



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 ausklinkbaren 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 Zahn-



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 6280 Hochdorf	Jovo 82	P	-		101/83/208	50	1'994.-
	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

5) Mit Pritsche anstelle Hydraulikbock

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

4) Inkl. Drehstück mit Storzanschluss

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.

Darstellung der Ergebnisse (Typenblätter)

Auf den Typenblättern sind die Messergebnisse für die einzelnen Geräte dargestellt. Sie zeigen einerseits die auf dem Prüfstand ermittelte Verteilkurve (links), andererseits das Verteilbild bei optimaler Ueberlappung (rechts). Die linke Seite in den Grafiken entspricht der linken Verteilseite in der Fahrrichtung. Bei der Verteilkurve wurden die Werte auf der y-Achse auf m³/ha, beim Säulendiagramm auf Prozent des Mittelwertes umgerechnet. Links unten stehen die Angaben zur Einstellung, mit welcher das Messergebnis erzielt wurde, rechts unten die statistischen Kennwerte der Verteilgenauigkeit. Da sich die Messungen nicht exakt wiederholen liessen, wählte man jene mit den besten statistischen Kennwerten aus, sofern die Abweichungen im Verteilbild im tolerierbaren Rahmen blieben. Dabei war nicht von Bedeutung,

ob das Ergebnis mit Wasser oder mit Gülle erzielt wurde.

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:

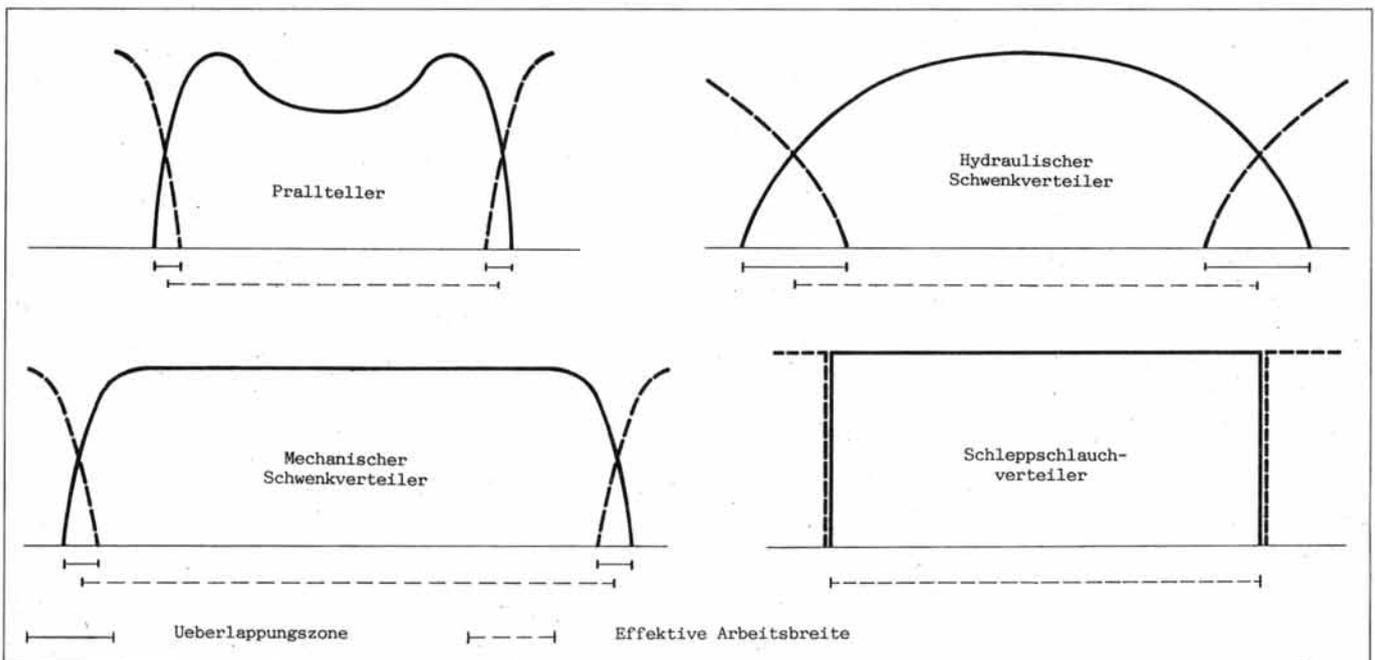


Abb. 6: Schematische Verteilbilder in Abhängigkeit vom Verteilsystem.

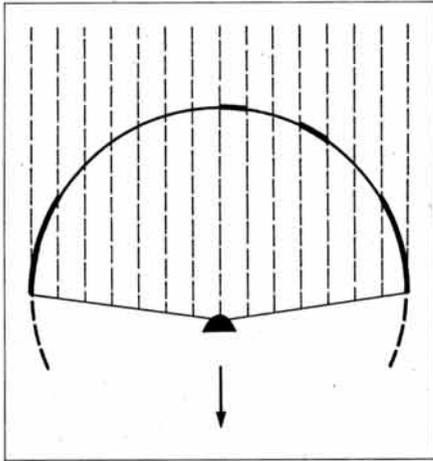


Abb. 7: Schematisches Verteilbild eines Pralltellers aus der Vogelperspektive.

– 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 Güllmengen auf den Boden gelangen als in der Mitte hinter dem Verteiler, was die Bildung von Höckern im Verteilbild zur Folge hat. Bestätigt wird diese Hypothese 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 verhardt die Schwenkdüse zu lange in der gleichen Stellung ("toter Punkt"), wodurch im äusseren Bereich zuviel Gülle auf den Boden gelangt. Bei sehr flacher

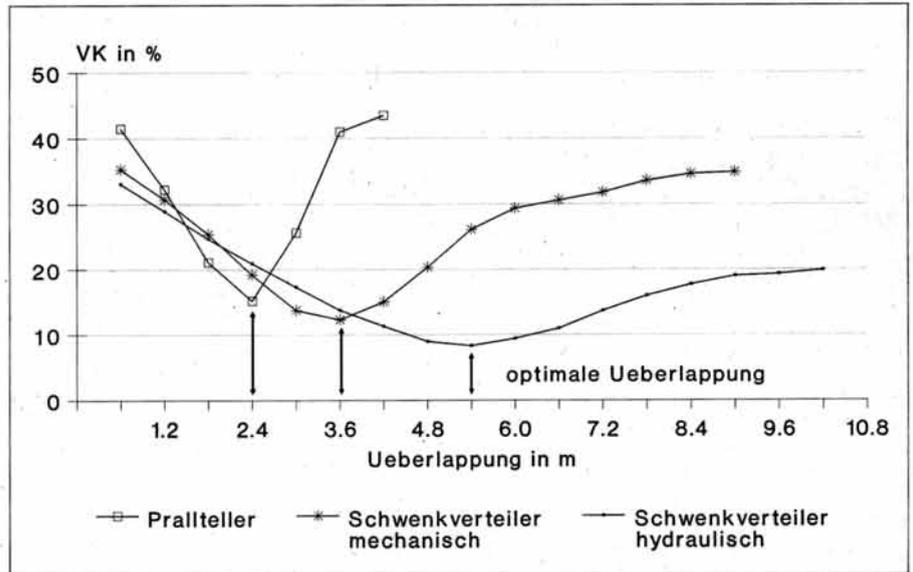


Abb. 8: Veränderung der Verteilgenauigkeit (VK = Variationskoeffizient in %) in Abhängigkeit der Überlappungsbreite bei verschiedenen Verteilsystemen.

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 Güllverteilung 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-Fahren 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.

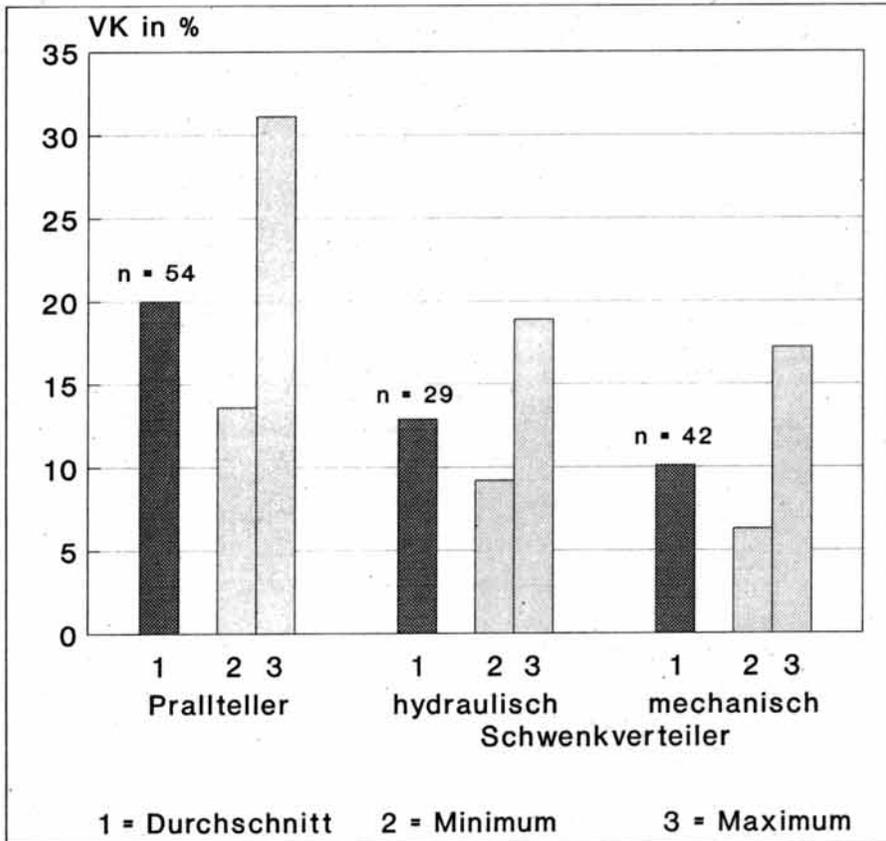


Abb. 9: Variationskoeffizient als Mass für die Verteilgenauigkeit in Funktion vom Verteilsystem. Durchschnitt aus 125 Messungen.

