

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 54 (1992)
Heft: 8

Artikel: Verschlauchungsautomaten : systembedingte Unterschiede der Verteileigenschaften
Autor: Frick, Rainer / Keusch, Alois
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1081550>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Verschlauchungsautomaten

Systembedingte Unterschiede der Verteileigenschaften

Rainer Frick, Alois Keusch, Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon TG

Die Anforderungen an die Technik der Gülleverteilung haben in den letzten Jahren zugenommen. Die in dieser Hinsicht fehlenden Kenntnisse bei Verschlauchungsautomaten waren Anlass, eine Auswahl an Verteilgeräten auf ihre Arbeitsqualität zu untersuchen.

Unsere Messungen ergaben je nach Verteilsystem deutliche Unterschiede bezüglich Arbeitsbreite, Verteilbild, Überlappungstoleranz und Verteilgenauigkeit. Die effektiven Arbeitsbreiten betragen bei den Pralltellern 8–11 m, bei den Schwenkverteilern 15–25 m. Die Verteilbilder der Prallteller zeigen in den Aussenzonen ausgeprägte Höcker, was heisst, dass in der Mitte weniger Gülle ausgebracht wird. Prallteller und mechanische Schwenkverteiler ergaben im Gegensatz zu den hydraulischen Schwenkverteilern Verteilbilder mit steil abfallenden Flanken und entsprechend geringer Überlappungstoleranz. Die Verteilgenauigkeit nimmt in der Reihenfolge Prallteller – mechanische Schwenkverteiler – hydraulische Schwenkverteiler – Schleppschlauchverteiler zu. Letztere eignen sich für den Einsatz im Ackerbau am besten. Bedingt durch den rund fünfmal höheren Anschaffungspreis erfordern diese eine entsprechende Auslastung.

Geräte und Verteilsysteme

Untersucht wurden 14 Verteilautomaten von sechs verschiedenen Herstellern. Die wichtigsten Angaben sind aus den **Tabellen 1 und 2** ersichtlich.

Man unterscheidet drei verschiedene **Verteilsysteme**: Prallteller (**Abb. 2**), Schwenkverteiler (**Abb. 3 und 4**) und Schleppschlauchverteiler (**Abb. 5**).

Die Jovo-Verteiler unterscheiden sich von den übrigen **Pralltellern** durch das für sämtliche Typen identische, aus Kunststoff hergestellte Verteilorgan (patentiertes System).

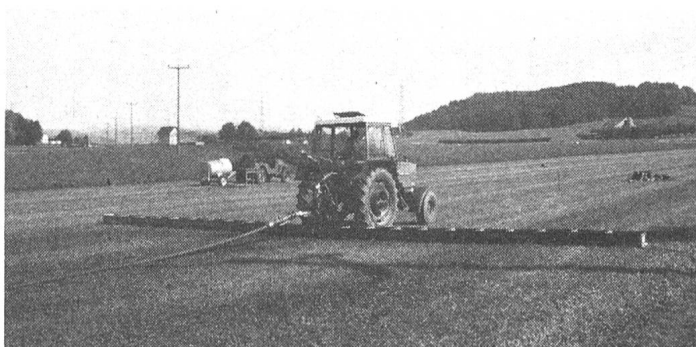


Abb. 1: Prüfstand zur Messung der Querverteilung. Versuche mit Gülle sind relativ aufwendig, da die Anlage nach jedem Durchgang versetzt werden muss.

Abb. 2: Kombiverteiler mit Prallteller (Jovo-Kombi B 89): Mit der ausklipbaren Werferdüse lassen sich Restflächen, die für den Prallteller nicht zugänglich sind, von Hand begüllen. Die Verteilarbeit wird vom Traktorsitz aus oder durch eine zweite Bedienungsperson auf dem Trittbrett vorgenommen.





Abb. 3: Schwenkverteiler mit Antrieb über die Zapfwelle (Meier-Perfekt). Bei den Verteilern mit Keilriemenantrieb schwenkt die Düse in horizontaler und vertikaler Richtung. Die Schwenkfrequenz wird über die Drehzahl der Zapfwelle reguliert.

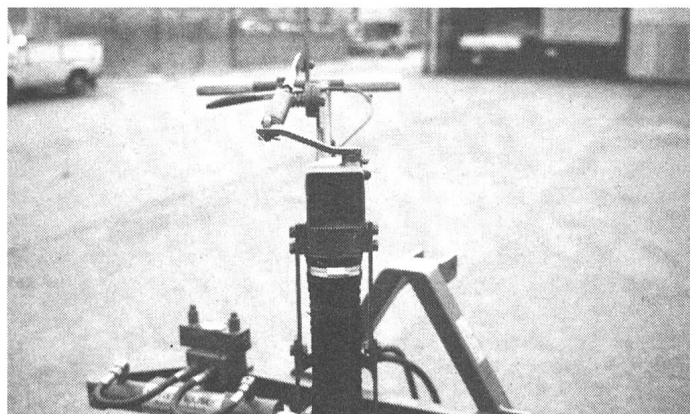


Abb. 4: Schwenkverteiler mit hydraulischem Antrieb (Blitz AH-2000). Das Steuerventil erlaubt die Einstellung der Schwenkfrequenz. Die stufenlos verstellbare Federklappe bezweckt einerseits die Regulierung des Druckes (Spritzweite) und andererseits das Lösen von Mistklumpen, die sich in der Düse festsetzen.

Bei den übrigen Geräten (Simplex-Kombi, Küng-Kombi, Blitz-Kombi) besteht der Prallteller aus einem konvex gewölbten Stahlblech. Ueber Gummidüsen verschiedener Grössen kann der Druck am Verteiler angepasst werden. Das Verteilorgan der **Schwenkverteiler** besteht aus einer hin- und her bewegten Schwenkdüse. Bei den Geräten mit Zapfwellenantrieb wird die Düse entweder über einen Keilriemen mit Antriebsrad (Blitz-Automat, Meier-Perfekt) oder über eine Kette mit Zahnrad

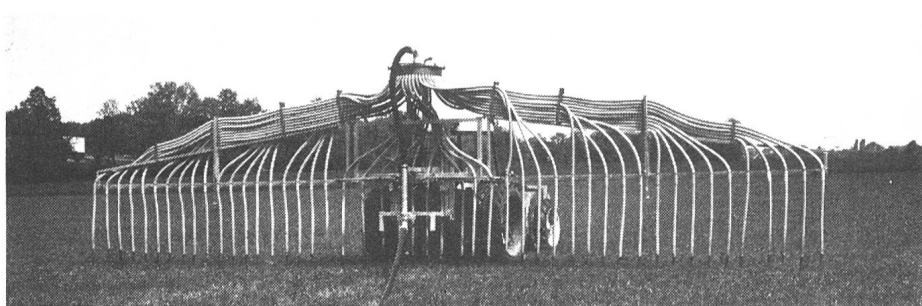


Abb. 5: Schleppschlauchverteiler mit 12 m Arbeitsbreite und 48 Ablaufschläuchen (Vogelsang). Charakteristisch sind die bodennahe Ausbringung und die konstante Arbeitsbreite ohne Überlappungsprobleme.

