

## Güllenausbringetechnik – ein Verfahrensüberblick

### Betriebliche Voraussetzungen und Kosten sind massgebend

Rainer Frick, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon



Abb. 1: Ob Druckfass ... Verschlauchung ... oder Verregnung: kein Verfahren hat nur Vorteile!

Für die Ausbringung von Gülle auf Wiesen und im Acker stehen heute drei Verfahren zur Verfügung: Druck- und Pumpfass, Verschlauchung (gezogene Schläuche, Verteilautomat und Pumpe) und Verregnung (Beregnungsautomat, Regner und Pumpe). Während sich die Fastechnik durch ihre wirtschaftlichen Vorteile (tiefe Jahreskosten und Rüstzeiten) sowie eine hohe Flexibilität auszeichnet, stehen bei der Verschlauchung die Bodenschonung, eine hohe Leistung und die vielseitige Verwendung im Vordergrund. Die Gülleverregnung

ist vor allem dort aktuell, wo die teuren Beregnungsautomaten für die Bewässerung bereits zur Verfügung stehen. Welches Verfahren wo zum Einsatz kommt, wird einerseits durch die betrieblichen Gegebenheiten (Anordnung der Parzellen, Hanglage, bereits vorhandene Maschinen usw.) und andererseits durch die Kosten bestimmt. Das zunehmende Angebot an Neuerungen wie Schleppschlauchverteilern oder Drillmaschinen beweist, dass die Entwicklungen auf dem Güllesektor noch nicht abgeschlossen sind.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Anforderungen	2
Druck- und Pumpfass	2
Güllevererschlauchung	3
Gülleverregnung	9
Ausbringmengen	9
Gülletechnik im Acker	10

**Problemstellung**

Durch das gestiegene ökologische Bewusstsein setzt sich die Erkenntnis durch, dass die Gülle nicht einfach beseitigt, sondern als wertvoller Dünger eingesetzt werden muss. Eine geeignete Ausbringtechnik bildet die Voraussetzung, dass die Gülle gezielt, d.h. in der richtigen Menge und zum pflanzenbaulich günstigsten Zeitpunkt angewendet werden kann. Der Bericht vermittelt einen Überblick über die gebräuchlichen Ausbringverfahren und weist auf wichtige Punkte hin, die bei der Anschaffung der Geräte zu beachten sind.

**Druck- und Pumpfass**

Das Güllefass ist nach wie vor die verbreitetste Maschine für die Güllenausbringung.

**Verfahrensmerkmale**

Seine wichtigsten Vorteile sind bekannt: tiefe Jahreskosten, kleine Rüstzeiten, hohe Flexibilität. Letzteres ist besonders im Graswirtschaftsbetrieb von Bedeutung. Kleine Flächen lassen sich als Füllarbeit begüllen (z.B. periodisch nach dem Eingrasen). Ein weiterer Vorteil ist die Eignung für grosse Feldentfernungen und parzellierte Betriebe. Auch ist es sehr gut überbetrieblich einsetzbar.

Dagegen ist die Leistung oft nicht zufriedenstellend, besonders bei grossen Fahrstrecken und kleiner Fassgrösse (Abb. 2). Bei grossen Fässern ist die Gefahr von Spur- und Schlupfschäden

das Hauptproblem. Sie sind häufig Ursache für verunkrautete und lückige Bestände. Ferner ist das Druckfass nur begrenzt hangtauglich. Diese Nachteile fallen bei nassem Boden besonders ins Gewicht.

**Druck- oder Pumpfass?**

**Druckfässer** sind mit einem Kompressor ausgerüstet. Die erzeugten Drücke liegen je nach Fabrikat in einem Bereich von 0,8 bis maximal 1,5 bar. Da beim Ansaugen Unterdruck und beim Ausbringen Überdruck herrscht, muss der Behälter aus Stahl gefertigt sein. Zusätzlich ist eine Überdrucksicherung in Form eines Überdruckventils und eines blattfederbelasteten Domdeckels erforderlich. Für die Ansaugleistung des Kompressors entscheidend ist, aus welcher Tiefe die Gülle angesaugt werden muss. Für jeden Meter zusätzliche Saughöhe wird die Fördermenge des Kompressors um 10 bis 15% vermindert. Bei 4 bis 5 m Saugtiefe kann somit nur noch mit der halben Ansauglei-

**Vielseitige Anforderungen**

An die Güllenausbringung werden heute folgende Anforderungen gestellt:

- bodenschonend
- hangtauglich
- unfallsicher
- verlustarm
- exakte Dosierung und Verteilung
- hohe Leistung
- tragbare Kosten.

Kein Verfahren kann diese vielseitigen Anforderungen restlos erfüllen. Dies ist jedoch in den meisten Fällen auch nicht notwendig, denn je nach Einsatz sind die Kriterien unterschiedlich zu gewichten. Im **Acker**, wenn die Gülle als Kopfdünger eingesetzt wird, sind die Anforderungen allgemein höher, insbesondere bezüglich Bodenschonung und Verteilgenauigkeit. Auf **Wiesen** dagegen ist eine exakte Verteilung weniger von Bedeutung, weil sich Ungleichheiten in der Nährstoffverteilung durch mehrere kleine Gaben über das ganze Jahr wieder ausgleichen dürften. Viel wichtiger sind hier die Hangtauglichkeit und eine geringe Unfallgefahr.

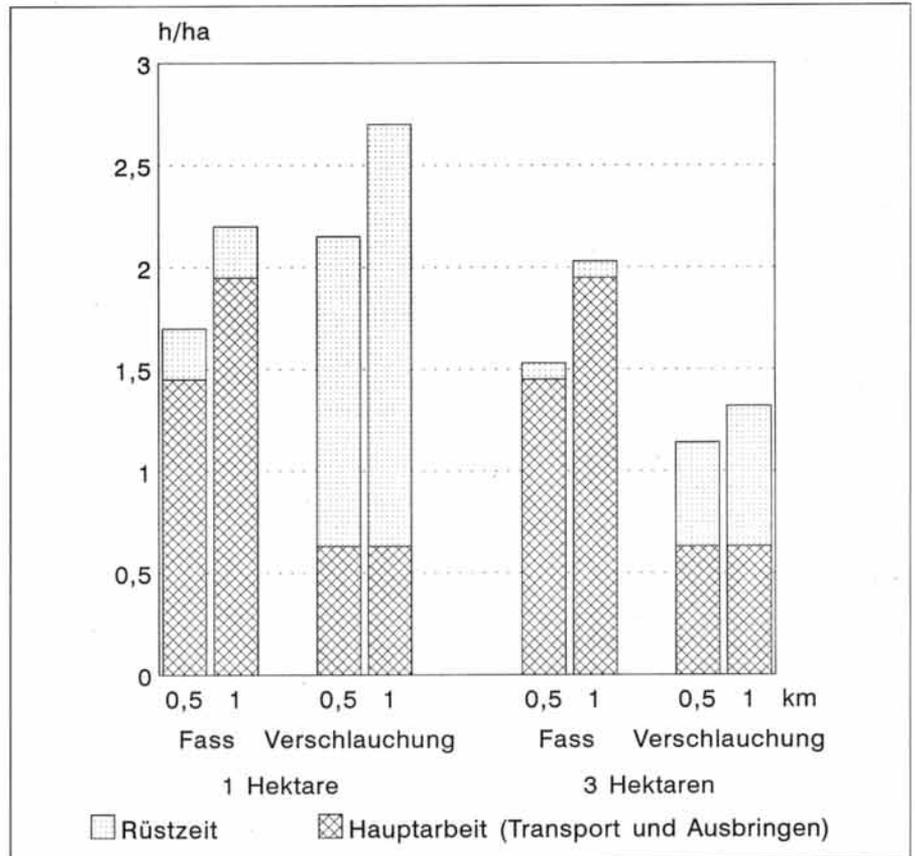


Abb. 2: Arbeitsaufwand zum Begüllen (30 m³/ha) von 1 bzw. 3 Hektaren Fläche mit Druckfass (4000 l) und Verschlauchung (Fördermenge 800 l/min) bei einer Feldentfernung von 500 bzw. 1000 m.