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



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.

Blitz-Automat) durch horizontales Verschieben des Verteilmechanismus auf 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.

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 Gülleverteilung nur bei wenig Wind möglich.

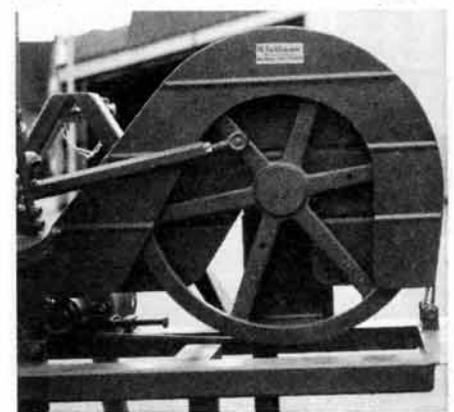


Abb.11: Beim Keilriemenantrieb ermöglichen verschiedene Positionen in den Speichen des Antriebsrades die Verstellung des Schwenkbereiches bzw. der Arbeitsbreite.

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 Aussenzonen zu hohe Güllemengen ausgebracht werden.

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

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"

Tropfen genügend gross sind (gewitterregenartiger Niederschlag).

Schwenkverteiler:

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

die senkrechte Klappe den weiteren Vorteil, dass mit der Schwenkdüse besser gezielt werden kann. Nachteilig sind dagegen die durch den seitlichen Gülleaustritt 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 Güllestrom 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 Kung-Verteilern vorteilhaft ist die mechanische Abstützung des Einlaufrohres, wodurch die nach unten gerichteten Zugkräfte besser abgefangen werden.

Schleppschlauchverteiler

Die Schleppschlauchverteiler besitzen gegenüber den Kombiverteilern verschiedene Vorteile:

- Hohe Verteilqualität, welche im besten Fall mit hydraulischen Schwenkverteilern und nur bei optimaler Überlappung erreicht werden kann.
- Konstante Arbeitsbreite ohne Überlappungsprobleme; fahrgassentauglich.
- Bodennahe, pflanzenschonende Ausbringung ohne Windbeeinflussung.
- Weniger Pflanzenverschmutzungen, 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 Gülleförderung 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.

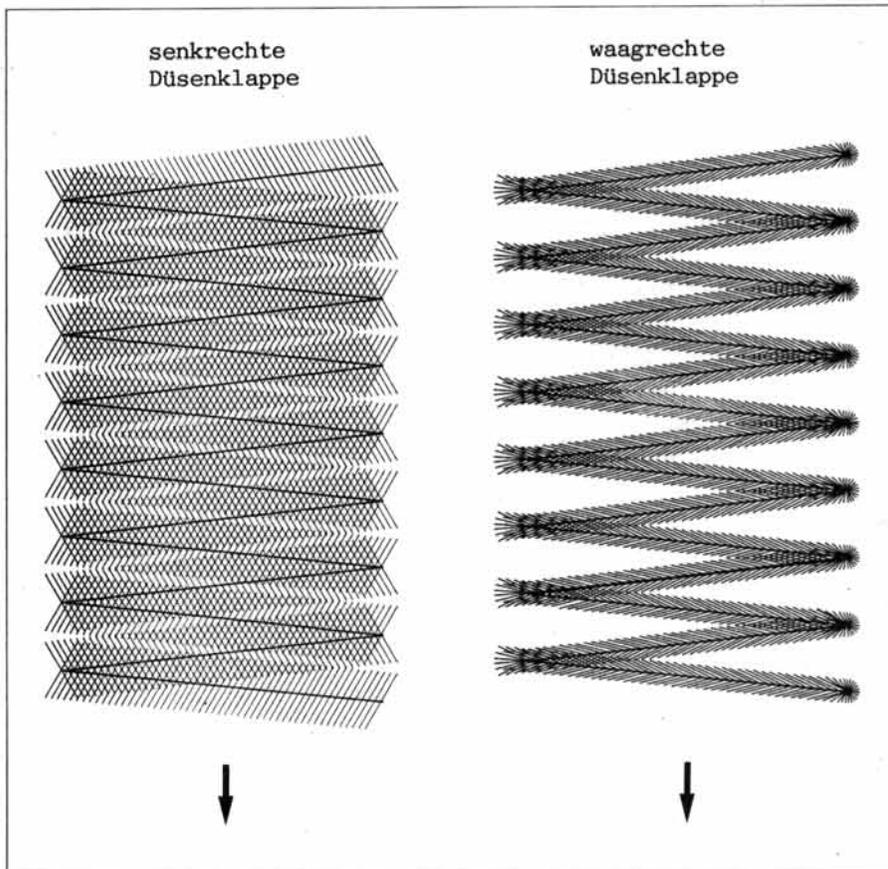


Abb.12: Verteilbild aus der Vogelperspektive bei senkrechter und waagrechter Düsenklappe.

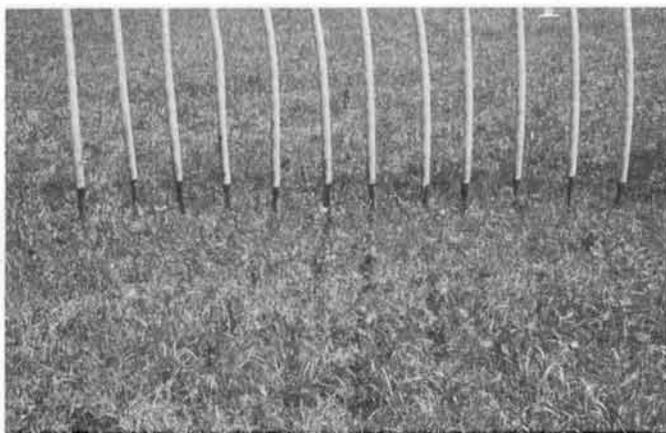


Abb.13: Durch die streifenförmige Gülleausbringung entstehen weniger Blattverschmutzungen. Besonders zum Tragen kommt dieser Vorteil bei ausbleibenden Niederschlägen und in hohen Beständen.

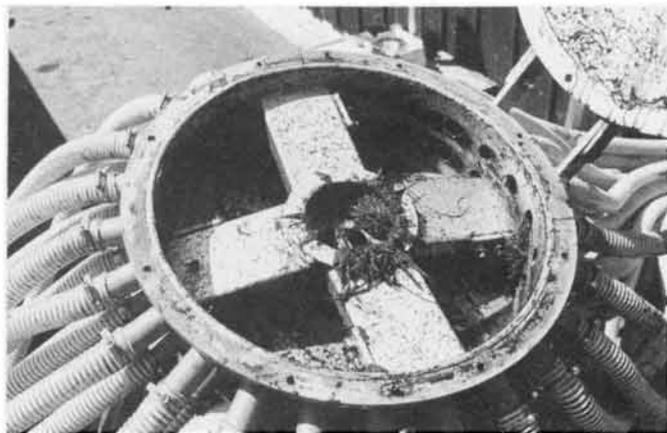


Abb.14: Blick in den geöffneten Rotorkopf (E+H). Die Verteilgenauigkeit beim Schleppschauchverteiler wird beeinträchtigt, wenn zähes Material wie Heu, Langstroh oder Holzbestandteile nicht zerschnitten wird und sich in den Öffnungen festsetzt.

Beim Güllen auf Wiesen ist das **exakte Anschluss-Fahren**, ähnlich wie bei Pneumatikstreuern, problematisch, so dass eine gleichmässige Gülleverteilung übers ganze Feld nicht ganz einfach zu realisieren ist. Die Manövrierbarkeit ist besonders in coupiertem Gelände erschwert. Durch die hohe Schwerpunktage 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, sondern 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 Gülleverwendung 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 Schleppschauchverteiler 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 Schleppschauchverteiler nur auf grossflächigen Betrieben oder bei gemeinsamer 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 **Standesicherheit** bei mehreren Geräten, insbesondere bei



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.

den Schleppschlauchverteilern, wenn die Ausleger nicht eingeklappt sind.

– Nicht ausreichende **Schutzvorrichtungen** an der Gelenkwelle und am Keilriemen- bzw. Kettenantriebssy-

stem 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.

