teurer, im Hinblick auf die Verteilgenauigkeit aber nicht wesentlich besser sind als Schwenkverteiler.

Abbildung 20: Schleppschlauch mit zentralem Verteiler

Ein Gülleverteilsystem, das in den letzten Jahren in vielen Teilen Deutschlands erhebliche Verbreitung gefunden hat, ist das **Schleppschlauchsystem**. Von Seiten der Technik gibt es inzwischen eine ganze Reihe unterschiedlicher Ausführungen.

Allen gemeinsam ist, dass der Güllestrom auf eine Vielzahl von Schläuchen aufgeteilt wird. Über die Schläuche erfolgt dann eine streifenweise Gülleablage auf den Boden.

Die Schläuche sind im Abstand von 20 – 30 cm an einem Verteilergestänge befestigt. Das Gestänge kann hydraulisch eingeklappt werden. Die Arbeitsbreite beträgt zwischen 12 und 24 m.

Der Durchmesser der Schläuche liegt im Bereich um 35 mm. Aus diesen Schläuchen tritt die Gülle impulsartig aus. Die Verstopfungsgefahr ist bei diesem System ähnlich zu beurteilen wie beim Düsenbalken. Zusätzliche Schneideinrichtungen sind deshalb bei einigen Fabrikaten serienmäßig enthalten oder können auf Wunsch vorgeschaltet werden. Die Gülle wird bei diesem System in etwa 5 – 8 cm breiten Streifen ausgebracht, dazwischen liegen ca. 20 – 25 cm breite Streifen, auf die keine Gülle gelangt.

In der Standardausführung gehen die Schläuche von einem Zentralverteiler ab. Da die Schlauchlänge unterschiedlich ist, führt dies dazu, dass am Feldanfang aus dem äußeren Schläuchen später Gülle austritt (sog. Tannenbaumeffekt). Bei größeren Arbeitsbreiten werden häufiger Unterverteiler mit hydraulischem Antrieb eingesetzt. Die Schlauchlänge insgesamt wird deutlich verkürzt, der Druck in den Schläuchen gleichmäßig.

Wie Untersuchungen gezeigt haben, führt diese streifenweise Ablage im Ackerbau weder zu einer besseren noch zu einer schlechteren Düngewirkung als die Breitverteilung, solange ein Schlauchabstand von 30 cm nicht überschritten wird. Vorteilhaft sind die höhere Verteilgenauigkeit und die Verringerung der Ammoniak- und Geruchsstofffreisetzungen. In höheren Beständen werden z. B. Ammoniakemissionen um bis zu 50 % gegenüber breitflächiger Verteilung vermindert. Bei Schleppschlauchverteilern ist darüber hinaus exaktes Anschlussfahren möglich.

Neben dem um ca. 12.000 DM bis 25.000 DM höheren Investitionsbedarf war zunächst das Nachtropfen des Flüssigmistes aus den Schläuchen beim Transport ein Haupthindernis für die stärkere Verbreitung dieser Verteiltechnik. Inzwischen besteht die Möglichkeit, durch Hochziehen, Hochklappen oder Aufrollen der Schläuche ein Nachtropfen zu verhindern.

Schleppschlauchverteiler stellen bei einer entsprechenden Auslastung für Ackerbaubetriebe die interessanteste Verteiltechnik dar. Mischbetriebe, die diese Technik nutzen wollen, können Schleppschlauchverteiler nur mit Einschränkungen auf Grünland einsetzen. Der Einsatz sollte möglichst nur bei feuchter Witterung und in etwas höheren Pflanzenbeständen (über 12 cm) erfolgen. Für reine Grünlandbetriebe sind Schleppschlauchverteiler weniger geeignet, da durch die streifenweise Flüssigmistablage die Gefahr von Narbenschäden besteht. Diese ist um so größer, je dickflüssiger der Flüssigmist, je geringer die Pflanzenhöhe und je größer der Schlauchabstand am Verteiler ist.