stung gerechnet werden. Druckfässer verteilen die Gülle auf einer Breite von 6 bis 8 Metern.

**Pumpfässer** sind anstelle des Kompressors mit einer Schnecken- oder Drehkolbenpumpe ausgerüstet. Je nach Pumpentyp beträgt der Förderdruck bis 16 bar. Da der Behälter nie unter Druck steht, kann er auch aus Kunststoff gefertigt sein, wodurch das Eigengewicht merklich geringer wird, auch wenn Kunststoff-Fässer ein stabiles Chassis erfordern. Mit einer Weitwurfdüse sind Wurfweiten über 30 m möglich. Unzugängliches Gelände kann so von einem Weg oder einer befahrbaren Stelle aus begüllt werden. Pumpfässer sind deshalb auf Betrieben verbreitet, auf denen die Parzellen zwar gut erschlossen, zum Befahren aber zu steil sind.

Das **Pumpdruckfass** ist ein Druckfass, welches zusätzlich zum Kompressor eine Zentrifugalpumpe besitzt. Die Drücke erreichen Werte von 4 bis 6 bar. Pumpdruckfässer eignen sich ebenfalls im Berggebiet, auch wenn die Wurfweiten kleiner als beim Pumpfass sind. Aufgrund der hohen Fördermenge der Zentrifugalpumpe wird das Pumpdruckfass häufig auch als stationäre Güllepumpe verwendet. Vorteilhaft ist im weiteren der problemlose Pumpenbetrieb (wenig empfindlich auf Trockenlauf und Fremdkörper). Sowohl mit dem Pump- als auch mit dem Pumpdruckfass kann auch **ab Fass verschlaucht** werden. Man stellt das Fass an den Feldrand und verteilt die Gülle mittels Schlauch und zweitem Traktor oder einem Wendrohr. Da mit dem Fass nicht mehr aufs Feld gefahren wird, kann dieses relativ gross gewählt werden (z.B. 6000 l Inhalt). Dennoch ist dieses Verfahren mit einem beträchtlichen Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden.

## Welche Fassgrösse?

Die klassische Fassgrösse liegt nach wie vor bei 4000 l Inhalt, auch wenn heute auf vielen Betrieben Traktoren vorhanden sind, die auch grössere Fässer ziehen könnten. Pro m<sup>3</sup> Fassinhalt werden rund 7,5 bis 10 kW Zuleistung benötigt. Fässer mit mehr als 5000 l Inhalt sind nur dort zu verantworten, wo grosse Distanzen zurückzulegen sind. Die Wahl der Fassgrösse ist stets ein Kompromiss zwischen tolerierbarem

Bodendruck und ausreichender Leistung. Je grösser das Gewicht, desto grösser die Wetterabhängigkeit und desto kleiner die Flexibilität.

## Achsen und Bereifung

Die Bereifungen sind auch heute noch in der Grundausrüstung auf vielen Fässern zu knapp bemessen. Folgende **Mindestanforderungen** sollten eingehalten werden:

ab 4000 l: Dimension 16–20  
ab 5000 l: Dimension 550/60–22,5  
oder Tandemachse  
ab 6000 l: Tandemachse

Bezüglich Reifendruck gilt folgender Grundsatz:

$$\text{Bodendruck} = \text{Reifendruck} + 0,4 \text{ bar}$$

Da der Bodendruck 2 bar nicht überschreiten sollte, muss eine Reifendimension gewählt werden, welche die nötige Tragfähigkeit bei einem Reifendruck von höchstens 1,6 bar gewährleistet.

## Welches Rührwerk?

Das **pneumatische** bzw. Luftrührwerk ist bei den meisten Fabrikaten Standard. Die Druckluft wird unten im Fass über eine gelochte Leitung eingeblasen. Ist beim Transport mit der Bildung von Sinkschichten (z.B. bei Schweinegülle) zu rechnen, ist ein **mechanisches** bzw. Flügelrührwerk sicherer, allerdings auch teurer.

## Verteiler

Der **Prallteller** hat sich dank seiner einfachen Bauart, dem tiefen Preis und dem geringen Verschleiss (keine bewegten Teile) als Standard-Verteilorgan behaupten können. Die effektive Arbeitsbreite beträgt 6 bis 8 m. Die Verteilgenauigkeit ist eher mässig: In den Aussenzonen wird in der Regel zu viel, in der Mitte zu wenig Gülle ausgebracht. Nicht besser ist diese bei den **Seitenverteilern** (Arbeitsbreite 10 bis 12 m) und bei den **Weitwurfdüsen** der Pumpfässer (Wurfweite über 30 m). Noch wenig verbreitet sind hydraulisch oder elektronisch gesteuerte

**Schwenkverteiler**. Sie verteilen die Gülle sehr exakt auf einer Breite von 10 bis 15 m, sind allerdings entsprechend teuer (Fr. 2000.– bis 2500.–).

## Tiefe Fixkosten

Der Anschaffungspreis für ein Güllefass variiert je nach Grösse und Ausrüstung (Kompressor oder Pumpe, Rührwerk, Bereifung, Einfach- oder Tandemachse usw.) zwischen Fr. 12 000.– und 32 000.–. Pumpdruckfässer und Pumpfässer sind im Mittel rund 20 bis 30% teurer als Druckfässer der gleichen Grösse. Die jährlichen Fixkosten eines 4000er-Fasses betragen Fr. 2500.– bis 3000.–.

## Gülleverschlauchung

Die Gülleverschlauchung hat in der Schweiz traditionsbedingt eine grosse Bedeutung. Neues und besseres Material verhalf dieser Technik in den 70er Jahren zu einem starken Aufschwung, der heute ungebremst anhält.

## Funktionsweise und Voraussetzungen

Bei der modernen Gülleverschlauchung übernimmt der Verteilautomat an der Dreipunkthydraulik des Traktors oder Zweifachmähers das Verteilen der Gülle. Am Verteiler ist die zug- und druckfeste Leitung angeschlossen, welche vor dem Güllen auf dem Feld ausgelegt wird. Beim Ausbringen werden die letzten 100 bis 200 m Leitung in Serpentina über das Feld gezogen, wobei man am oberen bzw. weitest entfernten Feldende beginnt. Die Gülle wird in der Regel direkt vom Hof aus mit einer Pumpe eingespiessen. Voraussetzung für eine Verschlauchungsanlage sind günstige Parzellierungsverhältnisse. Die kritische Feld-Hof-Distanz beträgt rund 1 km, was in der Praxis Leitungslängen von 1,2 bis 1,5 km entspricht. Bei grösseren Feldentfernungen ist das Verschlauchung nur mit einem Zwischenlager (z.B. grosses Pumpfass) möglich.