Marke: **MFH/Hadorn**

Typ: **Jovo 82**

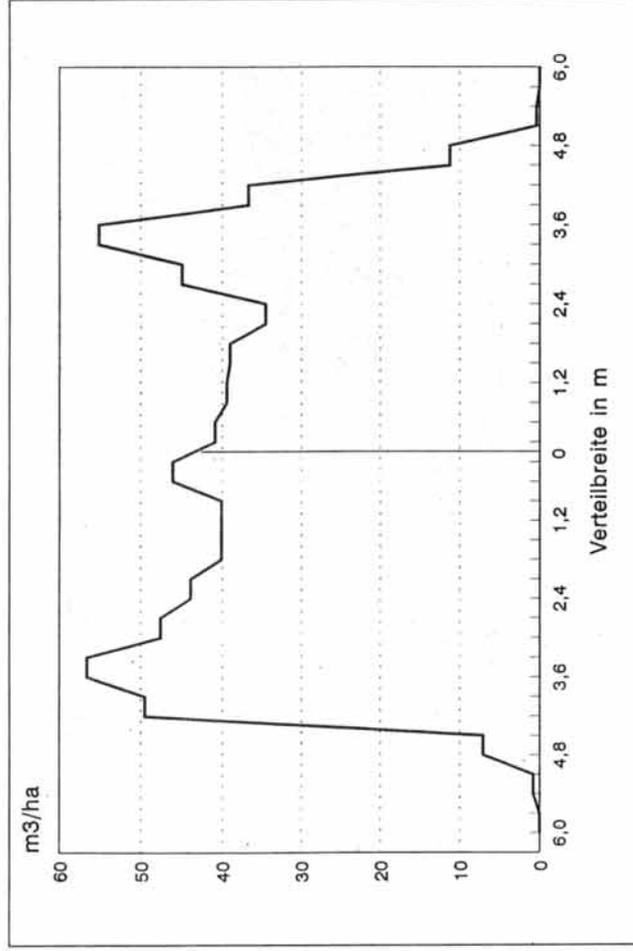
Jovo-Kombi B 89

Jovo-Kombi G 87

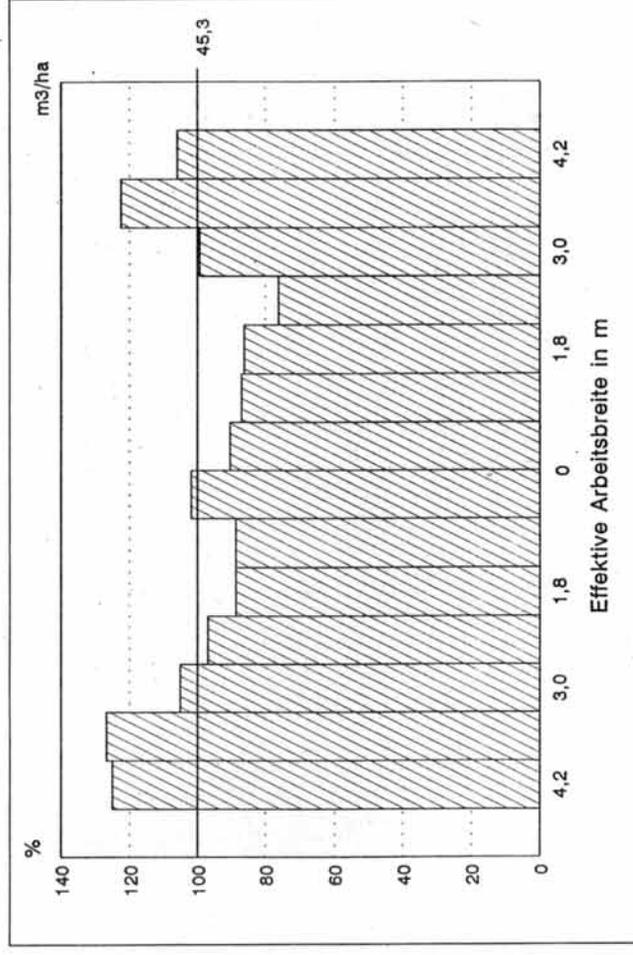
Hydro-Super-Kombi G 89

Verteilsystem: Prallteller

Verteilkurve gemäss Messwerten (Wasser):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:



Einstellungen am Gerät:

Fördermenge: 750 l/min

Förderdruck: 1.2 bar

Fahrgeschwindigkeit: 1.18 km/h

Anbauneigung: 3-Punkt-Bock

Höhe ab Boden: oben leicht gegen Traktor geneigt

Federklappe: 65 cm

geschlossen, gespannt

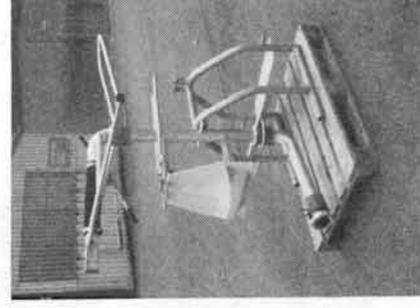
Angaben zur Verteilgenauigkeit:

Effektive Arbeitsbreite: 8.4 m

Verteilmenge links/rechts: 52.3 / 47.7 %

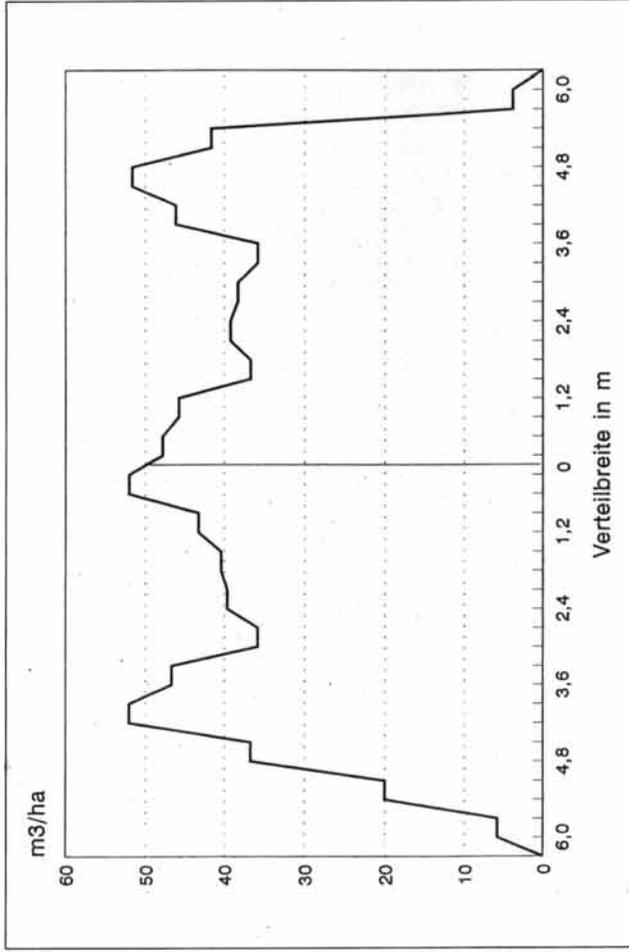
Variationskoeffizient: 15.2 %

Spitzenabweichung: + 26.7 / - 23.9 %

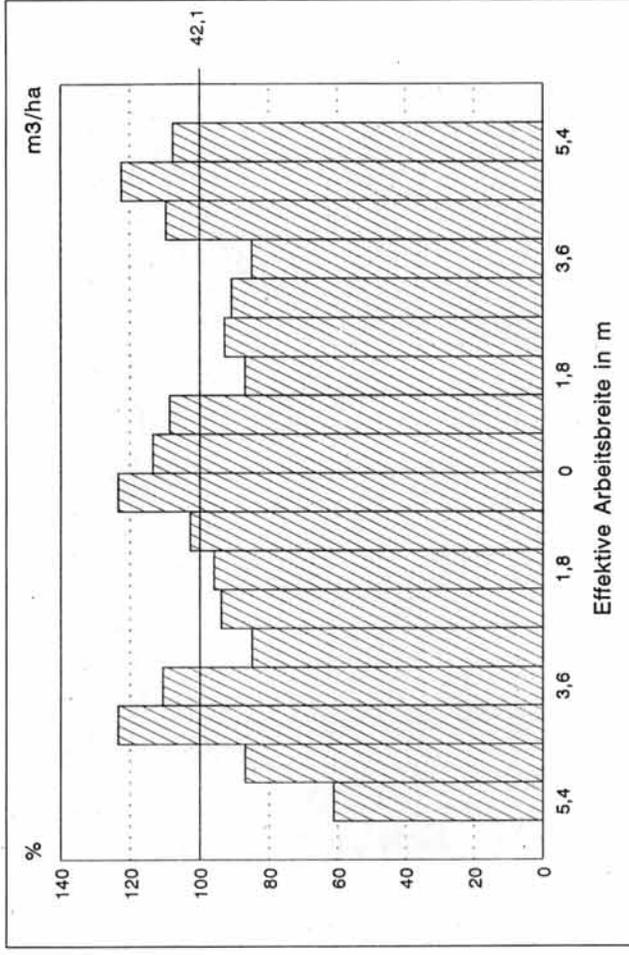


Verteilssystem: Prallteller

Verteilkurve gemäss Messwerten (Gülle):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:

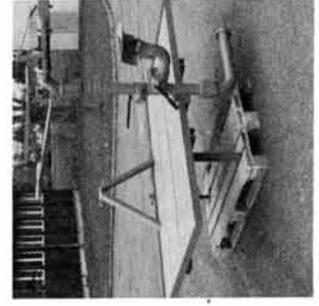


Einstellungen am Gerät:

- Fördermenge: 650 l/min
- Förderdruck: 1.5 bar
- Fahrgeschwindigkeit: 0.86 km/h
- Anbauneigung: Bruggli hinten leicht erhöht, Prallteller horizontal
- Höhe ab Boden: 103 cm
- Guimmdüse: 30 mm Innendurchmesser

Angaben zur Verteilgenauigkeit:

- Effektive Arbeitsbreite: 10.8 m
- Verteilmenge links/rechts: 49.0 / 51.0 %
- Variationskoeffizient: 16.6 %
- Spitzenabweichung: + 23.4 / - 38.8 %