Problematisch kann bei Schleppschlauchverteilern auch sein, dass es in Hanglagen zu einem verstärkten Oberflächenabfluß der Gülle in den Fahrspuren kommen kann. Dies läßt sich aber verhindern. Die jeweiligen Schleppschläuche müssen dazu so verlegt werden, dass keine Gülle in die Fahrspuren gelangt. Dadurch wird allerdings die Verteilgenauigkeit verschlechtert.

Die Verteilgenauigkeit des Schleppschlauchverteilers ist sehr gut. Der Variationskoeffizient um 5 % ist zumindest bei dünnflüssiger Gülle erreichbar. . In der Vergangenheit hat es zwar ab und an Schwierigkeiten gegeben, weil die Pumpenleistung nicht immer ausreichte, um im Verteilsystem den erforderlichen Überdruck aufzubauen. Inzwischen ist dieses Problem aber gelöst.

Schleppschuhverteiler sind eine Weiterentwicklung der Schleppschlauchverteiler. Bei den ersten Schleppschuhsystemen war der Schlauchauslauf schuhähnlich verstärkt, so dass der Pflanzenbestand geteilt und die Gülle zwischen die Pflanzen in den obersten Bodenbereich abgelegt wurde.

Abbildung 21: Schleppschuh mit Kufe

Ein Teil der Hersteller rüstet heute Schleppschuhverteiler mit Kufen aus, an die ein zusätzliches Messer angebracht ist. Der Boden wird damit leicht angeritzt und die Gülleablage erfolgt in den obersten Bodenbereich. Früher bestand das Problem, das Pflanzenreste zusammengeharkt wurden. Durch die Optimierung der Kufen ist das

inzwischen gelöst. Auch die Vergrößerung des Durchganges durch die zweireihige Anordnung der Verteilaggregate entschärft die Verstopfungsgefahr.

Abbildung 22: Schleppschuh mit vorlaufender Scheibe

Insbesondere in den Niederlanden sind Systeme verbreitet, bei denen vor dem Gülleschar eine Scheibe läuft. Der Pflanzenbewuchs und die Pflanzenreste werden von der Scheibe durchtrennt und gewährleisten dem nachfolgenden Schar eine verstopfungsfreie Gülleablage. Zudem wird ein Schlitz (bis 3 cm tief) erzeugt, so dass die Gülle besser vom Boden aufgenommen wird und die Pflanzen kaum verschmutzen.

Durch den Einsatz von Schleppschuhverteilern lassen sich im Vergleich zu Breitverteilern die Ammoniak- und Geruchsfreisetzungen um 60 – 80 % reduzieren. Außerdem ist die Verteilgenauigkeit erheblich besser und die Futtermverschmutzung geringer als bei Breitverteilern.

Der Reihenabstand liegt bei den Schleppschuhverteilern zwischen 15 und 30 cm. Um eine gute Düngewirkung zu erzielen, sollte der Reihenabstand nicht mehr als 25 cm betragen. Zudem wird bei gleicher Hektargabe und engeren Reihenabständen pro Reihe eine geringere Güllemenge ausgebracht. Die Gefahr einer Pflanzenverschmutzung wird dadurch weiter reduziert.

Die Anpassung der Schleppschuhe an den Boden erfolgt über Blatt- oder Zugfedern. Soll die Gülle im obersten Bodenbereich abgelegt werden, muss etwas Druck auf die

Schleppschuhe gegeben werden, wodurch sich der Zugkraftbedarf erhöht. Sind die Schleppschuhe auch zur Seite beweglich, ist bei Kurvenfahrt eine Gülleausbringung möglich. Nicht empfehlenswert sind Kurvenfahrten bei Systemen mit fester Anbringung der Schleppschuhe, da sie dann deutlich mehr beansprucht werden.