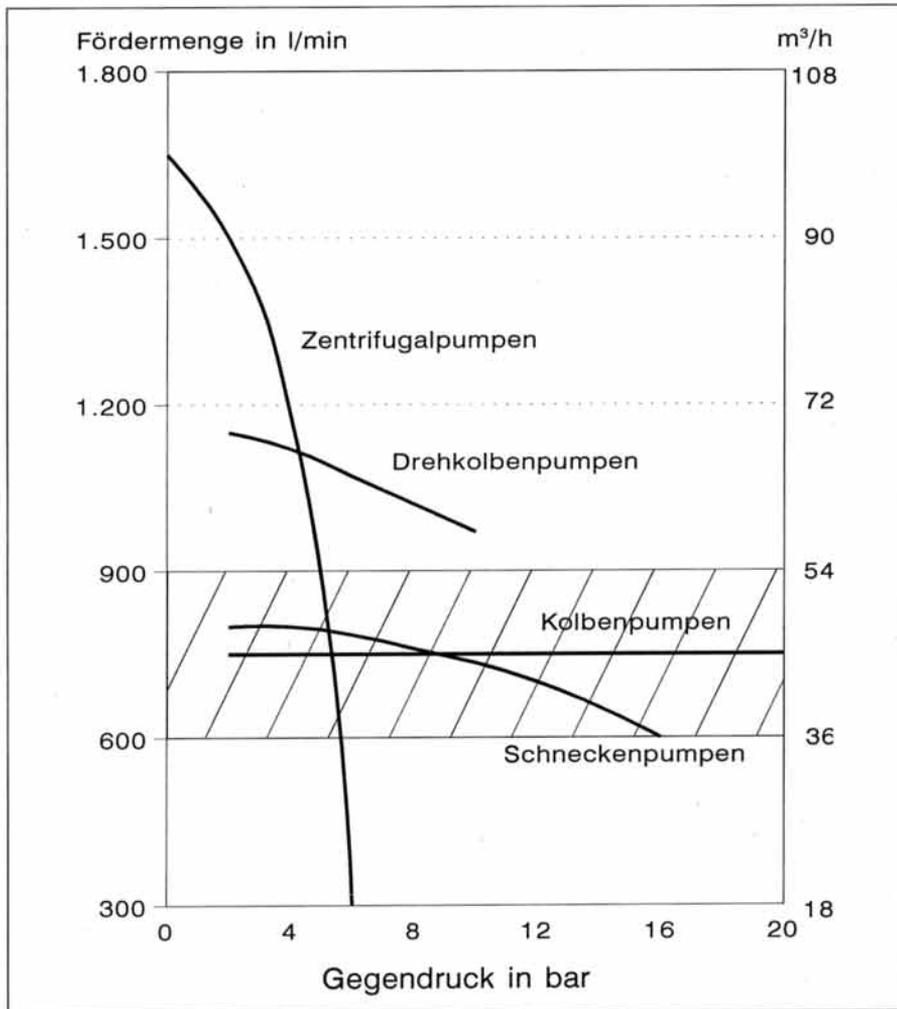


Abb. 3: Charakteristische Kennlinien verschiedener Pumpentypen für die Gülleverschlauchung. Gewünschte Fördermenge: 600 bis 900 l/min bzw. 36 bis 54 m³/h.

### Verfahrensmerkmale

Die Verschlauchung besticht durch ihre ausgeprägte Bodenschonung. Da man im Gegensatz zum Güllefass viel weniger auf den Bodenzustand achten muss, stehen für das Güllen im ganzen Jahr mehr Tage zur Verfügung. Allerdings darf das nicht dazu verleiten, die Gülle auf durchnässtem und nicht aufnahmefähigem Boden auszubringen. Eine gute Hangtauglichkeit und geringe Unfallgefahr sind weitere Vorteile. Auch wirkt sich die pflanzenbaulich sinnvolle Verdünnung der Gülle mit Wasser im Unterschied zur Fasstechnik kaum nachteilig aus.

Die Ausbringleistungen liegen mit 30 bis 50 m³/h deutlich über jenen des Druckfasses. Bei günstiger Feldanordnung können 4 bis 6 Hektaren ohne Unterbruch begüllt werden. Relativ gross ist jedoch der Aufwand für das Einrich-

ten und Abräumen der Anlage, der allerdings nur bei kleinen Flächen ins Gewicht fällt (Abb. 2). Mit einer Funkeinrichtung und einem Verteilautomat lässt sich die Arbeit vollständig im Einmann-Betrieb ausführen. Nachteilig sind die eher hohen Investitionskosten sowie die eingeschränkte überbetriebliche Verwendung, auch wenn sie grundsätzlich möglich ist.

### Zugkräfte am Traktor

100 m Leitung mit Gülle wiegen je nach Leitungsdurchmesser 400 bis 700 kg. Davon fallen je nach Gefälle und Grasfeuchtigkeit 50 bis 80% als Zugkraft am Traktor an. Werden im Extremfall etwa 200 m Leitung gezogen, muss das Schlauch- bzw. Rohrende am Traktor Zugkräfte von 500 bis 1100 daN aushalten.

### Pumpen mit ungleicher Eignung

Für die Verschlauchung ist eine Fördermenge von 600 bis 900 l/min (36 bis 54 m³/h) anzustreben. Bei grösseren Fördermengen steigen die Druckverluste in der Leitung unverhältnismässig stark an.

Grundlage für die Pumpenwahl bilden die Kennlinien der einzelnen Pumpentypen (Fördermenge in Abhängigkeit vom Gegendruck). Interessant sind Pumpen, die unabhängig vom Gegendruck eine möglichst konstante Fördermenge bringen. Diese Forderung erfüllen die Kolbenpumpen immer, die Schnecken- und Drehkolbenpumpen meistens und die Zentrifugalpumpen nie (Abb. 3).

Kolbenpumpen sind dort angezeigt, wo sehr hohe Gegendrücke auftreten, d.h. grosse Höhendifferenzen zu überwinden sind. Die Alternative bilden die billigeren Schneckenpumpen, die ebenfalls hohe Drücke und eine gute Förderkonstanz aufweisen. Drehkolbenpumpen besitzen häufig (zu) hohe Ausgangsfördermengen und eignen sich nur bei geringen Höhenunterschieden. Kaum geeignet sind Zentrifugalpumpen, da die Förderkonstanz schlecht und die erzeugten Drücke tief sind (Tab. 1).

### Flexible Schläuche oder halbharte Rohre?

Für die mobile Leitung bieten sich zwei Möglichkeiten an:

- **Halbharte Kunststoffrohre** aus PE (Polyäthylen): schwarz, mässig biegsam, wie bei Beregnungsautomaten.
- **Flexible Schläuche** aus PVC (Polyvinylchlorid) oder PU (Polyurethan): farbig, weich, vergleichbar mit Feuerwehrschläuchen.