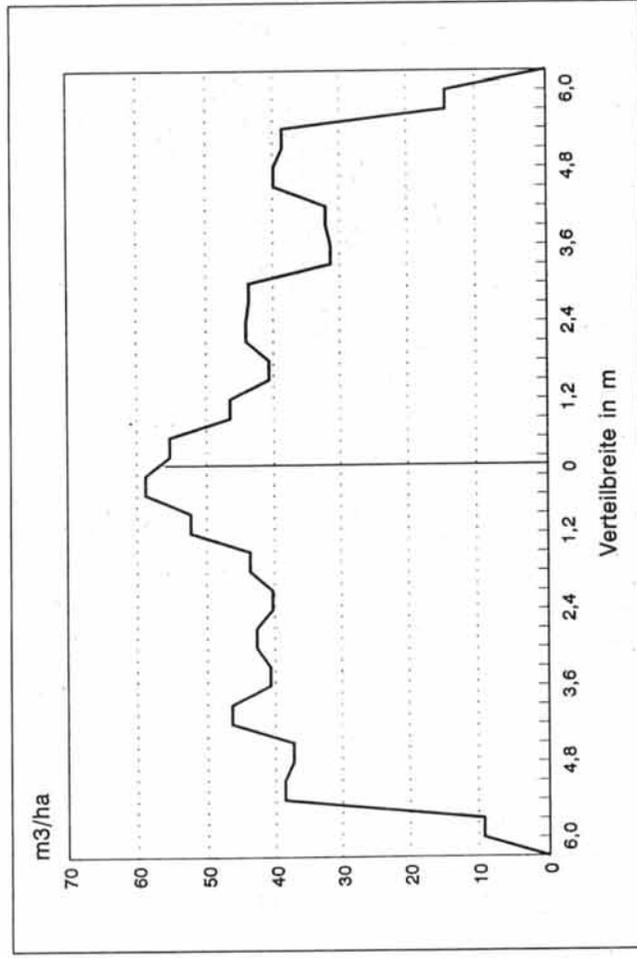


Marke: **Schweizer**

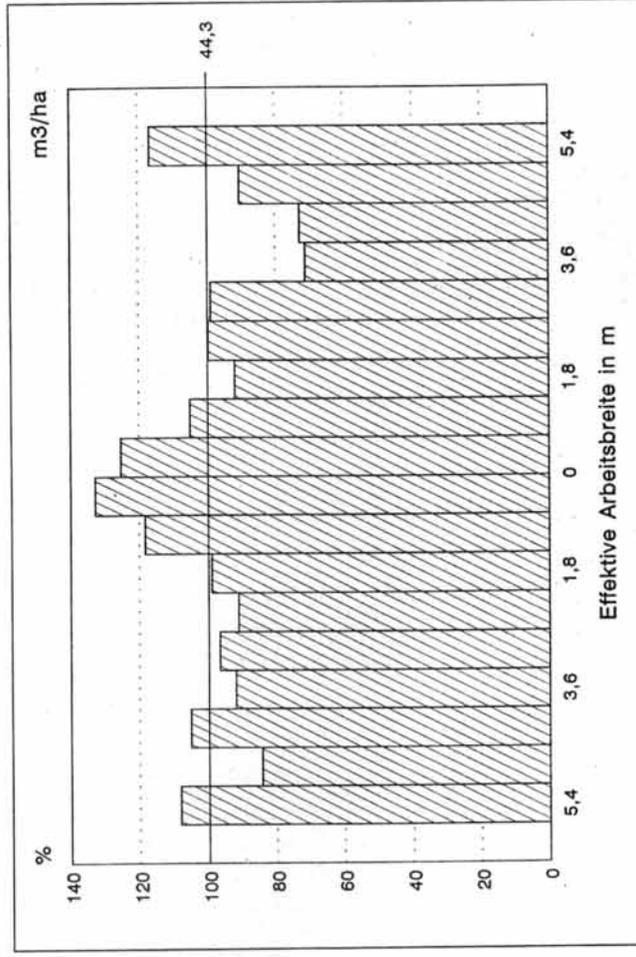
Typ: **Simplex-Kombi**

Verteilssystem: Prallteller

Verteilkurve gemäss Messwerten (Gülle):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:



Einstellungen am Gerät:

Fördermenge: 750 l/min

Förderdruck: 2.3 bar

Fahrgeschwindigkeit: 0.94 km/h

Anbauneigung: 3-Punkt-Bock horizontal, Prallblech hinten
leicht nach oben geneigt

Höhe ab Boden: 128 cm

Guimmidüse: 28 mm Innendurchmesser

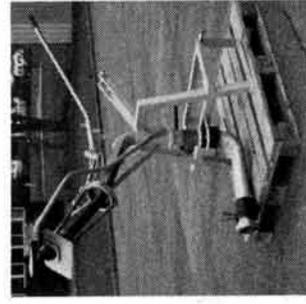
Angaben zur Verteilgenauigkeit:

Effektive Arbeitsbreite: 10.8 m

Verteilmenge links/rechts: 51.5 / 48.5 %

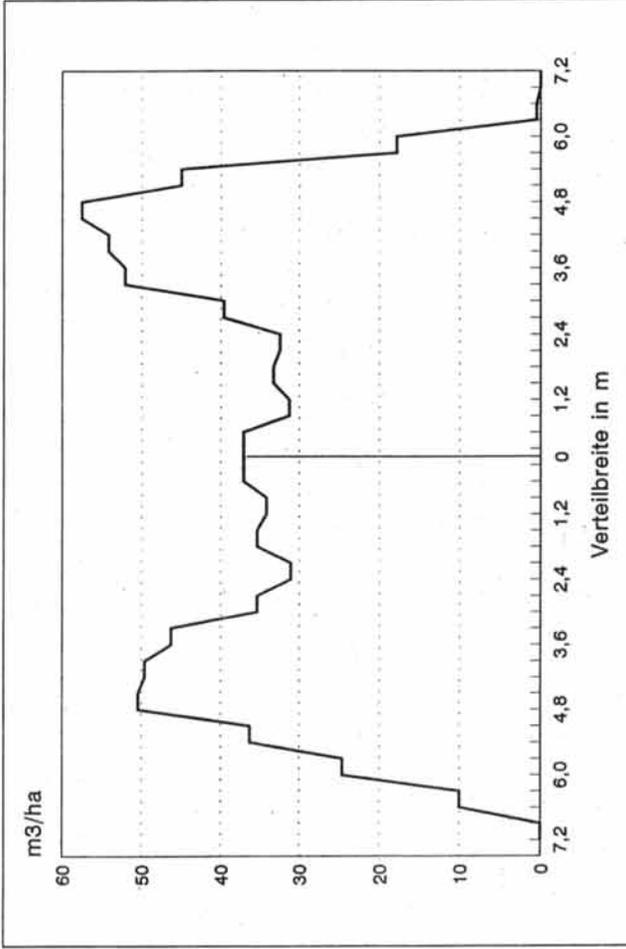
Variationskoeffizient: 16.2 %

Spitzenabweichung: + 32.8 / - 27.3 %

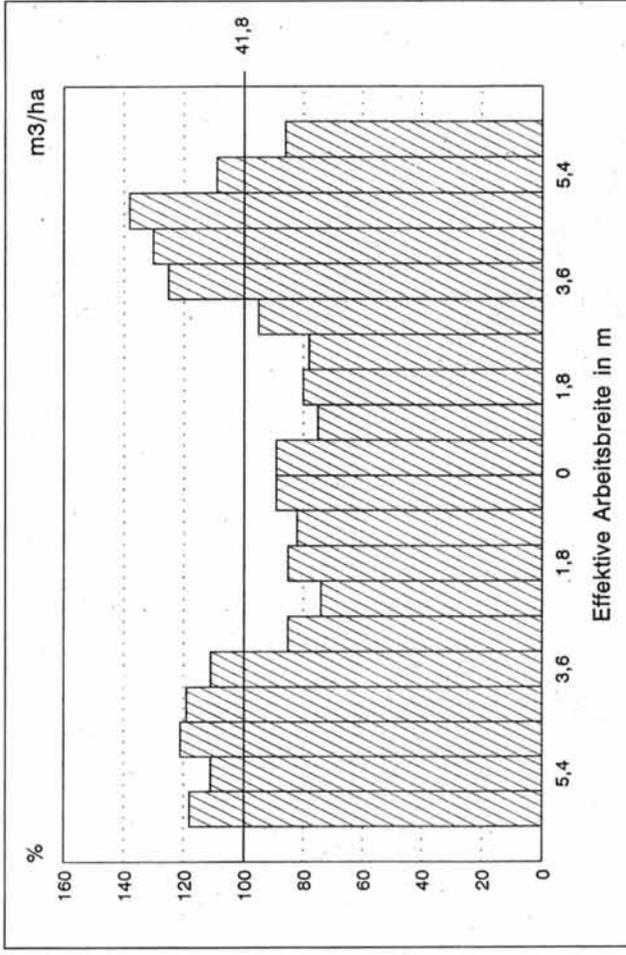


Verteilssystem: Prallteller

Verteilkurve gemäss Messwerten (Gülle):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:

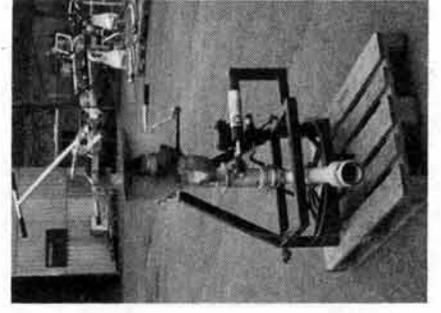


Einstellungen am Gerät:

Fördermenge: 750 l/min
 Förderdruck: 1.5 bar
 Fahrgeschwindigkeit: 0.94 km/h
 Anbauneigung: 3-Punkt-Bock horizontal
 Höhe ab Boden: 127 cm
 Guimmdüse: 33 mm Innendurchmesser

Angaben zur Verteilgenauigkeit:

Effektive Arbeitsbreite: 11.4 m
 Verteilmenge links/rechts: 49.3 / 50.7 %
 Variationskoeffizient: 20.6 %
 Spitzenabweichung: + 38.1 / - 25.9 %

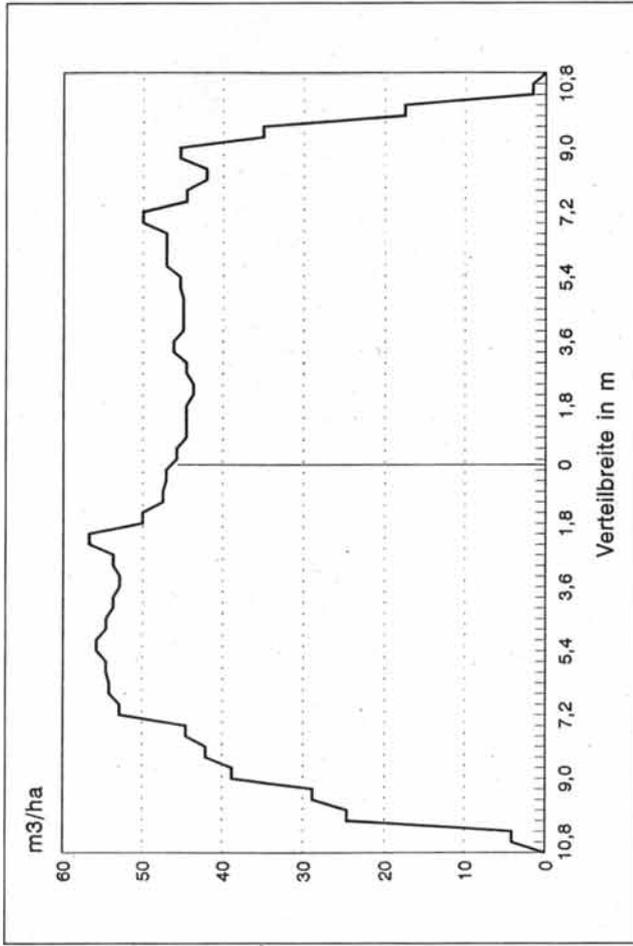


Marke: **Meier**

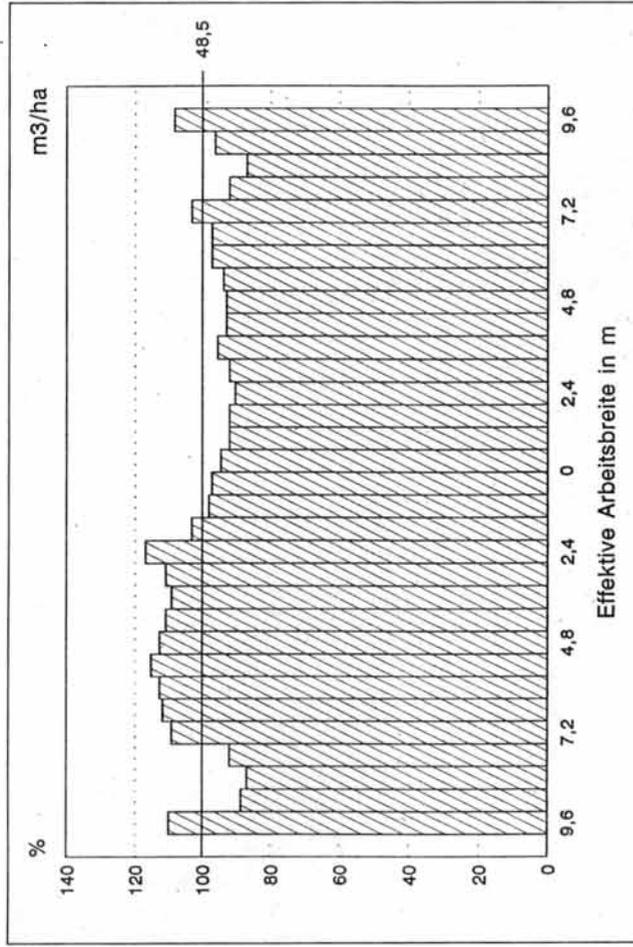
Typ: **Perfekt**

Verteilsystem: Schwenkverteiler mechanisch

Verteilkurve gemäss Messwerten (Gülle):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:



Einstellungen am Gerät:

Fördermenge: 750 l/min

Förderdruck: 1.4 bar

Fahrgeschwindigkeit: 0.48 km/h

Antrieb Schwenkdüse: Zapfwelle

Schwenkfrequenz: 25/min

Anbauneigung: 3-Punkt-Bock

oben leicht gegen Traktor geneigt

Höhe ab Boden: 123 cm

Düsenstellung: nach oben gerichtet

Federklappe: im mittleren Loch geschlossen

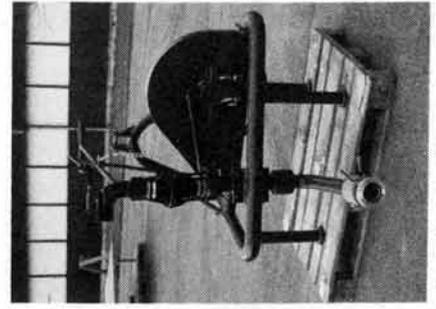
Angaben zur Verteilgenauigkeit:

Effektive Arbeitsbreite: 19.2 m

Verteilmenge links/rechts: 52.6 / 47.4 %

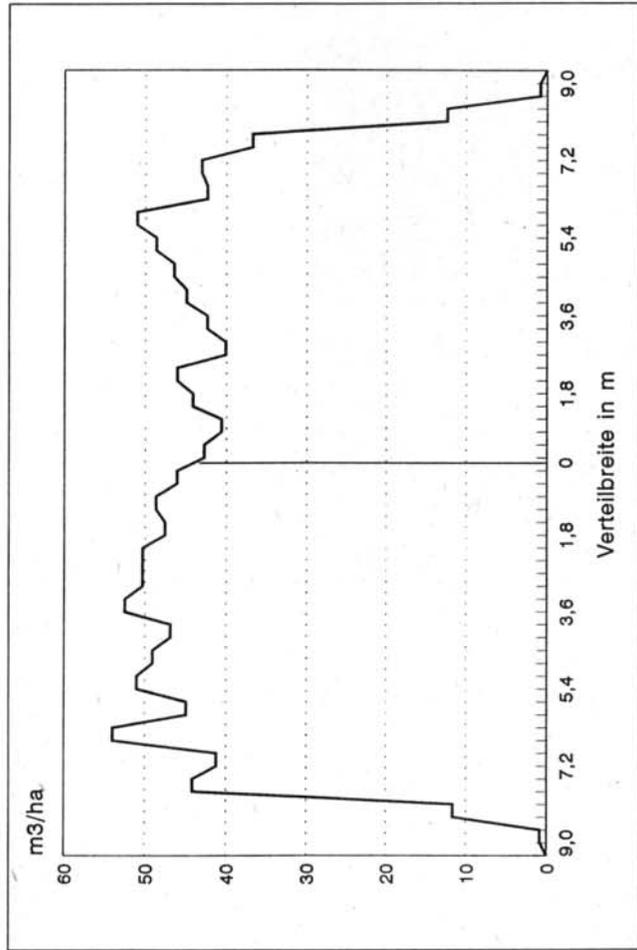
Variationskoeffizient: 9.2 %

Spitzenabweichung: + 16.8 / 13.2 %

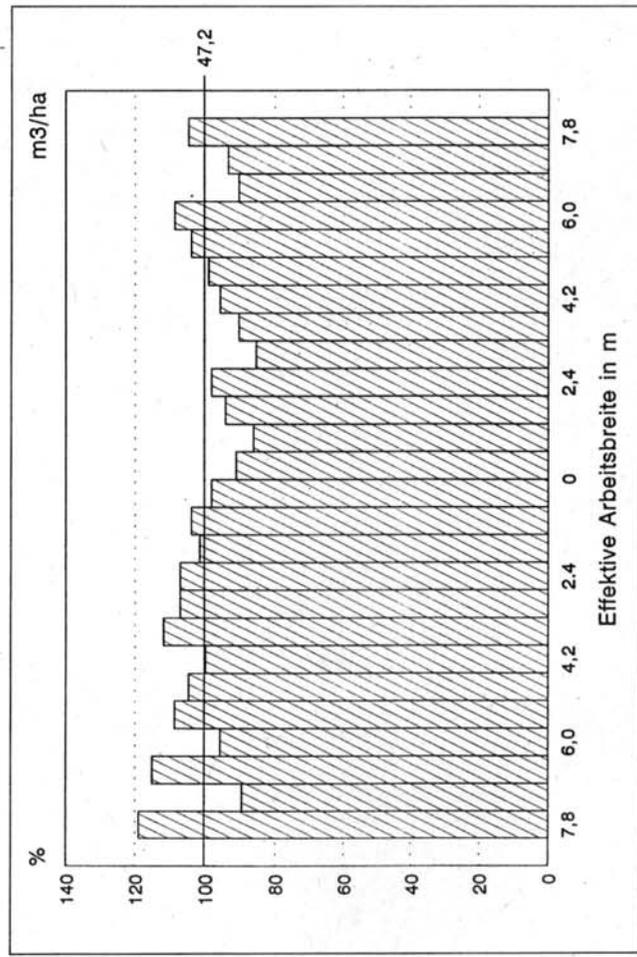


Verteilssystem: Schwenkverteiler mechanisch

Verteilkurve gemäss Messwerten (Wasser):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:

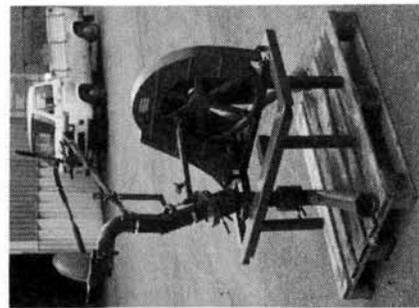


Einstellungen am Gerät:

- Fördermenge: 750 l/min
- Förderdruck: 1.2 bar
- Fahrgeschwindigkeit: 0.61 km/h
- Antrieb Schwenkdüse: Zapfwelle
- Schwenkfrequenz: 20/min
- Anbauneigung: 3-Punkt-Bock horizontal
- Höhe ab Boden: 117 cm
- Düsenstellung: nach oben gerichtet
- Federklappe: im mittleren Loch, halb gespannt, geschlossen

Angaben zur Verteilgenauigkeit:

- Effektive Arbeitsbreite: 15.6 m
- Verteilmenge links/rechts: 52.3 / 47.7 %
- Variationskoeffizient: 9.3 %
- Spitzenabweichung: + 18.9 / 14.6 %

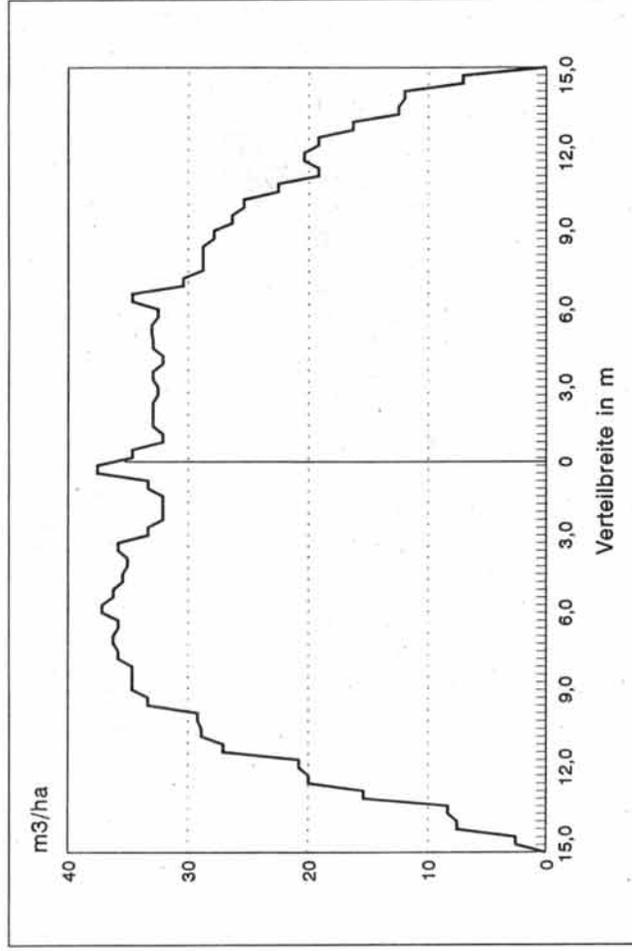


Marke: **Küing**

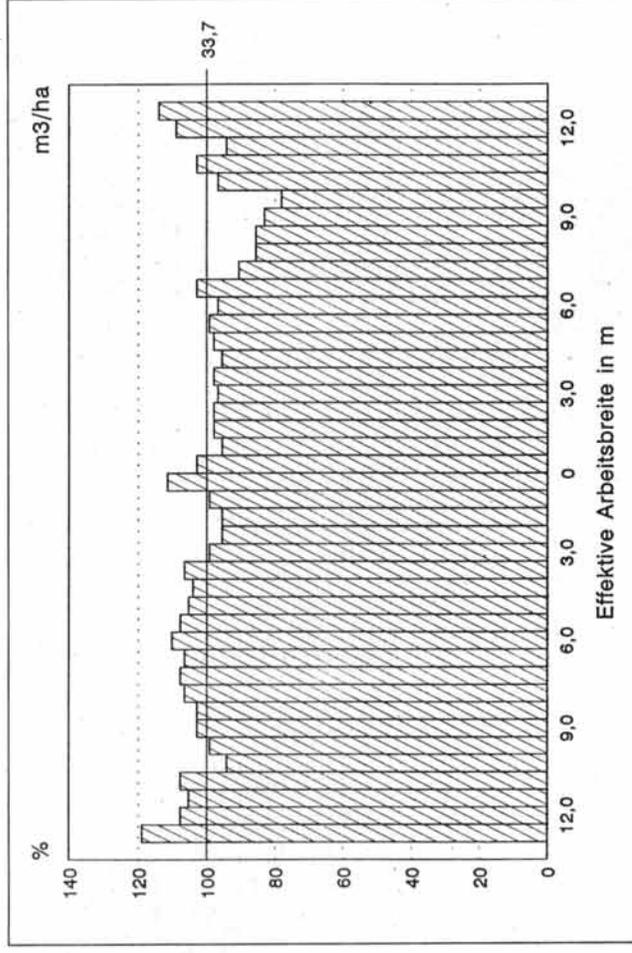
Typ: **Mechanisch**

Verteilssystem: Schwenkverteiler mechanisch

Verteilkurve gemäss Messwerten (Wasser):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:



Einstellungen am Gerät:

Fördermenge: 750 l/min
Förderdruck: 1.5 bar
Fahrgeschwindigkeit: 0.55 km/h
Antrieb Schwenkdüse: Zapfwelle
Schwenkfrequenz: 14/min
Anbauneigung: 3-Punkt-Bock horizontal
Höhe ab Boden: 119 cm
Düsenstellung: nach oben gerichtet
Federklappe: halb gespannt, geschlossen

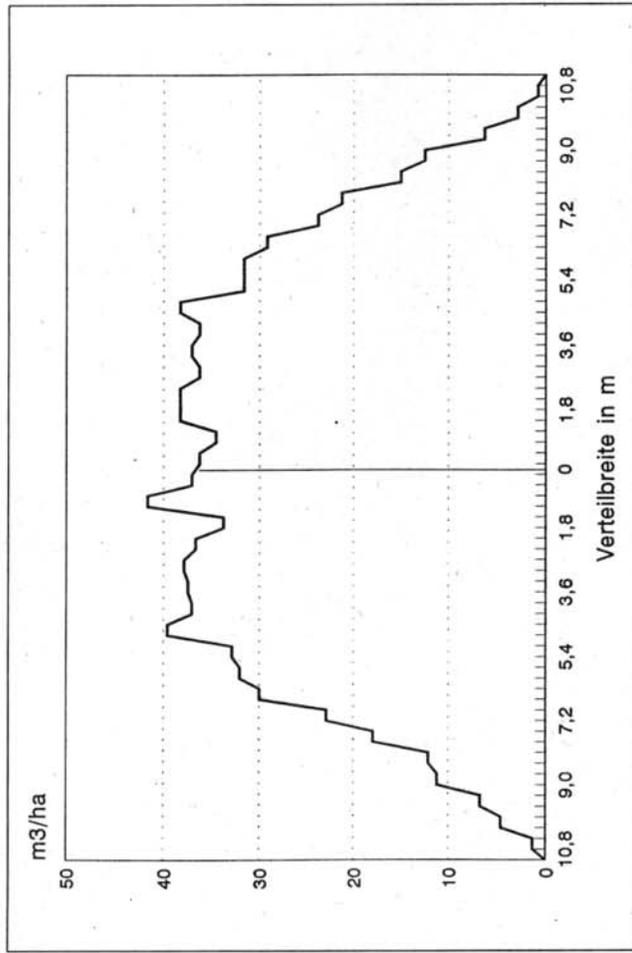
Angaben zur Verteilgenauigkeit:

Effektive Arbeitsbreite: 24.6 m
Verteilmenge links/rechts: 52.2 / 47.8 %
Variationskoeffizient: 8.3 %
Spitzenabweichung: + 19.0 / 21.9 %