Schleppschuhverteiler mit einer Arbeitsbreite von ca. 6 m kosten je nach Fabrikat und Bauart zwischen 17.000 DM und 40.000 DM. Der große Preisunterschied ist in erster Linie auf die technische Ausstattung zurückzuführen. Bei der überwiegenden Anzahl der Schleppschuhverteiler ist eine Nachtropfsperre im Preis berücksichtigt. Diese wird bei den meisten Systemen beim Ausheben aktiviert, so dass ein Verschmutzen der Straßen, der Hoffläche und des Güllewagens verhindert wird.

Abbildung 23: Beim Nachrüsten von Schleppschläuchen noch mehr aber Schleppschuhen oder gar Injektoren ist das zusätzliche Gewicht (u.U. einige Tonnen) zu beachten. Führt das hohe Heckgewicht zum Anheben des Wagens im Anhängemaul bei Leerfahrt, entsteht hoher Verschleiß, abgesehen von schlechten Fahreigenschaften

Die Nachrüstung eines Schleppschuhverteilers an einem vorhandenen Güllewagen kann neben dem Kaufpreis für den Verteiler weitere Kosten verursachen. Um negative Stützlasten zu verhindern, ist aufgrund des zusätzlichen Gewichtes eine Achsverschiebung und eine Verstärkung der Konstruktion vielfach notwendig. Zudem wird ein Hubgerüst benötigt, das zwischen 2.500 DM und 5.000 DM kostet. Nur beim Aufbau von leichten Schleppschuhverteiler an größeren Güllewagen kann evtl. auf diese Maßnahmen verzichtet werden.

Schlitzgeräte schneiden die Grasnarbe etwa 10 cm tief auf und legen die komplette Güllemenge in diesen Schlitz ab. Vom Schneidprinzip her lassen sich Geräte mit Schlitzmesser und mit Schneidscheiben unterscheiden. Hintergrund für die Entwicklung der Gülleschlitztechnik war die Verringerung der Geruchs- und Ammoniakfreisetzung. Im Hinblick auf diese beiden Kriterien ist die Schlitztechnik den anderen Verfahren der Gülleausbringung auf Grünland überlegen. Durch diese Technik werden Minderungsraten in der Größenordnung um 90 % erreicht.

Probleme bereitet das hohe Gewicht dieser Verteiltechnik im Hinblick auf den Straßentransport.

Der hohe Anschaffungspreis, der hohe Zugkraftbedarf und die geringe Flächenleistung führen außerdem dazu, dass sich die Kosten der Gülleausbringung gegenüber der Breitverteilung drastisch erhöhen. Noch entscheidender wirkte sich aus, dass das Zerschneiden der Grasnarbe bei anschließender Trockenheit katastrophale Auswirkungen hat. Durch die Gülleausbringung bei solchen Bedingungen sind Grünlandflächen so ruiniert worden, dass sie neu angesät werden mussten. Schlitzgeräte spielen heute in Deutschland keine Rolle.

Abbildung 24: Gülleinjektor

Während sich die direkte Einarbeitung von Gülle mit **Injektoren** auf Grünland mit Schlitzgeräten nicht bewährt hat, ist sie im Ackerbau ein durchaus sinnvolles Verfahren. Von Seiten der Technik gibt es hier zwei unterschiedliche

Arbeitsprinzipien. Zum einen wird die mit einem Prallkopfverteiler breitflächig ausgebrachte Gülle mit einem am Güllewagen angebauten Bodenbearbeitungsgerät bei der Ausbringung eingearbeitet. Bei der anderen Lösung wird die Gülle über einen Verteilerkopf auf eine Vielzahl von Schläuchen aufgeteilt und hinter den Zinken des Bodenbearbeitungsgerätes in den Boden geleitet. Durch die Aufteilung des Güllestroms mit einem Verteilerkopf (wie beim Schleppschauchverfahren) wird hier eine gleichmäßige und durch die Ableitung über Schläuche eine windunanfällige Verteilung erreicht.