Werden die PE-Rohre aufgerollt, erfordern sie **Trommeln** mit einem Durchmesser von mindestens 1,5 m, die aber viel Platz brauchen und in Hanglagen wegen der erhöhten Kippgefahr problematisch sind. Häufig werden die Rohre an einem Wegrand oder auf dem Hof abgestellt und später wieder an den neuen Einsatzort gezogen. Die flexiblen Schläuche hingegen lassen sich in leerem Zustand flach drücken und haben demzufolge auf einer viel kleineren, weniger kippgefährdeten **Has-**

**Tabelle 1. Eigenschaften der wichtigsten Pumpentypen für die Gülleverschlauchung**

	Kolbenpumpe	Schneckenpumpe	Drehkolbenpumpe	Zentrifugpumpe
Druckbereich in bar	über 16	12 - 16	8 - 12	4 - 9
Fördermenge in l/min m <sup>3</sup> /ha	300 - 800 18 - 48	600 - 1300 36 - 78	600 - 2000 36 - 120	600 - 1800 36 - 108
Fördermenge bei zunehmendem Gegendruck	gleichbleibend	teils abnehmend	abnehmend	stark abnehmend
Druckabfall bei abnehmender Drehzahl	gering	gering	mittel	bedeutend
Leistungsbedarf in kW (bei 750 l/min und 60 m Förderhöhe)	10 - 20	15 - 20	15 - 30	30 - 40 (-50)
Richtpreis in Franken	8000 - 15000.-	9500.-	9000.-	6500.-

pel Platz. Ihr Nachteil liegt im höheren Preis und in der geringeren Festigkeit gegen Abrieb. Flexible Schläuche dürfen nie in vollem Zustand über Wege oder Strassen gezogen werden. Beim Kauf von Schläuchen oder Rohren hat die Firma Angaben über die Zug- und Druckfestigkeit zu machen. Die **Zugfestigkeit** sollte mindestens 1500 daN betragen. Bei der Druckfestigkeit wird zwischen **Betriebs- und Platzdruck** unterschieden. Der Platzdruck ist in der Regel zwei- bis dreimal grösser als der Betriebsdruck. Je nach den Bedingungen (Höhendifferenz, Pumpenleistung) soll man sich einen Betriebsdruck zwischen 8 und 14 bar garantieren lassen. Diese Werte reichen nach den bisherigen Erfahrungen aus.

## Wie hoch sind die Druckverluste?

Durch Reibung entsteht in der Leitung ein Druckabfall. Er wird durch folgende Grössen beeinflusst:

- Höhendifferenz von der Pumpe bis zum Verteiler
- Fördermenge der Pumpe
- Leitungsdurchmesser
- Leitungslänge
- Konsistenz der Gülle.

Gemäss Tabelle 2 beeinflussen neben der gegebenen Höhendifferenz der Leitungsdurchmesser und die Fördermenge die Druckverluste am meisten. Wenig Bedeutung haben die Gülle und die Schlauch- bzw. Rohrart. Folgende **Grundsätze** sind zu beachten:

- Hohe Fördermengen verursachen einen raschen Druckabfall. Bei einer Verdoppelung der Fördermenge wird der Druckverlust verdreifacht. Hohe

**Tabelle 2. Druckverluste in Abhängigkeit von Fördermenge und Leitungsdurchmesser (Gülle mit 2-4% TS)**

Fördermenge		Leitungsdurchmesser		
		63 mm	75 mm	102 mm
l/min	m <sup>3</sup> /h	Druckverlust in bar/100 m Leitung		
500	30	1,1	0,4	0,1
600	36	1,5	0,6	0,15
700	42	1,9	0,8	0,2
800	48	2,4	1,0	0,25
900	54	2,9	1,2	0,35

**Tabelle 3. Rechnungsbeispiel für den Druckverlust einer Verschlauchungsanlage**

Fördermenge der Pumpe	600 l/min	900 l/min
Druckverluste in bar:		
- Leitung 400 m à 75 mm	2,4	4,8
200 m à 63 mm	3,0	5,8
- Höhendifferenz 50 m	5,0	5,0
- Ausgangsdruck am Verteiler	1,5	1,5
<b>Druckverlust Pumpe bis Verteiler</b>	<b>11,9</b>	<b>17,1</b>

Fördermengen sind deshalb nur bei geringem Höhenunterschied und mässiger Leitungslänge sinnvoll.

- Für die Zubringerleitung ist ein genügend grosser Leitungsquerschnitt von 75 mm zu wählen. Für die letzten 100 bis 200 m vor dem Verteiler ist wegen der einfacheren Handhabung und des geringeren Zugwiderstandes ein Durchmesser von 63 mm vorteilhaft. Für Bodenleitungen empfiehlt sich ein Durchmesser von mindestens 102 mm.

- Fördermenge und Leitungsdurchmesser müssen aufeinander abgestimmt sein. Je grösser die Fördermenge, desto grösser der Querschnitt der Leitung.

Die Berechnung der Druckverluste bil-

det die Basis bei der Planung einer Verschlauchungsanlage. Tabelle 3 gibt ein Beispiel, wie diese berechnet werden. Dabei gilt:

- Auf 10 m Höhenunterschied beträgt der Druckabfall 1 bar.
- Am Ausgang des Verteilers ist ein Druck von 1 bis 1,5 bar notwendig.

## Verteilautomaten: unterschiedliche Verteilqualität

Das Angebot umfasst heute die folgenden Systeme:

- Werfer mit Handbedienung
- Prallteller



Abb. 4: Soweit die Wurfweite reicht, kann nicht befahrbares Gelände auch mit dem Pumpfass mit Weitwurfdüse begüllt werden. Behälter aus Kunststoff haben den Vorteil, dass man immer sieht, wieviel Gülle noch im Fass ist.



Abb. 5: Druckfass mit Prallkopfverteiler: Durch Höher- oder Tieferstellen des Verteilers kann die Arbeitsbreite je nach den Erfordernissen in einem Bereich von 10 bis 14 m eingestellt werden. Er eignet sich besonders für die Güllendüngung im Acker mit vorgegebenen Fahrgassen.



Abb. 6: Zweckmässig und erst noch günstig: Reihenverteiler für die Güllerspätdüngung im Mais. Da nur drei Zwischenreihen begüllt werden, entsteht eine hohe Anzahl Überfahrten.



Abb. 7: Für die Güllerverschlauchung sind heute Schneckenpumpen am meisten verbreitet. Um die hohe Antriebsleistung sicherzustellen, werden sie oft über die Zapfwelle angetrieben. Um bei Verstopfungen in der Leitung Schäden zu vermeiden, sollten Pumpen auf der Druckseite mit einer Überdrucksicherung ausgerüstet sein.



Abb. 8: Die flexiblen Schläuche lassen sich auf kleine Haspel aufwickeln und platzsparend versorgen. Im Gegensatz zu den PE-Rohren dürfen sie im leeren Zustand nicht gezogen werden, weil sie sonst verdrehen.