Tab. 1: Prallteller- und Schwenkverteiler: technische Angaben

Anmelder	Marke/Typ	Verteil-system ¹⁾	Antrieb ²⁾	Hand-be-trieb	Abmessungen in cm Tiefe/Breite/Höhe	Gewicht in kg	Preis in Fr. ⁴⁾ Mai 1992
Schweizer 9536 Schwarzenbach	Simplex-Kombi	P	-	x	142/82/124	74	2'825.-
MFH	Jovo 82	P	-		101/83/208	50	1'994.-
6280 Hochdorf	Jovo-Kombi B 89	P	-	x	126/82/134	93	2'910.-
	Jovo-Kombi G 87	P	-	x	121/83/146	81	2'713.-
Hadorn 3367 Ochlenberg	Hydro-Super-Kombi G 89	P,S	H ³⁾	x	115/83/158	116	5'039.-
Fankhauser 6102 Malters	Blitz-Kombi	P	-	x	190/200/150	158	2'790.-/3'110.- ⁵⁾
	Blitz-Automat	S	M	x	96/118/138	102	3'035.-
	Blitz AH-2000	S	H	x	70/108/133	93	3'185.-
Meier 6260 Reiden	Automat Perfekt	S	M	(x)	87/123/126	112	2'865.-
Küng 5637 Beinwil	Mechanisch	S	M	x	110/84/131	109	3'185.-
	Hydraulisch	S	H	x	100/84/139	104	3'230.-
	Kombi	P,S	H	x	95/83/173	197	4'210.-

1) P = Prallteller, S = Schwenkverteiler

3) Mit Oelmotor

2) M = mechanisch (Zapfwelle), H = hydraulisch

4) Inkl. Drehstück mit Storzanschluss

5) Mit Pritsche anstelle Hydraulikbock

Tab. 2: Schleppschlauchverteiler: technische Angaben

Marke/Typ Anmelder	Vogelsang Hadorn, 3367 Ochlenberg	E + H MFH, 6280 Hochdorf
Anbau	3-Punkt	3-Punkt
Arbeitsbreite	12 m	12 m
Antrieb Rotor	hydraulisch (Oelmotor)	hydraulisch (Oelmotor)
Hydraulikanschlüsse	2	4
Schleppschläuche:		
Anzahl	48	48
Schlauchabstände	25 cm	25 cm
Durchmesser innen	38 mm	34 mm
Rotorkopf:		
Durchmesser innen	770 mm	540 mm
Höhe innen	110 mm	160 mm
Auslauföffnungen: Anzahl	48	48
Grösse	ca. 30 x 30 mm	Ø 36 mm (rund)
Anordnung	Rotorkopfboden	Rotorkopfseitenwand
Rotorflügel: Anzahl	2	4
Schneidwerk	Rotor gegen Lochscheibe (nachstellbar)	4 Messer (nachstellbar)
Masse:		
Länge der Auslegerarme	473 cm	463 cm
Breite des Tragrahmens	258 cm	263 cm
Max. Breite in Transportstellung	258 cm	292 cm
Max. Höhe	300 cm	280 cm
Raumbedarf	36.6 m ³	37.8 m ³
Gewicht	580 kg	620 kg
Preis in Fr. (Mai 1992)	ca. 17'000.-	16'100.-

dern (Küng mechanisch) bewegt. Bei den hydraulischen Schwenkverteilern übernimmt der über die Hydraulikanlage des Traktors betriebene Zylinder (Blitz AH-2000, Küng hydraulisch, Küng-Kombi) oder die durch einen Ölmotor angetriebene Zahnradscheibe (Hydro-Super-Kombi G 89) den Antrieb der Schwenkdüse.

Die **Schleppschlauchverteiler** bestehen aus dem klappbaren Verteilgestänge und dem Dosierverteiler, in welchem der hydraulisch angetriebene Rotor durch seine Drehbewegung die Gülleverteilung zu den Ablaufschläuchen vornimmt. Beim Vogelsang-Verteiler kann die Drehrichtung über ein Steuerventil geändert werden. Das Schneidwerk für die Zerkleinerung der organischen Güllebestandteile besteht beim E+H-Verteiler aus je einem Messer an jedem Rotorflügel (**Abb. 14**), beim Vogelsang-Verteiler sorgt die Reibung zwischen den drehenden Rotorflügeln und der Lochscheibe für den Schneideffekt.

Für den Strassentransport ermöglichen zwei am Gestänge angebrachte Hydraulikzylinder das Ein- und Ausklappen der Ausleger. Der E+H-Verteiler klappt die Arme nach vorne, das Vogelsang-Gerät nach hinten.

Die Arbeitsbreite der geprüften Geräte beträgt 12 m. Beide Hersteller liefern

jedoch auch Ausführungen mit 8, 10, 15 oder 18 m Arbeitsbreite.

Prüfprogramm und Methodik

Untersuchungskriterien

- Erfassung der Verteilgenauigkeit: Verteilbild, nutzbare Arbeitsbreite, statistische Kenngrössen (Variationskoeffizient, Spitzenabweichung). Gemessen wurde die Querverteilung, da bei der Verschlauchung die Verteilgenauigkeit in der Längsrichtung nicht vom Verteilgerät selbst, sondern von anderen Faktoren (Fahrgeschwindigkeit, Förderkonstanz der Pumpe etc.) beeinflusst wird.
- Ermittlung der optimalen Einstellung für jedes Gerät.
- Eignung für den Einsatz im Ackerbau.
- Beurteilung allgemeiner Kriterien wie Bedienung, Wartung, Verschleiss und Unfallsicherheit.

Prüfstand

Die Messungen der Verteilgenauigkeit erfolgten auf einem Prüfstand (**Abb.1**)

mit quer zur Fahrtrichtung aufgestellten Auffangschalen (60x40x18 cm). Nach jeder Durchfahrt wurden die Schaleninhalte mit Messzylindern volumetrisch bestimmt und daraus nachträglich die Verteilkurve ermittelt. Die Versuche wurden mit Wasser und mit Gülle (verdünnte Rindervollgülle, TS-Gehalt 3,5 %) durchgeführt. Die Messungen mit Wasser ermöglichten eine grosse Anzahl Durchgänge sowie die Ermittlung der optimalen Einstellung für jedes Gerät, mit der man nachträglich die Versuche auf dem Feld mit Gülle vornahm. Für die Förderung des Wassers bzw. der Gülle diente eine zapfwellengetriebene Drehkolbenpumpe. Die Fördermenge betrug in der Regel 750 l/min.

Die Messungen an den Schleppschlauchverteilern erfolgten nur mit Gülle (verdünnte Rindergülle mit 3,9% TS-Gehalt), jedoch nicht mit der Schalenmethode, sondern stationär über einem Güllekasten mit Spaltenboden. Die Ausflussmengen an den Ablaufschläuchen wurden einzeln aufgefangen und gewogen.

Ermittlung der Verteilgenauigkeit

Für das geübte Auge gibt die Verteilkurve bereits erste Anhaltspunkte über

Tab. 3: Beurteilungsmassstab für die Werte der Variationskoeffizienten (VK) und Spitzenabweichungen (SA)

VK	Beurteilung	SA	Beurteilung
unter 10 %	sehr gut	unter 15 %	sehr gut
10 - 15 %	gut	15 - 20 %	gut
15 - 20 %	befriedigend	20 - 25 %	befriedigend
über 20 %	ungenügend	25 - 30 %	knapp genügend
		über 30 %	ungenügend

die Verteileigenschaften. Zur Beurteilung der Verteilgenauigkeit ist jedoch die Gesamtverteilung nach Berücksichtigung der Ueberlappung erforderlich. Dabei geht man davon aus, dass auf dem Feld hin und her gefahren wird und sich die Verteilkurven im richtigen Abstand überlappen. Aus dieser Gesamtverteilung lassen sich der Variationskoeffizient (VK), d.h. die durchschnittliche Abweichung der Einzelmesswerte vom Mittelwert, und die Spitzenabweichung (SA) berechnen. Beide Kennzahlen werden in Prozent angegeben und bringen Ungleichmässigkeiten in der Querverteilung gut zum Ausdruck. Je kleiner die Werte, desto besser ist die Verteilgenauigkeit. Die ermittelten statistischen Werte wurden nach der Einteilung in **Tabelle 3** klassiert.

Ergebnisse

Schwenkverteiler mit grossen Arbeitsbreiten

Die effektiven Arbeitsbreiten (unter Berücksichtigung der Ueberlappung) betragen bei den Pralltellern 8–11 m, bei den Schwenkverteilern je nach Einstellung 15–20 m, bei hoher Pumpenleistung bis 25 m.