Bei beiden Ausführungen ist im Vergleich zur Breitverteilung mit späterer Einarbeitung von Vorteil, dass hier so gut wie keine Geruchs- und Ammoniakemissionen mehr entstehen und man sich einen zweiten separaten Arbeitsgang für die Gülleeinarbeitung spart. Nachteilig sind die geringere Flächenleistung beim Gülleausbringen aufgrund der meist auf 3 m bis 6 m begrenzten Arbeitsbreite und das hohe Gewicht dieser Verteiler, das insbesondere bei der Straßenfahrt stört. Nachteilig ist außerdem der hohe Zugleistungsbedarf, weil an die heute ohnehin großen und damit schwerzügigen Güllewagen auch noch ein Bodenbearbeitungsgerät angebaut wird.

Wichtig ist bei diesen Spezialverteilern, die nur auf unbewachsenem Acker einsetzbar sind, dass das Bodenbearbeitungsgerät ohne größeren Aufwand abgebaut werden kann. Dann läßt sich der Güllewagen z. B. in Verbindung mit dem Prallkopfverteiler auch zur Ausbringung auf Grünland oder auf bewachsenem Acker einsetzen. Einen Güllewagen mit einer Technik zur direkten Gülleeinarbeitung allein auf unbewachsenem Acker so einzusetzen, dass es betriebswirtschaftlich sinnvoll ist, kann allenfalls in Großbetrieben oder beim überbetrieblichen Maschineneinsatz erreicht werden.

Speziell für die Ausbringung von Gülle in stehende Maisbestände wurden Gülleverteiler entwickelt, die auch bei dieser Reihenkultur eine direkte Einarbeitung in den Boden ermöglichen. Auch hier wird der Güllestrom aufgeteilt und über Schläuche zu Scharen geleitet, hinter denen dann die Gülle direkt in den Boden gelangt. Die Scharen sind so angeordnet, dass ein ausreichender Abstand zu den Maisreihen verbleibt und es wird nur relativ flach gearbeitet, um möglichst wenig Maiswurzeln zu beschädigen.

Bei dieser Gülleausbringtechnik werden nur geringe Geruchs- und Ammoniakmengen freigesetzt. Es muss allerdings sehr exakt gefahren werden, um Pflanzenschäden zu vermeiden. Das ist bei großen Güllewagen besonders schwierig. Außerdem sollte die Arbeitsbreite bzw. Reihenanzahl auf die Breite bzw. Reihenanzahl der Säegeräte abgestimmt werden, was beim überbetrieblichen Maschineneinsatz Probleme bereitet, weil hier mit unterschiedlichen Säegeräten gearbeitet wird. Wegen all dieser Einschränkungen und der Möglichkeit, die Gülle zu Mais auch kurz vor der Aussaat auf noch unbewachsenem Acker ausbringen zu können, haben die Maisspezialverteiler bislang nur wenig Nachfrage in der Praxis gefunden.

11. Gülleverteiler im Vergleich

Bei der Auswahl von Gülleverteilern sind eine Vielzahl verschiedener Aspekte zu beachten. An erster Stelle steht dabei die Prüfung, ob der Verteiler für den jeweiligen **Einsatzzweck** überhaupt geeignet ist. Bei dieser Beurteilung spielt die Nutzung der Fläche die entscheidende Rolle. In der folgenden Tabelle ist zusammengestellt, bei welcher Flächennutzung welcher Gülleverteiler einsetzbar ist.

Tabelle 11: Einsatzmöglichkeiten für verschiedene Gülleverteiler

	Einsatz auf bzw. in				
	gepflügtem Acker	Stoppelacker	stehendem Getreide	stehendem Mais	Grünland
Breitverteiler	ja	ja	ja	bedingt	ja
Schleppschlauch	ja	ja	ja*	ja	bedingt
Schleppschuh (Kufe)	bedingt	ja	bedingt	nein	ja*
Schleppschuh (Scheibe)	bedingt	ja	nein	nein	ja
Schlitzgerät	nein	bedingt	nein	nein	ja
Direkte Einarbeitung	ja*	ja*	nein	nein	nein
Maisspezialverteiler	bedingt	nein	nein	ja*	nein

*) für diesen Einsatz besonders gut geeignet

Aus der Tabelle wird deutlich, dass die Breitverteiler universell einsetzbar sind. Lediglich bei der Ausbringung in stehende Maisbestände kann es zu Problemen kommen, weil bei größeren Maispflanzen Gülle in die Blattscheide läuft und dort Verätzungsschäden oder Fäulnis hervorruft. Bei den jungen Maispflanzen spielt dieser Aspekt keine Rolle, weil in diesem Entwicklungsstadium noch keine Blattscheide vorhanden ist.