Abb. 9: Die Verschlauchung ist auch im Ackerbau verwendbar: Damit die Maispflanzen keinen Schaden erleiden, werden die Schläuche zwischen den Maisreihen ausgelegt und während der Verteilarbeit in der gleichen Zwischenreihe zurückgezogen.



Abb. 10: Kombihaspel (Haspel mit Verteilautomat) haben den Vorteil, dass die Haspel nach dem Auslegen der Schläuche nicht abgehängt werden muss. Für schlecht zugängliche Restflächen kann der Prallteller vom Traktorsitz aus auf Handverteilung umgeschaltet werden.



Abb. 12: Schleppschauchverteiler können ihre Vorteile im Acker besonders gut ausspielen: hohe Verteilpräzision, keine Blattverschmutzungen, weniger Ammoniak-Verluste. Allerdings erfordern sie eine genügend hohe Auslastung.



Abb. 14: Gülle mit dem Beregnungsautomat: Der aufgebauete Benzinmotor garantiert einen problemlosen, vom Güllestrom unabhängigen Betrieb und eine genügend hohe Einzugs geschwindigkeit des Regners.

Abb. 11: Schwenkverteiler – hier mit hydraulischer Steuerung – ermöglichen Arbeitsbreiten bis 25 m. Im Ackerbau sind sie den Pralltellern vorzuziehen, da die Gerätschaften weniger häufig umgestellt werden müssen.



Abb. 13: Drillgerät (5reihig) im Frontanbau: Die aufgebaute Pumpe verteilt die Gülle vom gezogenen Fass auf die einzelnen Drillkörper. Durch das direkte Einleiten werden gasförmige N-Verluste praktisch unterbunden.

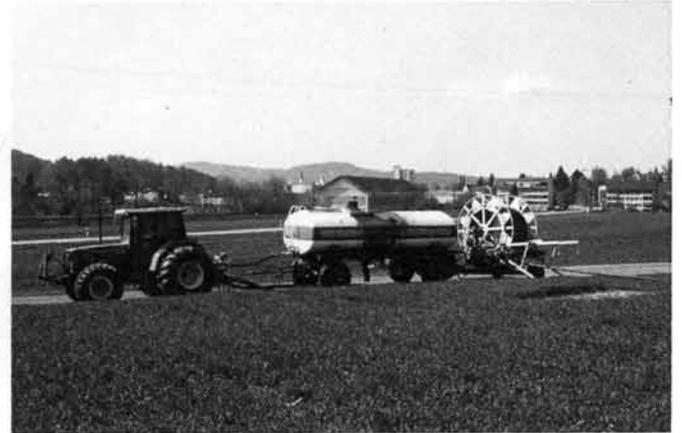


Abb. 15: Verregnen von Gülle im Weizen: Der neben dem Beregnungsautomaten aufgestellte Tankwagen dient als Zwischenlager für die Gülle. Mit der vom Traktor angetriebenen Drehkolbenpumpe wird diese in die Beregnungsmaschine eingespiesen. Diese nicht ganz billige Technik dürfte sich nur für den überbetrieblichen Einsatz lohnen.

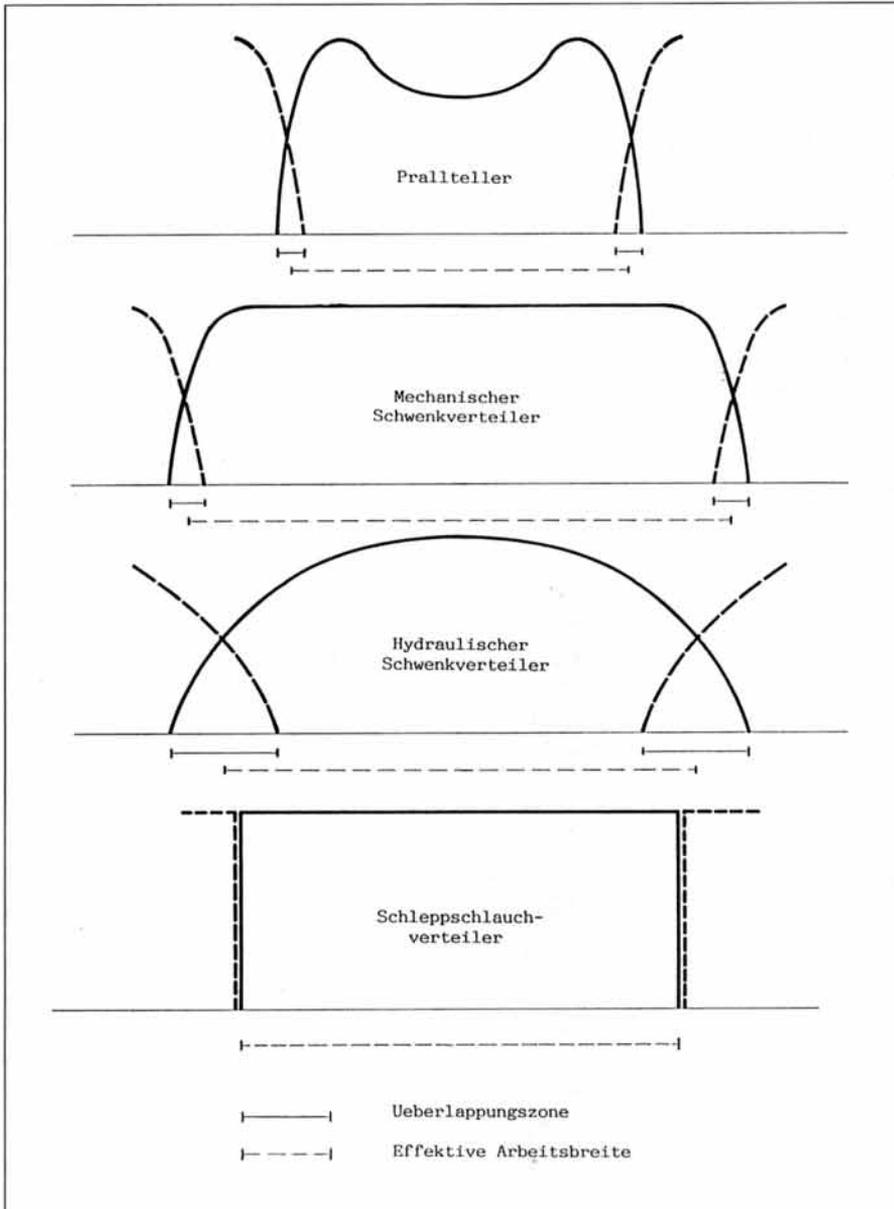


Abb. 16: Schematische Verteilbilder von Verschlauchungsautomaten in Abhängigkeit vom Verteilsystem.

- Schwenkverteiler mit mechanischem, hydraulischem oder elektrischem Antrieb
- Schleppschlauchverteiler.

**Prallteller** haben eine Arbeitsbreite von 8 bis 10 m. In der Regel verteilen sie in der Mitte zu wenig und in den Randzonen zu viel Gülle (Abb. 16). Wird beim Hin- und Herfahren auf dem Feld zu stark überlappt, entsteht eine sehr ungenaue Verteilung. Die steil abfallenden Flanken des Verteilbildes erleichtern aber das Güllen entlang von Feldrändern («saubere Linie»).