Verteilbilder mit unterschiedlicher Auswirkung

Zwischen den Verteilsystemen ergaben sich markante Unterschiede. Weniger deutlich sind diese zwischen den Fabrikaten mit gleichem Verteilsystem. **Abbildung 6** zeigt schematisch die Verteilbilder der einzelnen Verteilsysteme.

Für die **Prallteller** charakteristisch sind Verteilbilder mit aussen steil abfallenden Flanken mit zwei mehr oder weniger deutlich ausgeprägten Höckern in den äusseren Zonen. Dafür gibt es zwei mögliche Ursachen:

– Der Prallteller verteilt die Gülle auf einer halbkreisförmigen Fläche (**Abb. 7**). In den Aussenzonen ist die Verteilstrecke auf einer bestimmten Breite im Vergleich zur Mitte bedeutend länger. Dadurch erklärt sich, dass gegen die äusseren Ränder deutlich grössere Gülmengen auf den Boden gelangen als in der Mitte hinter dem Verteiler, was die Bildung von Höckern im Verteilbild zur Folge hat. Bestätigt wird diese Hy-

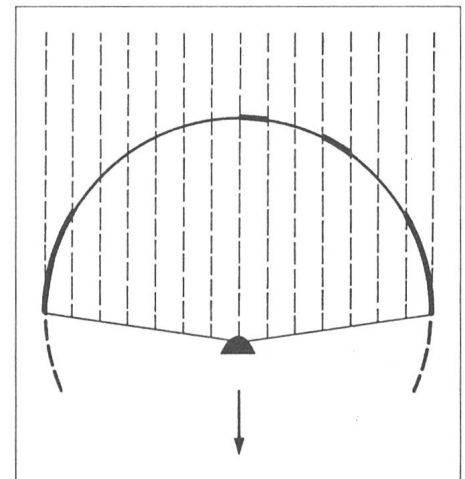


Abb.7: Schematisches Verteilbild eines Pralltellers aus der Vogelperspektive.

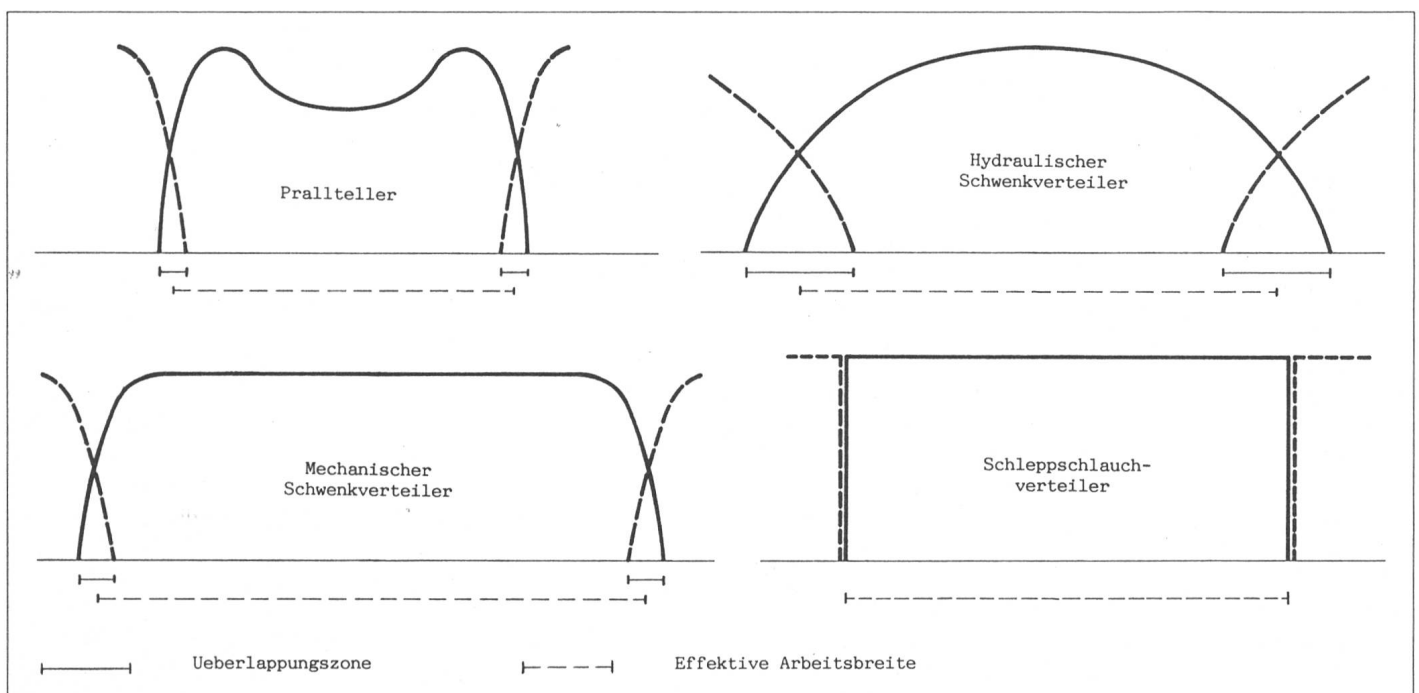


Abb. 6: Schematische Verteilbilder in Abhängigkeit vom Verteilsystem.

pothese dadurch, dass die Verteilgeräte mit grossem Winkel im Streubild (180° und mehr) starke Höcker (Küng-Kombi), solche mit kleinerem Winkel weniger ausgeprägte Höcker (Simplex-Kombi) aufweisen.

– Das Verteilorgan ist so geformt, dass der auf das Prallblech oder den Teller auftreffende Güllestrahl nicht exakt geteilt wird und demzufolge in der Mitte weniger Gülle verteilt wird.

Weiter hat sich gezeigt, dass bei den Pralltellern aus Stahlblech bereits eine leichte Deformierung oder ein Schweisstropfen auf dem Prallblech die Verteileigenschaften erheblich beeinflussen können.

Die **mechanischen Schwenkverteiler** ergaben recht ausgeglichene Verteilbilder. Typisch sind die gegen aussen steil abfallenden Flanken und die auch bei symmetrischer Verteilung nicht immer ausgeglichenen Verteilmengen zwischen linker und rechter Seite. Beide Erscheinungen stehen mit dem mechanischen Antrieb in Zusammenhang: Bei horizontaler Lage der Pleuelstange verharrt die Schwenkdüse zu lange in der gleichen Stellung ("toter Punkt"), wodurch im äusseren Bereich zuviel Gülle auf den Boden gelangt. Bei sehr flacher Düsenstellung entstehen auf beiden Seiten leichte Höcker.

Mit den **hydraulischen Schwenkverteilern** resultierten nahezu optimale Verteilbilder mit gleichmässigen und gegen aussen flach abfallenden Verteilflanken. Der Unterschied zu den mechanischen Schwenkverteilern ist systembedingt und rührt daher, dass die Schwenkdüse durch den Hydraulikzylinder schneller zurückgeschlagen wird, wodurch in den Aussenzonen im Vergleich zur Mitte weniger Gülle zu Boden fällt.

Um eine möglichst ausgeglichene Gülleverteilung auf dem Feld zu erhalten, muss mit Pralltellern und mechanischen Schwenkverteilern, da die Kurven steil abfallen, nur wenig überlappt werden (1-1,5 m auf jeder Seite), im Gegensatz zu den hydraulischen Schwenkverteilern, mit denen aufgrund der flach abfallenden Flanken eine Überlappungszone von 2-4 m auf jeder Seite einzuhalten ist (**Abb. 6**).