Schleppschlauchverteiler sind ideal für die Gülleausbringung in stehendes Getreide. Sie können aber auch sehr gut auf gepflügtem Acker, auf Stoppelacker und in stehendem Mais eingesetzt werden. Weniger geeignet sind sie für die Grünlandbegüllung. Durch die streifenweise Gülleablage auf die Pflanzen besteht hier die Gefahr von Narbenschäden. Bei dicker Rindergülle kommt hinzu, dass die Güllefeststoffe eintrocknen, eine Kruste bilden, mit dem Gras hochwachsen und anschließend in die Silage gelangen.

Die übrigen Gülleverteiler sind im Grunde Spezialverteiler, die aber bei dem jeweiligen Einsatzzwecke eine sehr gute Arbeit ermöglichen. Lediglich die Schlitzgeräte für die relativ tiefe Gülleablage auf Grünland sind selbst dort nicht ideal, weil sie bei trockenem Boden und ausbleibenden Niederschlägen zu starken Narbenschäden führen können.

Unterschiede zwischen den verschiedenen Gülleverteilern bestehen aber nicht nur im Hinblick auf ihre Eignung für unterschiedliche Einsätze, sondern auch in vielen

anderen Punkten. Einen Überblick über die wichtigsten dieser Punkte gibt die Tabelle 12.

Tabelle 12: Zusammenfassende Beurteilung verschiedener Flüssigmist-Verteiltechniken

	Beurteilung			
	Breitverteiler	Schleppschauchverteiler	Schleppschuhverteiler	Injektoren
Geruchsfreisetzung	+	++	+++	++++
Ammoniakfreisetzung	+	++	+++	++++
Oberflächenabfluß	+++	+	+++	+++
Verstopfungsgefahr	++++	+++	+++	+++
Windempfindlichkeit	++	++++	++++	++++
Anschlussfahren	++	++++	++++	++++
Arbeitsbreite	++++	++++	+++	++
Zugkraftbedarf	++++	++++	+++	+
Verkehrseignung	++++	+++	+++	++

+ schlechtere Beurteilung

++++ bessere Beurteilung

Geruch und Ammoniak werden nicht so sehr beim Vorgang der Gülleausbringung frei, sondern die Freisetzung erfolgt in erster Linie von der auf der Bodenoberfläche liegenden Gülle. Die Breitverteilung ist deshalb schlechter zu beurteilen als die streifenweise Ausbringung mit dem Schleppschauchverfahren. Die geringsten Geruchs- und Ammoniakemissionen entstehen allerdings, wenn die Gülle in den Boden eingebracht wird. Bei breitflächig oder mit Schleppschläuchen verteilter Gülle kann durch eine nachträgliche Einarbeitung z. B. im Zuge der Saatbettbereitung eine deutliche Emissionsminderung erreicht werden. Die Einarbeitung sollte möglichst kurzfristig nach der Ausbringung erfolgen, weil gerade in den ersten Stunden sehr viel Geruch und Ammoniak von den begüllten Flächen emittiert wird.

Im Hinblick auf den Oberflächenabfluß sind die Schleppschauchverteiler relativ schlecht zu beurteilen, weil insbesondere bei der streifenweisen Gülleablage auf verfestigte Bodenbereiche (z. B. Fahrspuren) die Gefahr eines Oberflächenabflusses schon bei mittlerer Hangneigung relativ groß ist. Die Verstopfungsgefahr konnte in den letzten Jahren bei den Schleppschauch- und Schleppschuhverteilern deutlich reduziert werden. Wenn dicke faserreiche Rindergülle auszubringen ist, empfiehlt es sich aber nach wie vor, den Güllewagen zusätzlich mit einem Mazerator (Zerkleinerer) auszurüsten.