Beim **Schwenkverteiler** wird eine Düse automatisch hin- und herbewegt. Je nach Einstellung und Pumpenleistung beträgt die Arbeitsbreite 15 bis 25 m. Wird im richtigen Abstand überlappt, ergibt sich eine gute Verteilgenauigkeit (Abb. 16).

Die meisten Verteilautomaten können während der Fahrt vom Traktorsitz aus auf **Handverteilung** umgeschaltet werden, um in jeder Situation eine geeignete Verteileinrichtung zur Verfügung zu haben.

**Schleppschlauchverteiler** mit 12 oder 15 m Arbeitsbreite bieten gegenüber den herkömmlichen Verteilautomaten verschiedene Vorteile:

- konstante Arbeitsbreite ohne Überlappungsprobleme
- hohe Verteilpräzision (Abb. 16)
- weniger Pflanzenverschmutzungen
- reduzierte Geruchs- und Ammoniakemissionen.

Als wichtigste Nachteile stehen der rund fünfmal höhere Anschaffungspreis und die erschwerte Handhabung gegenüber.

Tabelle 4. Anschaffungskosten einer Verschlauchungsanlage

	PE-Rohre ohne Trommel Fr.	PVC-Schläuche mit Haspel Fr.
Pumpe (Schneckenpumpe) 2-stufig, Zapfwellenantrieb	9 500.-	9 500.-
Leitung 400 m à 76 mm	4 800.-	6 400.-
200 m à 63 mm	1 700.-	2 600.-
Schlauchhaspel	-	4 800.-
Verteilautomat	3 000.-	3 000.-
<b>Total (Minimalvariante)</b>	<b>19 000.-</b>	<b>26 300.-</b>
Mehrkosten für		
- Elektromotor für Pumpenantrieb	1 800.-	1 800.-
- Funkfernsteuerung	3 400.-	3 400.-
<b>Total</b>	<b>24 200.-</b>	<b>31 500.-</b>

## Kosten

Eine Verschlauchungsanlage kostet rund 20000 bis 30000 Franken. Leitungsmaterial und Pumpe machen den Grossteil der Anschaffungskosten aus (Tab. 4). Stimmen die betrieblichen Voraussetzungen weitgehend überein, ist die gemeinsame Anschaffung einer Anlage sehr zu empfehlen, um die hohen Fixkosten senken zu können.

## Gülleverregnung

Die für die Bewässerung verwendeten Beregnungsautomaten lassen sich mit kleinen Anpassungen auch für die Ausbringung von Gülle einsetzen. Die Technik kommt besonders auf Ackerbaubetrieben mit hohem Gülleanfall zum Zug. Dadurch werden die teuren Beregnungsmaschinen besser ausgelastet.

### Funktionsweise

Der Beregnungsautomat wird am Feldrand installiert. Mit dem Traktor zieht man das Rohrende und den auf einem Schlitten montierten Regner zum gegenüberliegenden Feldende. Über einen Antriebsmechanismus zieht der Beregnungsautomat das Rohr langsam ein, während der hin und her bewegte Regner die Gülle verteilt. Hernach versetzt man die Gerätschaften um eine Arbeitsbreite und zieht das Rohrende mit dem Regner erneut aus. Die Einspeisung der Gülle kann auf verschiedene Arten erfolgen:

- Leitung (mobil oder unter Boden) zur Beregnungsmaschine, Pumpe beim Güllebehälter.
- Pumpfass beim Beregnungsautomaten, Zuführen mit Druckfass.
- Zwischenlager (z.B. Tankwagen oder Güllebassin) am Feldrand, Pumpe beim Beregnungsautomaten, Zuführen mit Druckfass.

### Verfahrensmerkmale

Die Gülleverregnung zeichnet sich durch hohe Bodenschonung und geringe Wetterabhängigkeit aus. Aufgrund der grossen Arbeitsbreite von 60–80 m (je nach Pumpenleistung) entstehen wenig Fahrspuren. Je Aufstellung können beachtliche Flächen begüllt werden (bei 300 m Rohrlänge und 80 m Arbeitsbreite rund 2,5 Hektaren). Bei Verwendung einer leistungsfähigen Pumpe ist auch die Ausbringleistung hoch.

Nicht zu empfehlen ist das Verfahren auf kleinen und unförmigen Parzellen. Die Verteilgenauigkeit ist besonders bei starkem Wind unbefriedigend. Problematisch ist das Verregnen von Gülle

auch in der Nähe von Siedlungen (Verfrachtung von feinen Güllepartikeln, Geruchsemissionen).

### Welches Antriebssystem für Gülle?

Von den für den Einzug des Regners üblicherweise verwendeten Antriebssystemen, die durch den Wasserstrom gespiesen werden (Turbine, Hubzylinder und Gummibalg), kommt für das Verregnen von Gülle einzig der Turbinenantrieb in Frage. Er eignet sich zudem nur für Schweinegülle, und auch dies nur bedingt. Für Rindergülle und Klärschlamm muss eine andere Betriebsart gewählt werden. Die beste Lösung ist ein Zusatzmotor (z.B. Benzinmotor) mit einem Getriebe, welches zusätzlich eine höhere Einzugsgeschwindigkeit garantiert. Diese ist notwendig, weil im Vergleich zur Bewässerung mit Gülle wesentlich kleinere Gaben auszubringen sind. Die Alternative ist ein Untersetzungsgetriebe, das von der Traktorzapfwelle angetrieben wird.

### Regner: mit Gummidüse

Am meisten verbreitet sind Starkregner mit Kreis- oder Sektorschaltung. Die beim Bewässern verwendeten festen Düsen kommen für Gülle nicht in Frage (Verstopfungsgefahr). Für Gülle und Klärschlamm eignen sich deshalb Gummidüsen, welche sich leicht ausdehnen können, am besten.

### Rohrlängen und -durchmesser

Die Längen des PE-Rohres auf Beregnungsautomaten betragen normalerweise 250 bis 400 m. Bezüglich Druckverlusten gelten die gleichen Grundsätze wie bei der Verschlauchung. Je länger das PE-Rohr und je höher die Fördermenge, desto grösser sollte der Querschnitt gewählt werden. Zwischen Gülle und Wasser besteht kein wesentlicher Unterschied bezüglich Rohrreibungsverlusten.

### Pumpen mit hoher Leistung

Zum Verregnen von Gülle eignen sich Drehkolben- oder Schneckenpumpen

mit einer Fördermenge von mindestens 750 l/min. Am Ausgang des Regners ist ein Druck von 3 bis 4 bar erforderlich.

### Hohe Zugkräfte an der Rohrleitung

Der Zugkraftbedarf zum Ausziehen des PE-Rohres wird von der Länge und dem Durchmesser der Leitung sowie von der Bodenoberfläche stark beeinflusst. Beim Ziehen eines vollen Rohres mit 300 m Länge und 75 mm Innendurchmesser entstehen Zugkräfte zwischen 800 und 1600 daN. Zum Ausziehen sind somit Traktoren mit mindestens 2,5 t Gewicht auf der Antriebsachse erforderlich.