Nach aussen flach abfallende Verteilbilder sind jenen mit steilen Flanken vorzuziehen, weil diese eine grössere Überlappungstoleranz aufweisen und sich dadurch Fehler im Anschluss-Fah-

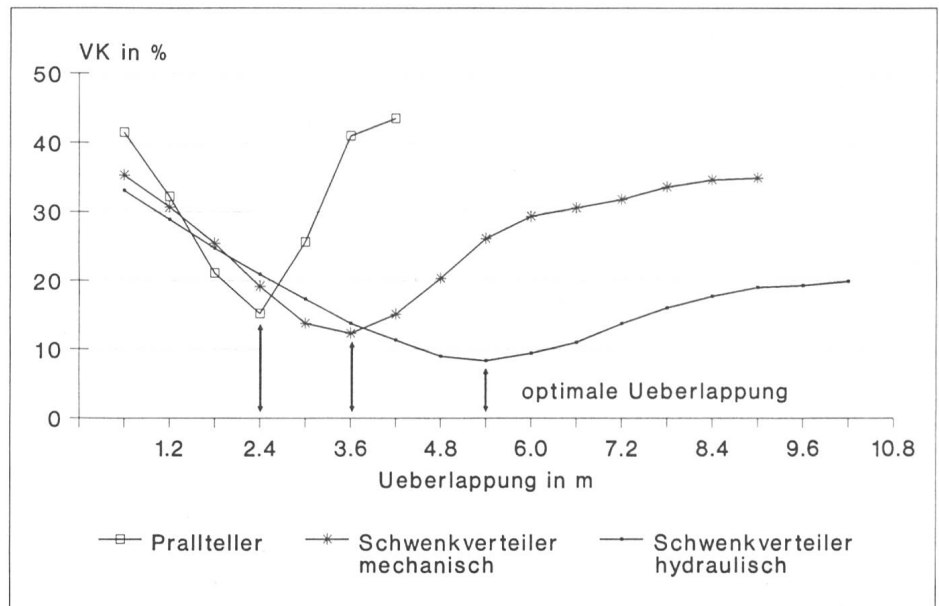


Abb. 8: Veränderung der Verteilgenauigkeit (VK = Variationskoeffizient in %) in Abhängigkeit der Überlappungsbreite bei verschiedenen Verteilsystemen.

ren weniger stark auswirken. **Abbildung 8** verdeutlicht die unterschiedliche Überlappungstoleranz verschiedener Verteilsysteme anhand von drei typischen Beispielen. Mit mechanischen Schwenkverteilern, insbesondere aber mit Pralltellern wird die Verteilgenauigkeit rasch sehr schlecht, wenn sich die Verteilkurven zu wenig oder zu stark überlappen. Mit hydraulischen Schwenkverteilern dagegen bleibt der Variationskoeffizient in einem relativ weiten Toleranzbereich tief, haben demnach Ungenauigkeiten beim Hin- und Herfahren auf dem Feld weniger gravierende Auswirkungen. Bei den **Schleppschlauchverteilern** entspricht die Verteilbreite der effektiven Arbeitsbreite, da mit diesem System nicht zu überlappen ist (**Abb. 6**). Eine hohe Verteilpräzision ist allerdings nur gewährt, wenn auf dem Feld im genau richtigen Abstand Anschluss gefahren wird.

Prallteller mit mässiger Verteilgenauigkeit

Abbildung 9 gibt eine Zusammenstellung der Ergebnisse, die aus den Messungen mit Pralltellern und Schwenkverteilern resultierten. Die Variationskoeffizienten aller ausgewerteten Durchgänge liegen bei den hydraulischen Schwenkverteilern im Durchschnitt bei 10%, bei den mechanischen bei 13% und bei den Pralltellern bei

20%. Die Resultate bestätigen, dass mit Schwenkverteilern, sofern im richtigen Abstand überlappt wird, eine bessere Verteilgenauigkeit erzielt wird als mit Pralltellern, bei welchen sich die Ungleichmässigkeiten im Verteilbild auch auf die Verteilgüte auswirken. Die beste Verteilgenauigkeit ergaben die Schleppschläuche. Die Variationskoeffizienten liegen deutlich unter 10%, auffallend sind im besonderen die tiefen Spitzenabweichungen (knapp unter 10%).

Symmetrieprobleme bei den Schwenkverteilern

Bei den Pralltellern ist die Links-/Rechtsverteilung in der Regel ausgeglichen. Die Schwenkverteiler dagegen zeigten häufig asymmetrische Verteilbilder, die auf die seitliche vertikale Anbringung der Federklappen in den Düsen zurückzuführen ist (**Abb. 10**). Die Richtung des Güllestrahls ist bei seitlichem Austritt nicht parallel zum Düsenrohr, sondern zur Mitte hin abgelenkt. Je nach Wurfweite der Gülle und Einstellung des Verteilers ist es möglich, dass trotz des seitlichen Austritts symmetrisch verteilt wird. Nach Änderung der Arbeitsbreite stimmt dann aber die Symmetrie nicht mehr. Dieser Fehler konnte an den meisten Geräten (Ausnahmen: Küng mechanisch und Blitz-Automat) durch horizontales Verschieben des Verteilmechanismus auf

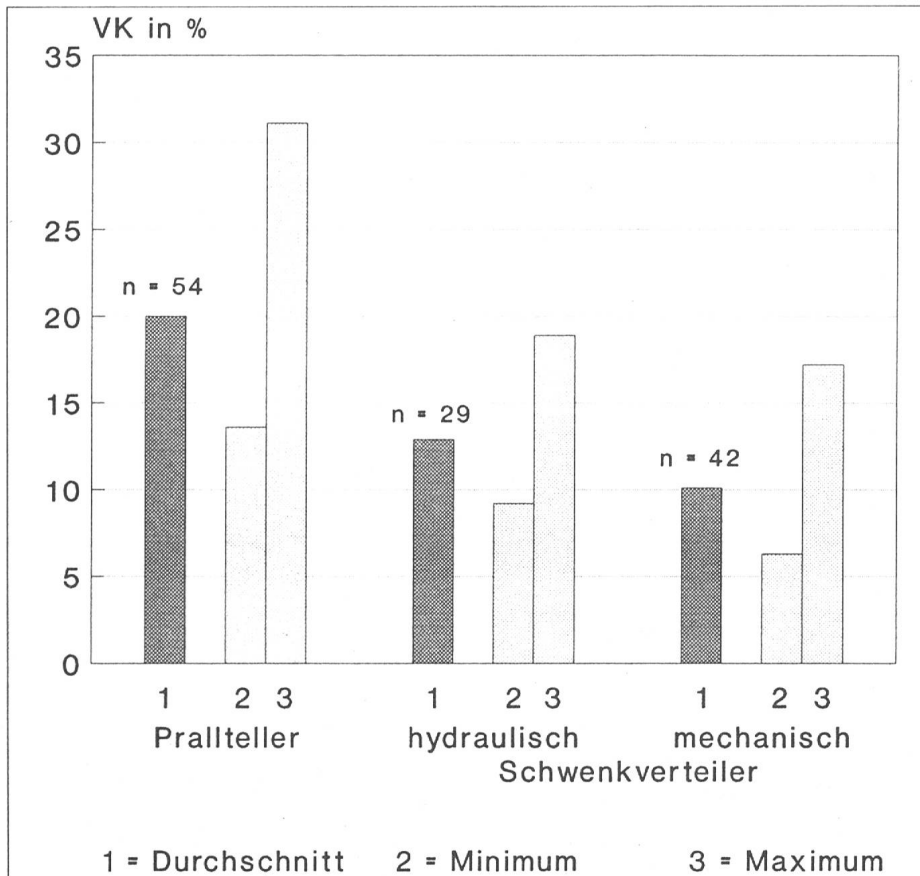


Abb. 9: Variationskoeffizient als Mass für die Verteilgenauigkeit in Funktion vom Verteilsystem. Durchschnitt aus 125 Messungen.

dem Hydraulikbock auskorrigiert werden. Zur Lösung des Symmetrieproblems müsste die Konstruktion geändert werden.