Die Schwachpunkte der meisten Breitverteiler liegen im Bereich der Windempfindlichkeit und des Anschlussfahrens. Beides beeinträchtigt die auf der Fläche erreichbare Verteilgenauigkeit erheblich. Nachteile bei den Injektoren und mit Einschränkung auch bei den Schleppschuhverteilern sind die geringere Arbeitsbreite, der höhere Zugkraftbedarf und die schlechtere Eignung für die Fahrten auf der Straße. Bei letzterem wirken sich das größere Gewicht und die größere Breite dieser Verteiler negativ aus.

und die veränderlichen Kosten für Reparatur und Wartung ebenso enthalten wie die Kosten für den Schlepper und den Fahrer (8 % Zinsen vom halben Anschaffungswert, Abschreibung auf 15 Jahre, max. aber 30.000 m³).

Bei einer jährlich auszubringenden Güllemenge von 500 m³ verteuert sich die Gülleausbringung im Vergleich zum Prallblech durch den Einsatz des Schwenkschirmes um 0,30 DM/m³, durch den Schleppschauchverteiler um 3,00 DM/m³ und durch den Schleppschuhverteiler um 7,00 DM/m³. Diese insgesamt hohen Ausbringkosten zeigen bei dieser Güllemenge zum einen, dass bei so geringen Ausbringmengen der Kauf eines eigenen Güllewagens nicht in Erwägung gezogen werden sollte, und zum anderen, dass bei dieser Menge die neuen Techniken die Gülleausbringung enorm verteuern. Mit zunehmender Gülleausbringmenge pro Jahr sinken die Kosten pro m³ bei allen Verteilern erheblich und die zusätzlichen Kosten für die Schwenkschirm-, Schleppschauch- und Schleppschuhverteiler werden immer geringer. Bei einer jährlich auszubringenden Güllemenge von 4.000 m³ verteuert sich die Gülleausbringung im Vergleich zum Prallblechverteiler mit dem Schwenkschirm nur um 0,10 DM/m³, mit dem Schleppschauch nur um 0,80 DM/m³ und mit dem Schleppschuh nur um 2,20 DM/m³. Diesen Mehrkosten stehen außerdem noch eine Reihe von Vorteilen gegenüber.

Vorteile ergeben sich z. B. durch die exaktere Verteilung, die zu höheren Erträgen führt. Monetär belaufen sich diese Vorteile auf ca. 15 DM/ha beim Schwenkschirm und 30 DM beim Schleppschauch und Schleppschuh. Bei den beiden letztgenannten ist außerdem die Windanfälligkeit geringer, was sich ebenfalls positiv auf die Verteilgenauigkeit auswirkt. Die in Tabelle 14 Mehrerträge treten aber nur ein, wenn ein Großteil der Nährstoffversorgung der Pflanzen mit Gülle abgedeckt wird.

Tabelle 14: Nutzen, wenn statt eines Prallblechverteilers ein Schwenkrohr-, Schleppschauchverteiler (im Getreide) oder ein Schleppschuhverteiler (auf Grünland) eingesetzt wird

	Nutzen pro ha/Jahr bei Einsatz von		
	Schwenkschirm Acker u. Grünland	Schlepp- schlauch Getreide	Schlepp- schuh Grünland
Mehrertrag durch bessere Verteilung	15 DM	30 DM	30 DM
Mehrertrag durch geringer Windanfälligkeit	-	10 DM	10 DM
Geringerer Düngaufwand durch niedrige Ammoniakverluste	-	5 DM	10 DM
Höhere Futteraufnahme durch geringere Pflanzenschmutzung	-	-	30 DM
Einsparung bei Narbenverbesserung durch geringer Narbenschäden	-	-	25 DM
Gesamtnutzen pro ha	15 DM	45 DM	105 DM
Gesamtnutzen pro m ³ (Güllegabe 30 m ³ /ha)	0,50 DM	1,50 DM	3,50 DM