### Hohe Kosten

Ein Beregnungsautomat (inkl. Regner) kostet je nach Typ und Ausrüstung 10 000 bis 50 000 Franken. Bei einer mittleren Ausführung ist mit jährlichen Fixkosten von Fr. 3500.– zu rechnen. Hinzu kommen die Kosten für die Pumpe und das Zuführen der Gülle. Zur Senkung der hohen Jahreskosten ist eine möglichst hohe Auslastung anzustreben (überbetriebliche Verwendung bzw. gemeinsame Anschaffung).

### Ausbringmengen: verfahrensbedingte Unterschiede

Für einen pflanzen- und umweltgerechten Einsatz der Gülle ist neben dem Anwendungszeitpunkt und einer exakten Verteilung auch die richtige Ausbringmenge entscheidend. Auf Wiesen optimal sind Gaben von 25 m<sup>3</sup>/ha (Vollgülle 1:1 verdünnt) zu jedem Aufwuchs. Besonders in Hanglagen sollten die Einzelmengen nicht höher liegen, um der Abschwemmungsgefahr vorzubeugen.

Mit dem Druckfass werden jedoch meist deutlich höhere Mengen ausgebracht.

Laut Tabelle 5 können mit dem Druckfass Gaben unter 30 m<sup>3</sup>/ha nur mit relativ hohen, in der Praxis kaum üblichen Fahrgeschwindigkeiten von über 6 km/h realisiert werden. Weniger pro-

**Tabelle 5. Ausbringmengen in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Fördermenge und Fahrgeschwindigkeit**

Druckfass

Fördermenge m <sup>3</sup> /min	Arbeitsbreite m	Ausbringmenge in m <sup>3</sup> /ha bei einer Fahrgeschwindigkeit von .. km/h			
		2	4	6	8
2,0	6	100	50	33	25
	7	86	43	29	21
	8	75	37	25	19
1,7	6	85	43	28	21
	7	73	37	24	18
	8	64	32	21	16

Verschlauchung

Verteiler Arbeitsbreite m	Prallteller 10						Werfer 20					
	900			600			900			600		
Fördermenge l/min												
Geschwindigkeit km/h	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Gabe m <sup>3</sup> /ha	54	27	18	36	18	12	27	13	9	18	9	6

blematisch ist diesbezüglich die Verschlauchung, sofern mit einer vernünftigen Fördermenge gearbeitet wird. Auch mit dem Berechnungsautomaten sind tiefe Gaben durch Erhöhung der Einzugschwindigkeit ohne weiteres möglich.

## Gülletechnik im Acker

Auf gemischtwirtschaftlichen Betrieben mit hohem Gülleanfall besteht ein grosses Interesse, die Gülle auch im Ackerbau einzusetzen. Dadurch können Mineraldünger eingespart und die mit den Hofdüngern anfallenden Nährstoffe gleichmässiger verteilt werden. Nutzbringend ist die Verwertung von Gülle im Acker aber nur, wenn diese in den wachsenden Bestand ausgebracht wird.

## Wann und wieviel?

Von den verschiedenen Ackerkulturen eignen sich Mais, Raps und Wintergetreide am besten für die Güllenanwendung. In Tabelle 6 sind die empfohlenen Ausbringzeitpunkte und -mengen in diesen Kulturen aufgeführt.

## Mit welchen Verfahren?

Für die Güllendüngung im Acker bieten sich die folgenden Techniken an:

- Druckfass mit Prallteller oder Seitenverteiler
- Pumpfass mit Weitwurfdüse
- Druck-/Pumpfass mit Einleger (Gülledrill)
- Verschlauchung mit gezogenen Schläuchen mit Verteilautomat (Prallteller, Schwenkverteiler oder Schleppschlauchverteiler)
- Verregnung mit Berechnungsautomat.

**Tabelle 6. Gülle im Ackerbau: Anwendungsmöglichkeiten betreffend Kulturart, Zeitpunkt und Ausbringmenge**

Kultur	Zeitpunkt	Menge m <sup>3</sup> /ha	Probleme
Mais	Mai - Juni	40 - 60	Ammoniak-Verluste bei hohen Temperaturen
Raps	Oktober	20 - 30	zu üppige Bestandesentwicklung Bodenzustand
	Februar - März	20 - 40	
Winter- Getreide	Februar - März	30	Bodenzustand Ammoniak-Verluste bei hohen Temperaturen
	April	30	

Im Acker ist die Gefahr von Bodenschäden durch das Befahren des offenen Ackerbodens besonders gross. Der Einsatz des **Druck- oder Pumpfasses** ist deshalb nur bei sehr gut abgetrocknetem Boden zu verantworten. Muss wegen Nässe lange zugewartet werden, verpasst man häufig den optimalen Düngungszeitpunkt. Weitere Nachteile bilden das seitliche Rutschen am Hang, das Überfahren von stehenden Pflanzen und die zu kleine Fassgrösse bei grossen Feldlängen.

Die **Gülleverschlauchung** bietet den grossen Vorteil, dass sie bodenschonend und bezüglich Einsatzzeitpunkt entsprechend flexibel ist. Sie eignet sich allerdings in den meisten Kulturen nur bis zu einem bestimmten Entwicklungsstadium, weil sonst die Pflanzen durch die Schlauchleitung umgedrückt werden. Im Mais bietet sich die Möglichkeit, den flexiblen Schlauch zwischen den Maisreihen auszulegen und während der Verteilarbeit in der gleichen Zwischenreihe zurückzuziehen. Als Verteilautomat sind Schwenkverteiler geeigneter als Prallteller. Sie verteilen breiter und exakter und lassen sich auf die gewünschte Arbeitsbreite besser abstimmen.

Mit dem **Berechnungsautomaten** kann die Gülle fast zu jeder Zeit und in allen Kulturen ausgebracht werden, ohne dass Bodenschäden zu befürchten sind. Eine gleichmässige Nährstoffverteilung über die ganze Parzelle ist aber nur möglich, wenn nachträglich an Feldrändern und -ecken mit Mineraldüngern nachgedüngt wird.

Für die Güllespätdüngung in Ackerkulturen besonders geeignet sind **Schleppschlauchverteiler**, die entweder an der Traktorhydraulik (Verschlauchung) oder an einem Pumpfass angebaut werden. Sie garantieren eine bodennahe Ausbringung ohne Blattverschmutzungen und -verbrennungen. Stimmen die Arbeitsbreite des Gerätes und die Fahrgassenbreite überein, entsteht eine sehr exakte Verteilung.

**Drillgeräte** im Front- oder Heckanbau leiten die Gülle direkt in den Boden ein. Dadurch können die Verflüchtigung grosser N-Mengen verhindert und eine bessere Nährstoffwirkung der Gülle erwartet werden. Das Eindringen in wachsende Bestände setzt jedoch grosse Reihenabstände voraus, so dass das Verfahren praktisch nur im Mais in Frage kommt. Die vor- bzw. nachlaufenden Zinken verursachen einen zwei-

bis viermal höheren Zugkraftaufwand. Zudem ist die Verteilung der Gülle nicht optimal.