Das Symmetrieproblem hat für die Praxis unterschiedliche Bedeutung: Beim Einsatz auf Wiesen lässt sich Asymmetrie durch entsprechendes Anschluss-Fahren ausgleichen. Für die Kopfdüngung im Ackerbau mit vorgegebenen Fahrgassen kann jedoch eine ungleichseitige Verteilung nicht toleriert werden.

Unterschiedliche Windanfälligkeit

Der Einfluss des Windes auf die Verteilgenauigkeit steht in engem Zusammenhang mit der Verteilart und der Tropfengrösse der Gülle. Die Prallteller zeigten, bedingt durch die feintropfige Verteilung der Gülle, eine stärkere Windempfindlichkeit als die Schwenkverteiler, bei denen der aus der Düse austretende Güllestrahl auch nach einer Wurfedistanz von 10 m noch recht kompakt ist und erst bei stärkerem Wind verfrachtet wird.

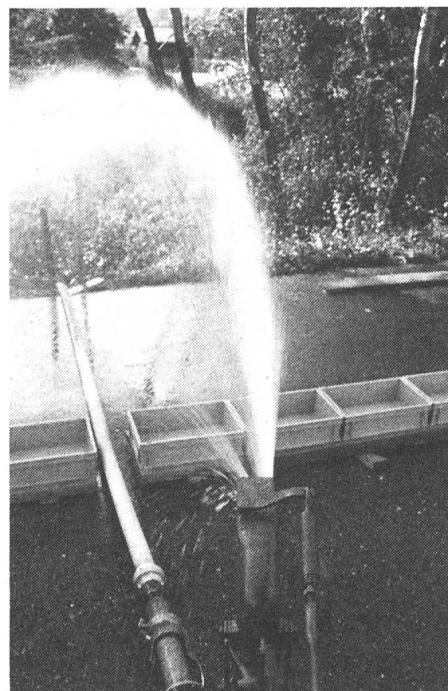


Abb. 10: Asymmetrische Verteilung beim Schwenkverteiler: Durch den seitlichen Austritt des Strahls entstehen im Extremfall Abweichungen in der Verteilbreite von bis zu 5 m Unterschied zwischen linker und rechter Seite.

In dieser Beziehung hebt sich das Schleppschlauchsystem deutlich von den Verteilern mit oberflächlicher Ausbringung ab. Die Gülle kann auch bei sehr ungünstigen Windverhältnissen ausgebracht werden, ohne dass die Verteilgenauigkeit beeinträchtigt wird. Mit Pralltellern und Schwenkverteilern ist eine befriedigende Güllevertei lung nur bei wenig Wind möglich.

Optimale Geräteeinstellung problematisch

Tabelle 4 gibt eine Übersicht der Einstellmöglichkeiten an den Kombiverteilern.

Änderungen in der Geräteeinstellung wirken sich bei den Kombiverteilern wie folgt aus:

Anbauhöhe: Durch Höherstellen des Verteilers kann geringfügig an Arbeitsbreite gewonnen werden, ohne dass die Verteilgenauigkeit wesentlich beeinflusst wird.

Neigung des Pralltellers bzw. des Hydraulikbocks: Die Höcker im Verteilbild fallen etwas weniger deutlich aus, wenn der Hydraulikbock nicht horizontal, sondern gegen den Traktor leicht abwärts geneigt ist.

Neigung der Schwenkdüse: Eine stärker aufwärts gerichtete Düse bewirkt eine grössere Wurfweite bzw. Arbeitsbreite. Bei den mechanischen Schwenkverteilern wird mit der gleichen Massnahme die Verteilung verbessert, indem in der Mitte mehr Gülle zu Boden fällt.

Stellung der Federklappe: Eine starke Klappenspannung führt zu einer grösseren Wurfweite bzw. Arbeitsbreite und bei den Jovo-Verteilern zudem zu feineren Tropfen.

Frequenz der Schwenkbewegungen: Bei zu geringer Schwenkfrequenz kann die Längsverteilung beeinträchtigt werden. Vor allem bei kleinen Ausbringungsmengen mit relativ hoher Fahrgeschwindigkeit ist eine genügend hohe Schwenkfrequenz erforderlich, damit ein mehrmaliges Überstreichen der gleichen Flächen gewährleistet ist.

Schwenkwinkel: Der Schwenkbereich beeinflusst nicht nur die Arbeitsbreite, sondern auch die Verteilgenauigkeit: Bei zu grossem Schwenkwinkel wird diese schlechter, weil in den Aussen zonen zu hohe Güllemengen ausgebracht werden.

Tab. 4: Einstellmöglichkeiten an Prallteller- und Schwenkverteilern

Einstellmöglichkeit	Anbauhöhe	Neigung Hydraulikbock	Neigung Prallteller	Spannung Federklappe	Grösse Gummidüse	Stellung Schwenkdüse	Schwenkfrequenz	Schwenkwinkel	Verteilsymmetrie
Verteilsystem									
Kunststoff-Prallteller	x	x	x	x					
Uebrige Prallteller	x	x	x		x				
Mechan. Schwenkverteiler	x	x		x		x	x	x ¹⁾	
Hydraul. Schwenkverteiler	x	x		x		x	x	x ²⁾	x
Handverteiler	x	x		x		x			

1) Nicht möglich mit "Küng mechanisch"

2) Nicht möglich mit "Blitz AH-2000"

Daraus ableitend ergeben sich die folgenden Einstellungsempfehlungen:

Prallteller:

- Anbauhöhe: möglichst tief, Bock ca. 20 cm über Boden.
- Neigung des Pralltellers: hinten leicht erhöht.
- Federklappenstellung bzw. Wahl der Gummidüse: Spannung bzw. Druck der Pumpenleistung so anpassen, dass Tropfen genügend gross sind (gewitterregenartiger Niederschlag).

Schwenkverteiler:

- Neigung der Schwenkdüse: leicht aufwärts gerichtet. Bei mechanischen Schwenkverteilern Düse eher steiler stellen.

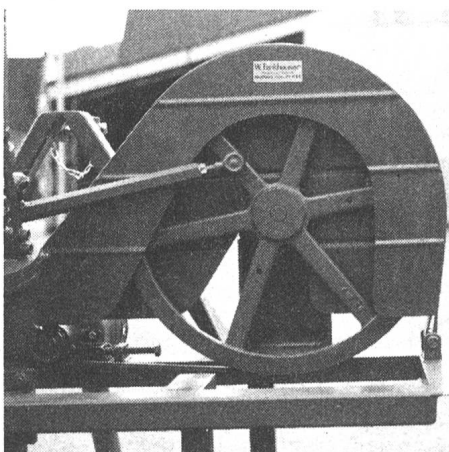


Abb.11: Beim Keilriemenantrieb ermöglichen verschiedene Positionen in den Speichen des Antriebsrades die Verstellung des Schwenkbereiches bzw. der Arbeitsbreite.

- Federklappenstellung: Spannung nicht zu hoch; dem Druck und der Fördermenge anpassen.
- Schwenkfrequenz: ca. 12-16 Schläge pro Minute. Bei Fahrgeschwindigkeiten über 1 km/h höhere Frequenz einstellen.
- Schwenkbereich: optimaler Winkel = 120°, nicht über 140°.

Die Schwenkverteiler, im speziellen die hydraulischen, verfügen grundsätzlich über mehr Einstellmöglichkeiten als die Prallteller (Tab.4). Die exakte Einstellung einer bestimmten Arbeitsbreite ist jedoch bei fast allen Geräten nicht einfach zu verwirklichen. Problematisch ist im weiteren, dass jede Änderung zur Verstellung der Arbeitsbreite immer auch eine Beeinflussung der Verteilgenauigkeit mit sich bringt. Die häufig stark schwankenden Drücke und Fördermengen, wie sie für die Verschlauchung typisch sind, wirken sich in dieser Beziehung zusätzlich erschwerend aus.