Als weiterer Vorteil kommen beim Schleppschauch- und Schleppschuhverteiler die reduzierten Ammoniakemissionen dazu. Sie haben zur Folge, dass mehr Stickstoff im Boden verbleibt und von den Pflanzen genutzt werden kann. Bei Schleppschauchverteilern lässt sich dadurch der Mineraldünger Aufwand um etwa 5 DM/ha und beim Schleppschuhverteiler sogar um 10 DM/ha verringern. Beim Schleppschuhverteiler kommt hinzu, dass die bessere Verteilgenauigkeit hier nicht nur zu Mehrerträgen führt, sondern auch dazu beiträgt, Narbenschäden zu vermeiden. Die Beseitigung dieser Schäden verursacht Kosten in Höhe von ca. 250 DM/ha. Durch Einsparung nur einer Narbenverbesserung im Verlauf von 10 Jahren lassen sich umgerechnet Kosten in Höhe von 25 DM/ha/Jahr vermeiden. Vorteilhaft ist außerdem, dass es durch die Gülleablage unter die Pflanzen bei der Schleppschuhverteilung nur zu einer geringfügigen Futtermverschmutzung kommt. Wenig verschmutztes Futter ist schmackhafter. Milchkühe z. B. nehmen mehr davon auf und erreichen höhere Milchleistungen. Das ist mit etwa 30 DM/ha zu bewerten. Nicht berücksichtigt wurden weitere positive Aspekte wie die Verringerung der Gefahr von Krankheitsübertragungen, die einheitlichere Futterqualität aufgrund gleichmäßiger abgedüngter Flächen, die Möglichkeit der schnelleren Beweidung und die stärkere Witterungsunabhängigkeit bei der Gülleausbringung, weil sie schwer zu kalkulieren sind.

Aus der in der Tabelle 14 aufgelisteten Vorteilen ergibt sich, dass der Einsatz eines Schwenkschirms gegenüber eines Prallblechs zu einem finanziellen Vorteil von etwa 15 DM pro Hektar und Jahr führt. Geht man von einer Güllegabe von 30 m³/ha aus, bedeutet dies einen Vorteil von 0,50 DM/m³ Gülle. Bei Schleppschauchverteilern beträgt dieser Vorteil 1,50 DM/m³ und bei Schleppschuhverteilern 3,50 DM/m³.

Für eine betriebswirtschaftliche Auswertung müssen diese finanziellen Vorteile der besseren Verteiler den zusätzlichen Kosten gegenübergestellt werden. In Tabelle 15 sind die Kosten und der Nutzen bei verschiedenen Gülleausbringungsmengen pro Jahr dargestellt. Diese Angaben wurden aus den in Tabelle 12 und 13 enthaltenen Daten ermittelt bzw. übernommen. Aus der Tabelle wird deutlich, dass bei Verwendung eines Schwenkschirms anstelle eines Prallblechs die zusätzlichen Kosten je nach Güllemenge zwischen 0,10 und 0,30 DM/m³ betragen. Der zusätzliche Nutzen aufgrund der besseren Verteilgenauigkeit liegt aber bei 0,50 DM/m³. Das bedeutet, aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist es grundsätzlich sinnvoll, den Güllewagen mit einem Schwenkschirm statt mit einem Prallblech auszurüsten.

Für Ackerbaubetriebe, die viel Gülle ins Getreide ausbringen wollen, bietet es sich an, statt des Prallblechs einen Schleppschauchverteiler einzusetzen. Betriebswirtschaftlich sinnvoll ist das aber erst, wenn mehr als 1.500 m³ Gülle pro Jahr zu Getreide verabreicht werden. Erfolgt der Vergleich zwischen Schleppschauch- und Schwenkschirmverteiler, ist die Entscheidung zugunsten des Schleppschauchverteilers erst ab einer Güllemenge von 2.000 m³ sinnvoll.