## Unterschiedliche Verfahrenskosten

Die Verschlauchung und insbesondere die Verregnung verursachen durch den grossen Maschinenaufwand hohe Verfahrenskosten. Beim Verschlauchen im Acker ist zudem der Aufwand für das Einrichten, Abräumen und Umstellen der Gerätschaften relativ gross; bei der Verregnung fällt derselbe Aufwand dank der grossen Arbeitsbreite weniger ins Gewicht. Beim Fass führen die kleinen Rüstzeiten und die einfache Mechanisierung zu tiefen Verfahrenskosten. Beim Verschlauchung und Verregnen entscheidend ist jedoch, wie die Gülle zum Feld gelangt: Die direkte Zufuhr ab Hof über eine Druckleitung ist wesentlich günstiger als das Zuführen mit Druckfässern und zusätzlicher Einrichtung eines Zwischenlagers am Feldrand (Abb. 17).

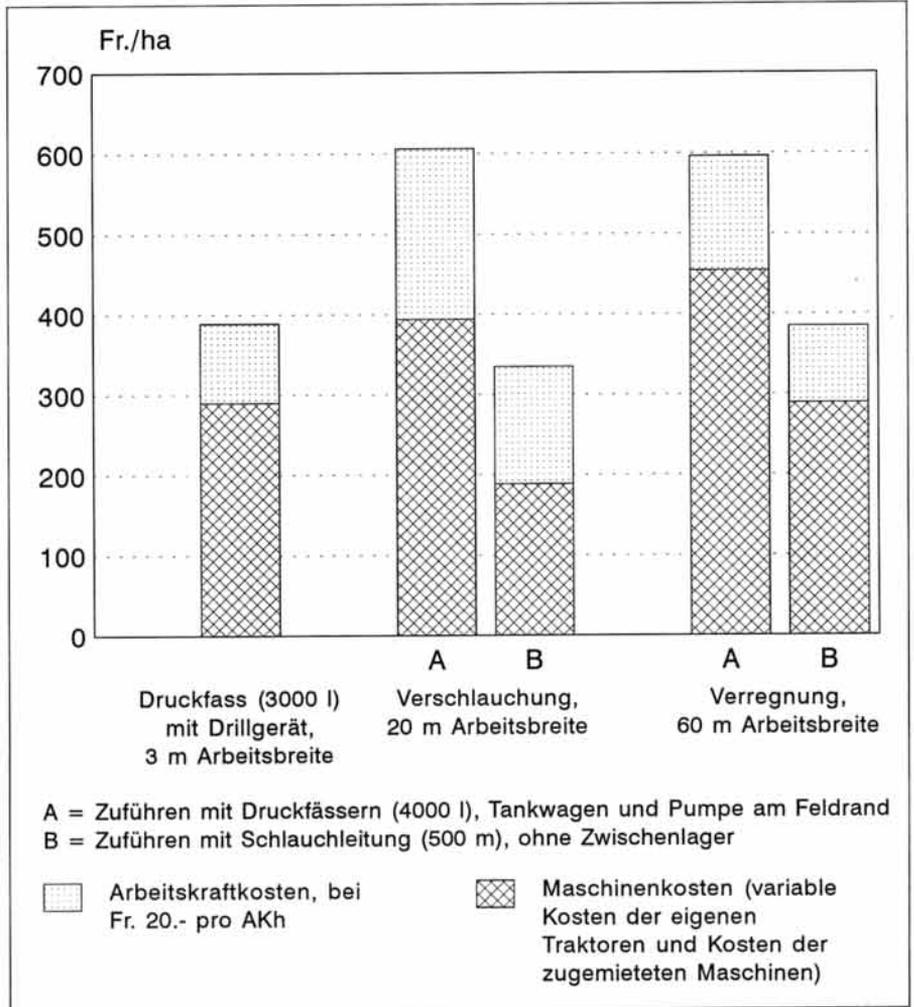


Abb. 17: Verfahrenskosten in Fr./ha beim Güllen im Mais (200 m Feldlänge und 500 m Feldentfernung, 50 m<sup>3</sup>/ha).

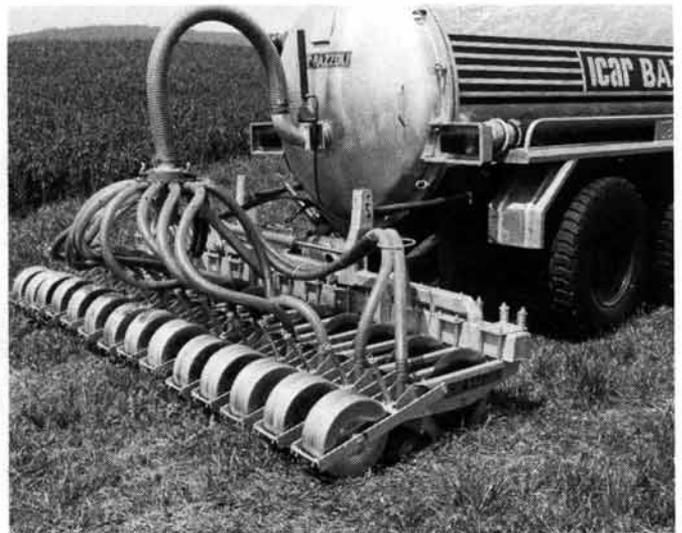


Abb. 18: Durch die Entwicklung neuer Verfahren und Geräte wird versucht, den gestiegenen Anforderungen an die Güllenausbringung Rechnung zu tragen. Die Zukunft wird zeigen, ob sich die teuren und im Ausland stark propagierten Techniken wie z.B. Güllendruck auf Wiesen (Bild rechts) unter schweizerischen Bedingungen eignen und rechtfertigen.

Tabelle 7. Verfahrensüberblick als Zusammenfassung

Verfahren	Druck- oder Pumpfass	Verschlauchung	Verregnung
Geräte		- Pumpe - PVC-Schläuche/ PE-Rohre - Verteilautomat	- Pumpe - Beregnungsautomat inkl. PE-Rohr und Schlitten mit Regner
Verteiler	- Prallteller - Schwenkverteiler - Weitwurfdüse - Schleppschlauch- verteiler - Reihenverteiler (Mais) - Drillgerät	- Werfer (Handvertei- lung) - Prallteller - Schwenkverteiler - Schleppschlauch- verteiler	- Starkregner mit Gummidüse
Investitionskosten Fr.	12000 - 28000.- (Druckfass) 16000 - 32000.- (Pumpfass)	19000 - 35000.-	20000 - 60000.-
Verfahrenskosten	tief	hoch	sehr hoch
Arbeitsaufwand • Einrichten + Abräumen • Ausbringen	++ -	-- ++	-- ++
Ausbringleistung ha/h m <sup>3</sup> /h	unter 0,5 10 - 20	1 - 2 30 - 50	1 - 2,5 40 - 60
Parzellierung	++	--	-
Ueberbetriebl. Einsatz	++	+ (-)	+ (-)
Bodenschonung	-	++	++
Hangtauglichkeit	-	++	-
Unfallsicherheit	-	+	+
Gülleverdünnung	-	+	+
Einsatz im Ackerbau	-	+	++

+ günstig      - ungünstig