Mit den **Schleppschlauchverteilern** ist eine präzise Quer- und Längsverteilung gewährleistet, sofern eine gleichmässige Rotordrehzahl und Fahrgeschwindigkeit sowie ein exaktes Anschluss-Fahren eingehalten werden. Durch die Zwangsförderung des Rotors hat selbst ein Schrägstellen des Verteilerkopfes keinen Einfluss auf die Gülförderung, so dass die Gülle auch am Hang exakt verteilt wird.

Erkenntnisse aus dem Praxiseinsatz

Kombiverteiler

Die Schwenkverteiler eignen sich dank den **grossen Arbeitsbreiten** vor allem auf grossflächigen, offenen Parzellen und in stark coupiertem Gelände mit schwer zugänglichen Stellen. Sie ermöglichen eine hohe Flächenleistung mit wenig Überfahrten pro Fläche. Die grossen Wurfweiten bringen aber auch Nachteile mit sich:

- Bei geringer Fördermenge sind kleine Fahrgeschwindigkeiten von unter 1 km/h erforderlich, die nicht mit allen Traktoren realisierbar sind.
- Beim Güllen in hohen Beständen (Ackerbau) besteht die Gefahr, dass die Pflanzen durch die Wucht des Güllestrahls umgedrückt werden. Besonders gross ist diese bei den Küng-Verteilern, weil die Düsendurchmesser im Vergleich zu den anderen Schwenkverteilern wesentlich kleiner sind.
- Die im Vergleich zum Pralltellersystem längere Verweildauer der Gülle und die grösseren Drücke verursachen möglicherweise etwas höhere gasförmige N-Verluste.

Auf kleinen, schmalen und unförmigen Flächen sind die Prallteller-Verteiler dank der kleinen Arbeitsbreite eher besser geeignet, ebenso für das Begüllen von Feldrändern, da sie gegen den Rand hin eine "klare Linie" hinterlassen (steil abfallende Flanken). Für die Praxis von Bedeutung ist im weiteren die **Konstruktionsart der Federklappe** in den Schwenkdüsen. Mit Ausnahme der Jovo-Verteiler, für welche durch die Konstruktionsart des Pralltellers nur waagrechte Klappen in Frage kommen, sind die Schwenkdüsen aller übrigen Geräte mit senkrechten Klappen versehen. Die senkrechte Klappe ist der waagrecht vorzuziehen, weil bei dieser der Güllestrahl so auf den Boden trifft, dass bei genügend hoher Schwenkfrequenz die gleiche Fläche mehrmals überstrichen wird (Abb. 12, Bild links). Bei waagrecht Klappenkonstruktion ist der Güllestrahl in die Breite gezogen, was vor allem bei relativ hoher Fahrgeschwindigkeit (kleine Güllegaben) und geringer Schwenkfrequenz unbegüllte Flächen zur Folge hat (Bild rechts). Bei Handverteilung hat

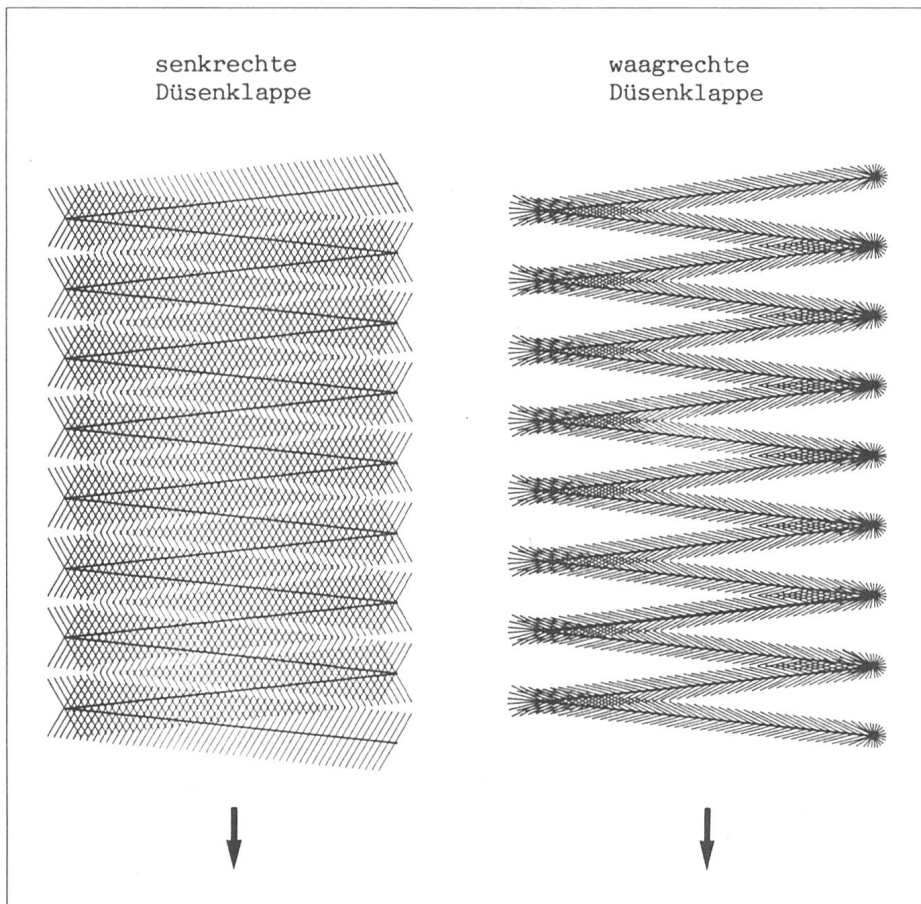


Abb. 12: Verteilbild aus der Vogelperspektive bei senkrechter und waagrechter Düsenklappe.

die senkrechte Klappe den weiteren Vorteil, dass mit der Schwenkdüse besser gezielt werden kann. Nachteilig sind dagegen die durch den seitlichen Güllenaustritt verursachten Probleme der ungleichseitigen Verteilung (vgl. "Symmetrieprobleme").

Das Umschalten von automatischer auf **Handverteilung** ist bei allen Verteilgeräten, ausgenommen beim Meier-Perfekt, problemlos möglich, ohne dass der Güllstrom oder der Antrieb unterbrochen werden muss. Die Bedienung des Handverteilers vom Fahrersitz aus ist nicht bei allen Geräten gleich gut möglich. Will man die Gülle einigermaßen gleichmässig verteilen, ist eine zweite Bedienungsperson in jedem Fall vorteilhaft. Die Arbeit wird für diese erleichtert und auch sicherer, wenn zusätzlich ein Trittbrett vorhanden ist.

Wartungsaufwand und Reparaturanfälligkeit sind allgemein gering, bei den Schwenkverteilern aufgrund des Antriebsmechanismus vermutlich etwas grösser als bei den Pralltellern. Da letztere keine bewegten Teile haben,

dürfte auch der Verschleiss etwas geringer sein. Bei den KÜNG-Verteilern vorteilhaft ist die mechanische Abstützung des Einlaufrohrs, wodurch die nach unten gerichteten Zugkräfte besser abgefangen werden.

Schleppschlauchverteiler

Die Schleppschlauchverteiler besitzen gegenüber den Kombi-Verteilern verschiedene Vorteile:

- Hohe Verteilqualität, welche im besten Fall mit hydraulischen Schwenk-Verteilern und nur bei optimaler Überlappung erreicht werden kann.
- Konstante Arbeitsbreite ohne Überlappungsprobleme; fahrgassentauglich.
- Bodennahe, pflanzenschonende Ausbringung ohne Windbeeinflussung.
- Weniger Pflanzenschmutzungen, da die Gülle nicht breitflächig, sondern in schmalen Streifen ausgebracht wird.
- Eventuell reduzierte Geruchs- und Ammoniakemissionen.