Tabelle 15: Finanzielle Auswirkung, wenn statt eines Prallblechs ein Schwenkschirm-, Schleppschauch- oder Schleppschuhverteiler eingesetzt wird

Ausbringungsmenge Pro Jahr	Kosten/Nutzen-Vergleich		
	zusätzliche Kosten DM/m ³	zusätzlicher Nutzen DM/m ³	Einsatz sinnvoll
Vergleich: Schwenkschirm statt Prallblech			
auf Acker und Grünland			
500 m ³	0,30	0,50	ja
750 m ³	0,30	0,50	ja
1.000 m ³	0,20	0,50	ja
1.500 m ³	0,10	0,50	ja
2.000 m ³	0,10	0,50	ja
3.000 m ³	0,10	0,50	ja
4.000 m ³	0,10	0,50	ja
Vergleich: Schleppschauch statt Prallblech/Schwenkschirm			
auf Acker (Getreide)			
500 m ³	3,00 / 2,70	1,50 / 1,00	nein / nein
750 m ³	2,10 / 1,80	1,50 / 1,00	nein / nein
1.000 m ³	1,80 / 1,50	1,50 / 1,00	nein / nein
1.500 m ³	1,20 / 1,10	1,50 / 1,00	ja / nein
2.000 m ³	1,00 / 0,90	1,50 / 1,00	ja / ja
3.000 m ³	0,80 / 0,70	1,50 / 1,00	ja / ja
4.000 m ³	0,80 / 0,70	1,50 / 1,00	ja / ja
Vergleich: Schleppschuh statt Prallblech/Schwenkschirm			
auf Grünland			
500 m ³	7,00 / 6,70	3,50 / 3,00	nein / nein
750 m ³	5,10 / 4,80	3,50 / 3,00	nein / nein
1.000 m ³	4,00 / 3,80	3,50 / 3,00	nein / nein
1.500 m ³	3,00 / 2,90	3,50 / 3,00	ja / ja
2.000 m ³	2,50 / 2,40	3,50 / 3,00	ja / ja
3.000 m ³	2,30 / 2,20	3,50 / 3,00	ja / ja
4.000 m ³	2,20 / 2,10	3,50 / 3,00	ja / ja

Für Grünlandbetriebe, bei denen aus pflanzenbaulicher Sicht die Schleppschuhverteiler sehr gut eingesetzt werden können, ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht dieser Verteiler erst interessant, wenn mehr als 1.500 m³ Gülle in der Vegetationszeit auf das Grünland verteilt werden müssen. Das entspricht Betrieben, die etwa 100 Milchkühe mit Nachzucht halten und bei denen die Tiere im Sommer auf der Weide laufen.

Für viele Gemischtbetriebe, die sowohl Getreideflächen als auch Grünland zu begüllen haben, stellt der Schwenkverteiler nach wie vor eine gute Lösung dar. Erst wenn mehr als 2.000 m³ Gülle pro Jahr ins Getreide oder mehr als 1.500 m³ pro Jahr in der Vegetationszeit auf das Grünland zu verteilen sind, lohnt die Anschaffung eines Schleppschauch- und eines Schleppschuhvertelers, die wechselweise angebaut werden.

Betriebe, die die genannten Größenordnungen nicht erreichen, sollten überlegen, ob sie einen Güllewagen nicht gemeinsam mit anderen kaufen, um die notwendige Auslastung zu erzielen. Sie könnten aber auch auf Lohnunternehmer oder Maschinenringe zurückgreifen. Dabei sollte bedacht werden, dass auch beim überbetrieblichen Maschineneinsatz die höheren Kosten beim Einsatz von Schleppschlauch- oder Schleppschuhverteilern abgedeckt werden müssen. Aber auch wenn für die Gülleausbringung mit Schleppschlauchverteilern 1 DM/m³ und für die Ausbringung mit Schleppschuhverteilern 3 DM/m³ mehr gezahlt werden müssten, bliebe der Einsatz dieser Techniken für den Landwirt interessant.