Probleme mit **Verstopfungen** in den Schlaucheingängen gibt es bei den bei uns üblichen Gülle-TS-Gehalten von unter 5% kaum, doch bei Gülle mit hohem Fasergehalt kann die Verteilgenauigkeit beeinträchtigt werden (**Abb. 14**). Für Stroh ist der Schneideffekt bei beiden Geräten gut, für zähes Material wie z.B. Heu jedoch nicht genügend. Zur Vermeidung von Verstopfungen muss beim Vogelsang-Verteiler der Rotor relativ häufig zurückgeschaltet werden. Wichtig ist zudem, dass die Spannung zwischen Rotor und Lochscheibe genügend hoch ist. Beim E+H-Verteiler müssen die Messer von Zeit zu Zeit nachgestellt und geschliffen werden.

Da der Rotor hydraulisch angetrieben wird, ist eine gleichmässige Güllförderung nicht immer sichergestellt. Am Traktor ist eine Ölfördermenge von ca. 40 l/min erforderlich. Die Motordrehzahl muss genügend hoch sein, damit die Drehzahl des Rotors mindestens 200 U/min beträgt.

Die Anforderungen im **Umgang** mit Schleppschlauchverteilern sind relativ hoch. Auch der **Wartungsaufwand** ist, bedingt durch das Reinigen nach jedem Gülleneinsatz, grösser. Das hin und wieder notwendige Öffnen des Deckels am Rotorkopf ist besonders beim Vogelsang-Gerät relativ mühsam. Beim Güllen auf Wiesen ist das **exakte Anschluss-Fahren**, ähnlich wie bei Pneumatikstreuern, problematisch, so dass eine gleichmässige Güllverteilung übers ganze Feld nicht ganz einfach zu realisieren ist. Die Manövrierbarkeit ist besonders in coupiertem Gelände erschwert. Durch die hohe Schwerpunktlage des Verteilerkopfes ist die **Hangtauglichkeit** reduziert, auch wenn das Gesamtgewicht nur ca. 600 kg beträgt. Nachteilig ist auch das Nachtropfen der Gülle nach dem Abschalten der Pumpe.

Lösungsansätze für technische Verbesserungen

Zur Verbesserung der **Verteilgenauigkeit der Prallteller** sollte die Konstruktion des Verteilorgans verbessert werden, damit die Höcker im Verteilbild verschwinden. Dazu muss einerseits der Teller so geformt sein, dass in der Mitte gegenüber aussen mehr Gülle anfällt und andererseits die Gülle nicht auf einer halbkreisförmigen Fläche, son-

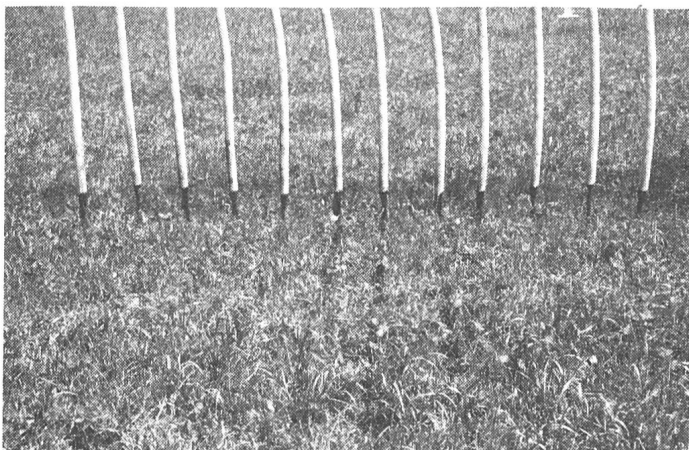


Abb.13: Durch die streifenförmige Güllenausbringung entstehen weniger Blattverschmutzungen. Besonders zum Tragen kommt dieser Vorteil bei ausbleibenden Niederschlägen und in hohen Beständen.

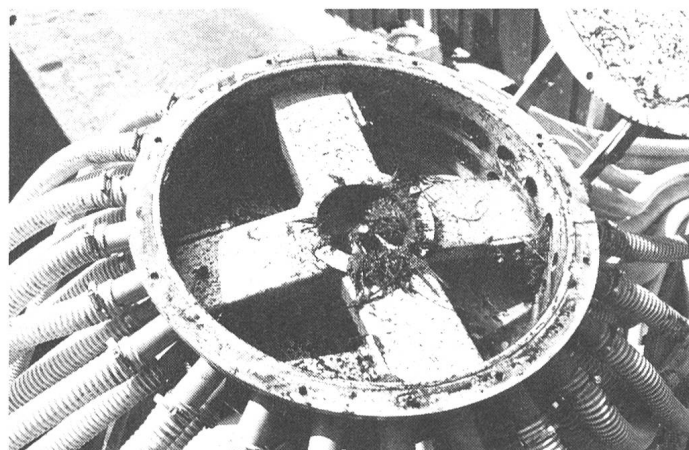


Abb.14: Blick in den geöffneten Rotorkopf (E+H). Die Verteilgenauigkeit beim Schleppschlauchverteiler wird beeinträchtigt, wenn zähes Material wie Heu, Langstroh oder Holzbestandteile nicht zerschnitten wird und sich in den Öffnungen festsetzt.

dern nur innerhalb eines Winkels von ca. 140° verteilt wird.

Bei den **Schwenkverteilern mit Zapfwellenantrieb** kann die Querverteilung nur durch Beseitigung des "toten Punktes" bei horizontaler Stellung der Antriebsstange verbessert werden. Beim Kettenantrieb (Küng mechanisch) wäre dies möglich, indem das untere und obere Zahnritzel grösser dimensioniert würden als die beiden seitlichen.

Das Problem der **asymmetrischen Verteilung** bei den Schwenkverteilern könnte über zwei zur Mitte schliessende Klappen mit gleicher Federspannung behoben werden. Dadurch würde der Vorteil der vertikalen Klappenkonstruktion beibehalten.

Bei den **hydraulischen Schwenkverteilern** müsste der Hydraulikzylinder so konstruiert sein, dass der Ausschlag der Schwenkdüse reguliert werden kann. Dadurch liesse sich das exakte Einstellen der Arbeitsbreite sowie das problemlose Begüllen von Feldrändern besser realisieren.

Welches Verteilsystem für welchen Zweck ?

Neben den bereits diskutierten Vor- und Nachteilen der verschiedenen Systeme sind für die Wahl eines Verteilautomaten nicht zuletzt auch die betrieblichen Bedingungen zu berücksichtigen. Bei ausschliesslicher Güllerverwendung im Futterbau haben die Prallteller trotz mässiger Verteilqualität nach wie vor ihre Berechtigung. Da auf Wiesen in der Regel mehrmals jährlich gegüllt und nie am genau gleichen Ort durchgefahren wird, dürften sich Unregelmässigkeiten in der Nährstoffverteilung übers ganze Jahr wieder ausgleichen. Kommt die Gülle zusätzlich im Ackerbau zum Einsatz, sind Schwenkverteiler, insbesondere die hydraulischen, den Pralltellern vorzuziehen, weil diese nicht nur breiter und exakter verteilen, sondern auch über mehr Einstellmöglichkeiten verfügen. Die Prallteller können allenfalls im Mais, der bezüglich N-Verteilung weniger anspruchsvoll ist, empfohlen werden. Für die Kopfdüngung in Getreide oder Raps sind Schleppschlauchverteiler am besten geeignet. Deren Verwendung kann zudem dort interessant sein, wo geruchsintensive Gülle oder Klärschlamm in besiedeltem Gebiet ausgebracht werden muss. Der hohe Anschaffungspreis ruft jedoch nach einer genügend hohen Auslastung, so dass Schleppschlauchverteiler nur auf grossflächigen Betrieben oder bei ge-

meinsamer Benützung interessant sein dürften. Neben dem Preis kann auch der für die Verschlauchung zur Verfügung stehende Traktor massgebend sein, indem z.B. aufgrund fehlender Hydraulikanschlüsse nur mechanische Schwenkverteiler oder Prallteller in Frage kommen.

Unfallverhütung

Die angemeldeten Verteiler wurden von der **Beratungsstelle für Unfallverhütung (BUL)** auf Unfallsicherheit und Strassenverkehrsausrüstung untersucht. Folgende Punkte wurden beanstandet:

- Ungenügende **Standicherheit** bei mehreren Geräten, insbesondere bei den Schleppschlauchverteilern, wenn die Ausleger nicht eingeklappt sind.
- Nicht ausreichende **Schutzvorrichtungen** an der Gelenkwelle und am Keilriemen- bzw. Kettenantriebssystem sowie an der Antriebsscheibe (Hydro-Super-Kombi G 89).
- Zu kleine **Sicherheitsabstände** an den Hydraulikzylindern.
- Gefahr von **Quetschstellen** beim Betätigen der Bedienungshebel.
- Ein **Drehstück** sollte, unabhängig vom Kupplungssystem, an jedem Verteiler vorhanden sein.
- Fehlende **Betriebsanleitung** mit Angaben zur Unfallsicherheit.

Signalisierung: Verschlauchungsautomaten müssen wie alle übrigen Anbaugeräte mit Rückstrahlern versehen sein. Seitlich vorstehende Teile sind mit schwarz/gelb oder rot/weiss gestreiften Markiertafeln auszurüsten. Schlusslichter sind empfohlen, wenn die Lichter am Traktor durch das Anbaugerät verdeckt werden.

Strassentransport Schleppschlauchverteiler: Bei einer Arbeitsbreite von 12 m wird der maximal erlaubte **hintere Überhang von 5 m** ab Traktor-Hinterachse deutlich überschritten, sofern die Ausleger nach hinten geklappt werden (Vogelsang). Einklappen nach vorne ist aus Sicherheitsgründen die bessere Lösung (**Abb. 15**). Damit die Lenkbarkeit nicht beeinträchtigt wird, wäre ein vorne am Traktor befestigter Rahmen zum Abstützen der Schwenkarme vorteilhaft.

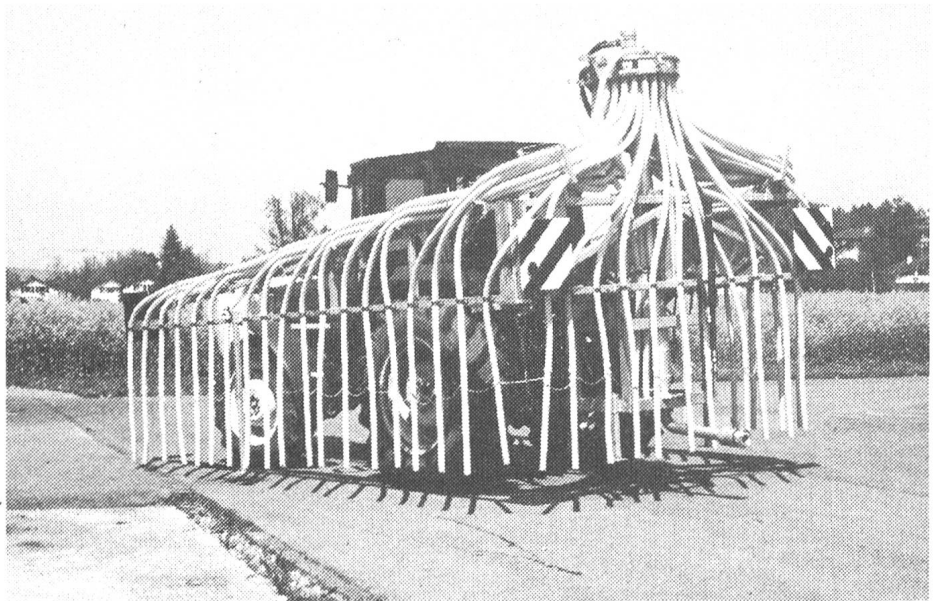


Abb. 15: Da Schleppschlauchverteiler in der Regel überbetrieblich eingesetzt werden, ist eine einwandfreie Signalisierung besonders wichtig. Ein sicherer Transport ist nur mit nach vorne geklappten Auslegern gewährt.

Allfällige Anfragen über das behandelte Thema, sowie auch über andere landtechnische Probleme, sind an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten. Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei der FAT (8356 Tänikon) angefordert werden (Tel. 052 62 32 62).

ZH Kramer Eugen, Landw. Schule Weinland,
8408 Wülflingen, Telefon 052 25 31 24

BE Jutzeler Martin, Bergbauernschule Hondrich,
3702 Hondrich, Telefon 033 54 11 67
Hügi Kurt, Landw. Schule Seeland,
3232 Ins, Telefon 032 83 32 32
Oppliger Fritz, Landw. Schule Waldhof,
4900 Langental Telefon 063 22 30 33
Marthaler Hansueli, Landw. Schule Langnau,
3552 Bärau, Telefon 035 2 42 66
Marti Fritz, Landw. Schule Rütli,
3052 Zollikofen, Telefon 031 57 31 41
Hofmann Hans Ueli, Landw. Schule Schwand,
3110 Münsingen, Telefon 031 721 07 44

LU Moser Anton, Landw. Schule Schüpfheim,
6170 Schüpfheim, Telefon 041 76 15 91
Marti Pius Landw. Schule Willisau,
6130 Willisau, Telefon 045 81 38 01
Wandeler Erwin, Bühlstrasse,
6207 Nottwil, Telefon 045 54 14 03
Widmer Norbert, Landw. Schule Hohenrain,
6276 Hohenrain, Telefon 041 88 20 22

UR Zurfluh Hans, Hochweg,
6468 Attinghausen, Telefon 044 2 15 36

SZ Landoldt Hugo, Landw. Schule Pfäffikon,
8808 Pfäffikon, Telefon 055 47 33 44

OW Müller Erwin, Landw. Schule Obwalden,
6074 Giswil, Telefon 041 68 16 16

NW Muri Josef, Kreuzstrasse,
6370 Stans, Telefon 041 63 75 60

ZG Müller Alfons, Landw. Schule Schluechthof,
6330 Cham, Telefon 042 36 46 46

FR Krebs Hans, Landw. Schule Grangeneuve,
1725 Posieux, Telefon 037 41 21 61

SO Meister Ruedi, Hauptstrasse 39,
4571 Lüterkofen, Telefon 065 47 21 14

BL Ziörjen Fritz, Landw. Schule Ebenrain,
4450 Sissach, Telefon 061 98 21 21

SH Kant. landw. Bildungszentrum Charlottenfels,
8212 Neuhausen, Telefon 053 22 33 21

AI Koller Lorenz, Marktgasse 10,
9050 Appenzell, Telefon 071 87 13 73

AR Hohl Rudolf, Werdeweg 10,
9053 Teufon, Telefon 071 33 26 33

SG Haltiner Ulrich, Landw. Schule Rheinhof,
9465 Salez, Telefon 085 7 58 88
Steiner Gallus, Landw. Schule Flawil,
9230 Flawil, Telefon 071 83 51 31

GR Stoffel Werner, Grabenstrasse 1,
7000 Chur, Telefon 081 21 24 06

AG Müri Paul, Landw. Schule Liebegg,
5722 Gränichen, Telefon 064 31 52 52

TG Monhart Viktor, Landw. Schule Arenenberg,
8268 Mannenbach, Telefon 072 64 22 44

TI Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola,
6501 Bellinzona, Telefon 092 24 35 53

Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Maschinenberatung, 8315 Lindau, Telefon 052 33 19 21

FAT-Berichte erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 50.-.