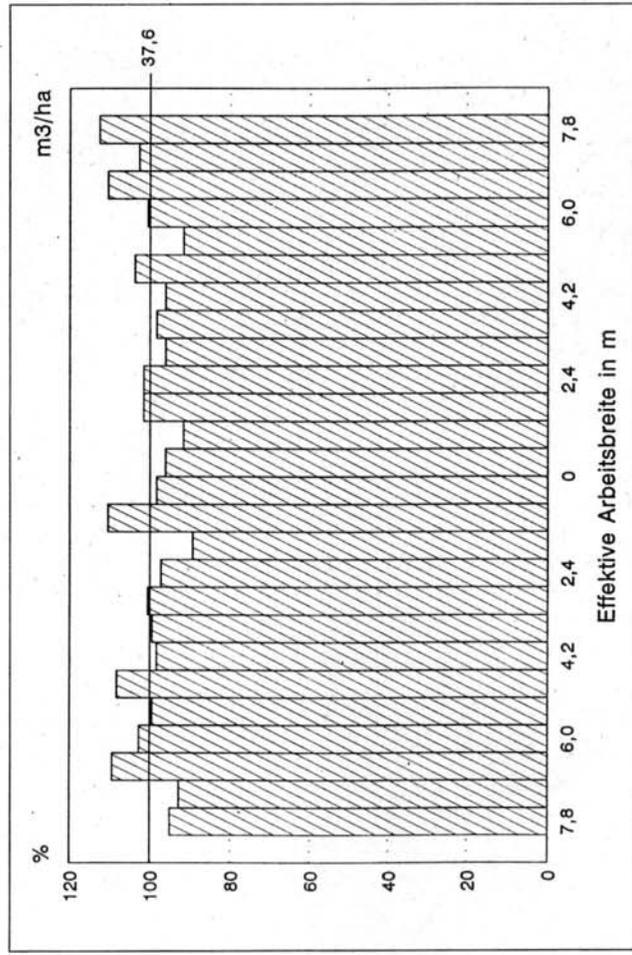


Verteilssystem: Schwenkverteiler hydraulisch

Verteilkurve gemäss Messwerten (Wasser):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:

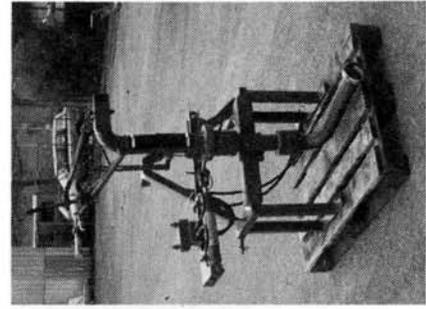


Einstellungen am Gerät:

- Fördermenge: 750 l/min
- Förderdruck: 1.2 bar
- Fahrgeschwindigkeit: 0.77 km/h
- Antrieb Schwenkdüse: hydraulisch
- Schwenkfrequenz: 17/min
- Anbauneigung: 3-Punkt-Bock horizontal
- Höhe ab Boden: 129 cm
- Düsenstellung: leicht nach oben gerichtet
- Federklappe: im entfernteren Loch, halb gespannt, geschlossen

Angaben zur Verteilgenauigkeit:

- Effektive Arbeitsbreite: 15.6 m
- Verteilmenge links/rechts: 50.1 / 49.9 %
- Variationskoeffizient: 6.7 %
- Spitzenabweichung: + 12.6 / 10.6 %

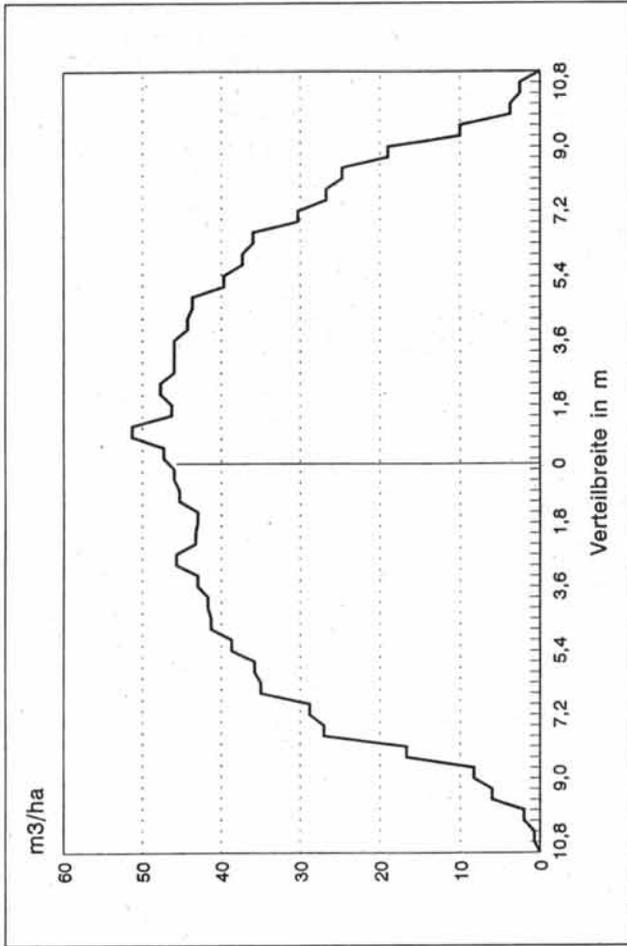


Marke: **Küng**

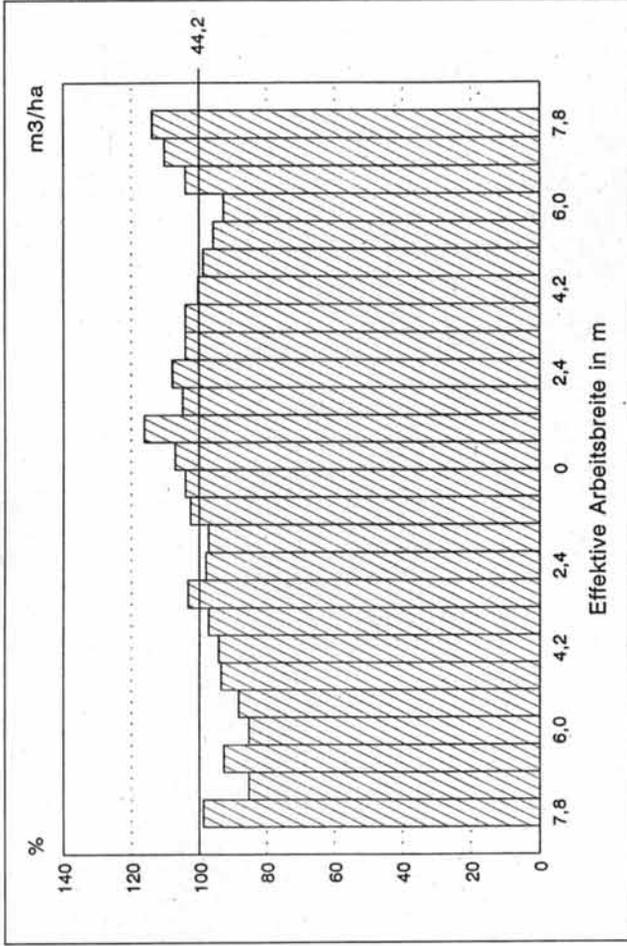
Typ: **Hydraulisch
Kombi (hydraulisch)**

Verteilssystem: Schwenkverteiler hydraulisch

Verteilkurve gemäss Messwerten (Wasser):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:

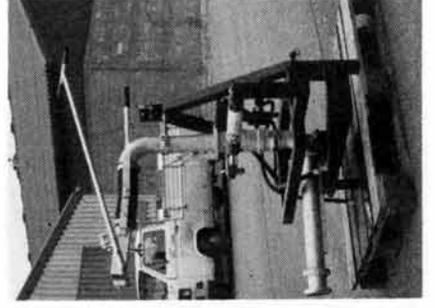


Einstellungen am Gerät:

Fördermenge: 750 l/min
Förderdruck: 1.5 bar
Fahrgeschwindigkeit: 0.65 km/h
Antrieb Schwenkdüse: hydraulisch
Schwenkfrequenz: 15/min (Position 9)
Anbauneigung: 3-Punkt-Bock horizontal
Höhe ab Boden: 134 cm
Düsenstellung: leicht nach oben gerichtet
Federklappe: locker gespannt, geschlossen

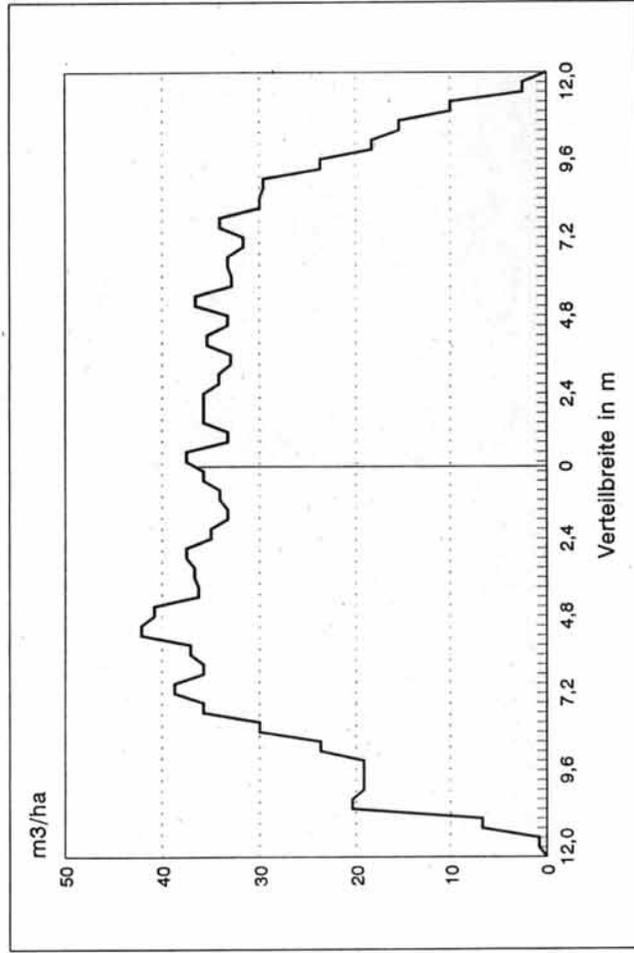
Angaben zur Verteilgenauigkeit:

Effektive Arbeitsbreite: 15.6 m
Verteilmenge links/rechts: 47.7 / 52.3 %
Variationskoeffizient: 8.0 %
Spitzenabweichung: + 16.3 / 14.7 %

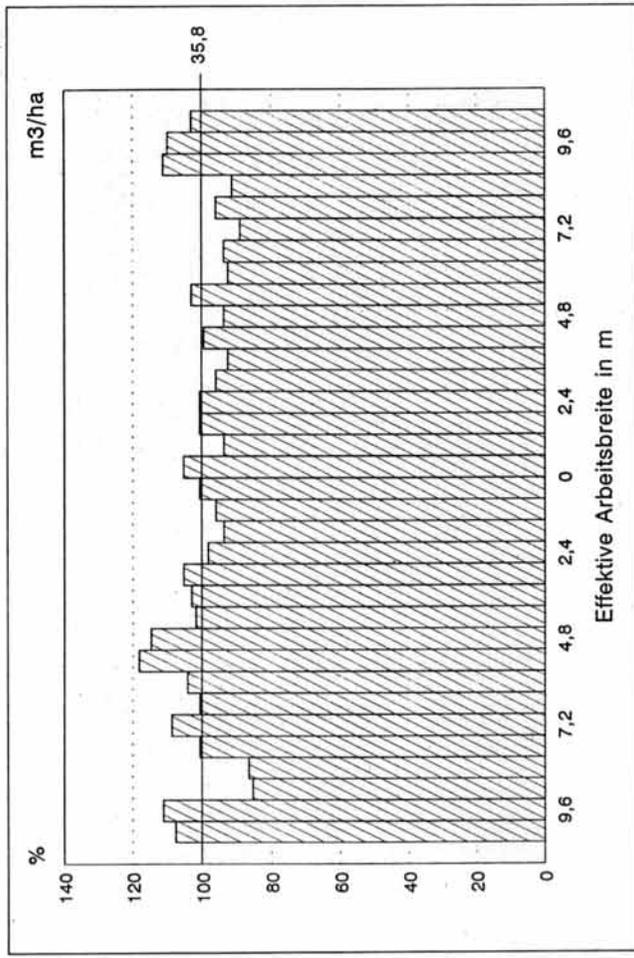


Verteilssystem: Schwenkverteiler hydraulisch

Verteilkurve gemäss Messwerten (Wasser):



Verteilbild bei optimaler Ueberlappung:

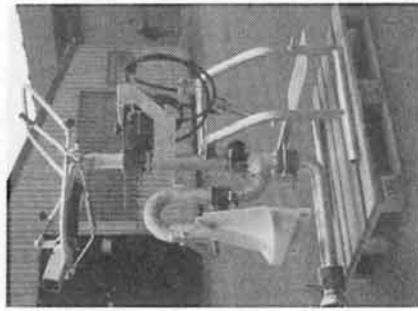


Einstellungen am Gerät:

- Fördermenge: 750 l/min
- Förderdruck: 1.1 bar
- Fahrgeschwindigkeit: 0.63 km/h
- Antrieb Schwenkdüse: Oelmotor
- Schwenkfrequenz: 14/min
- Anbauneigung: 3-Punkt-Bock horizontal
- Höhe ab Boden: 148 cm
- Düsenstellung: leicht nach oben gerichtet
- Federklappe: leicht gespannt, geschlossen
- Symetrie: Distanz der Feststellschrauben links = 10.5 cm, rechts = 16.5 cm

Angaben zur Verteilgenauigkeit:

- Effektive Arbeitsbreite: 19.8 m
- Verteilmenge links/rechts: 51.0 / 49.0 %
- Variationskoeffizient: 8.2 %
- Spitzenabweichung: + 18.1 / 14.6 %

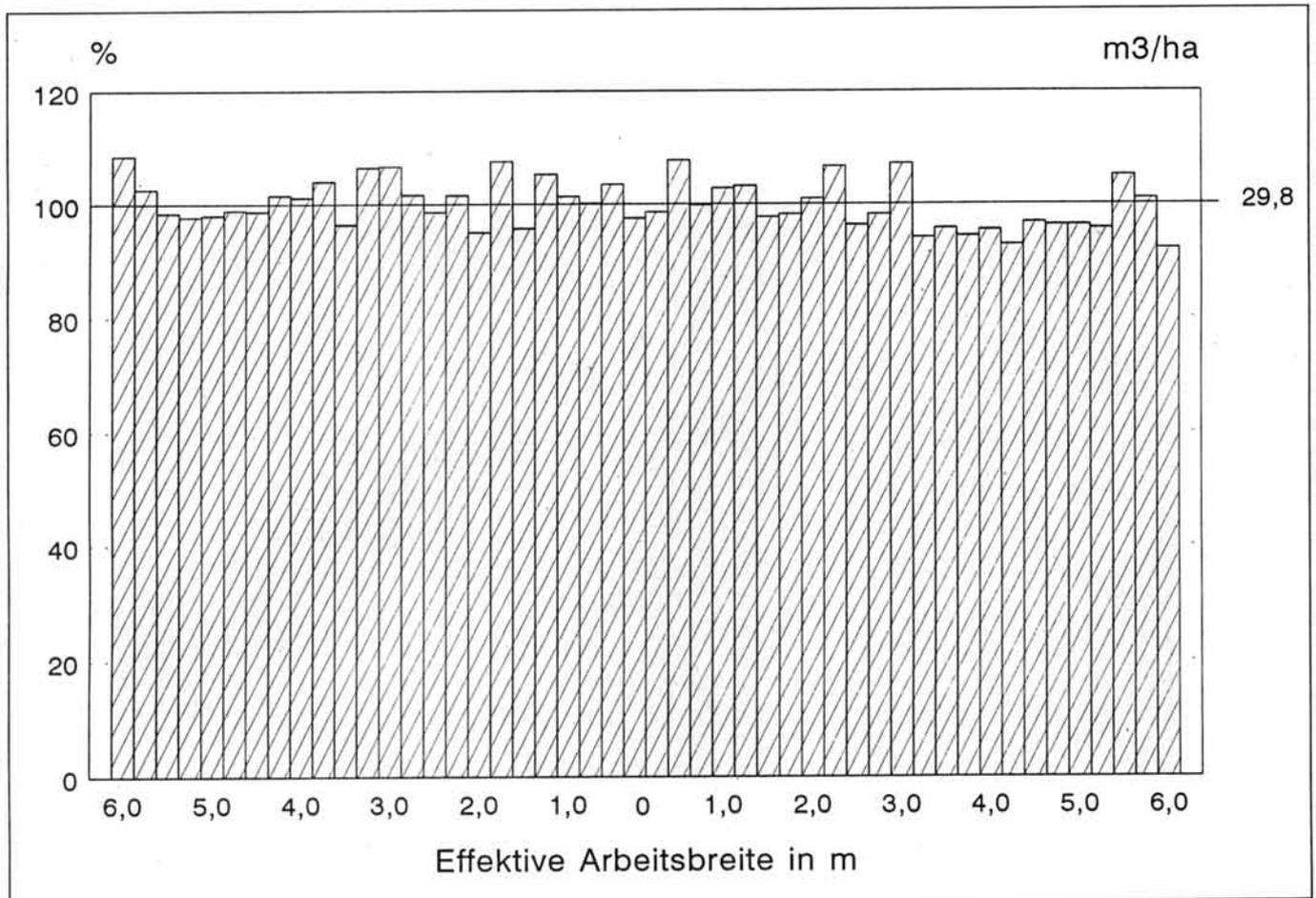


Marke: **MFH**

Typ: **E + H**

Verteilssystem: Schleppschlauchverteiler

Verteilbild gemäss Messwerten (Gülle):

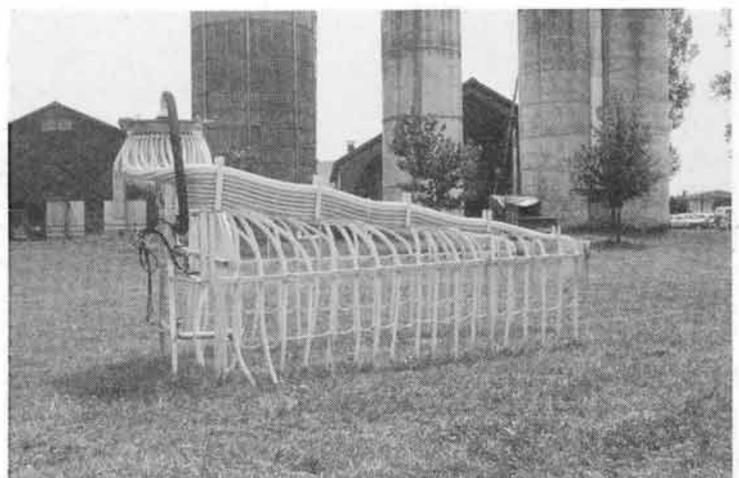


Einstellungen am Gerät:

Fördermenge:	1060 l/min
Förderdruck:	1.3 bar
Fahrgeschwindigkeit:	1.76 km/h
Antrieb Rotor:	Oelmotor
Rotordrehzahl:	ca. 240 U/min

Angaben zur Verteilgenauigkeit:

Arbeitsbreite:	12 m
Verteilmenge links/rechts:	50.3 / 49.7 %
Variationskoeffizient:	4.4 %
Spitzenabweichung:	+ 8.5 / - 8.0 %

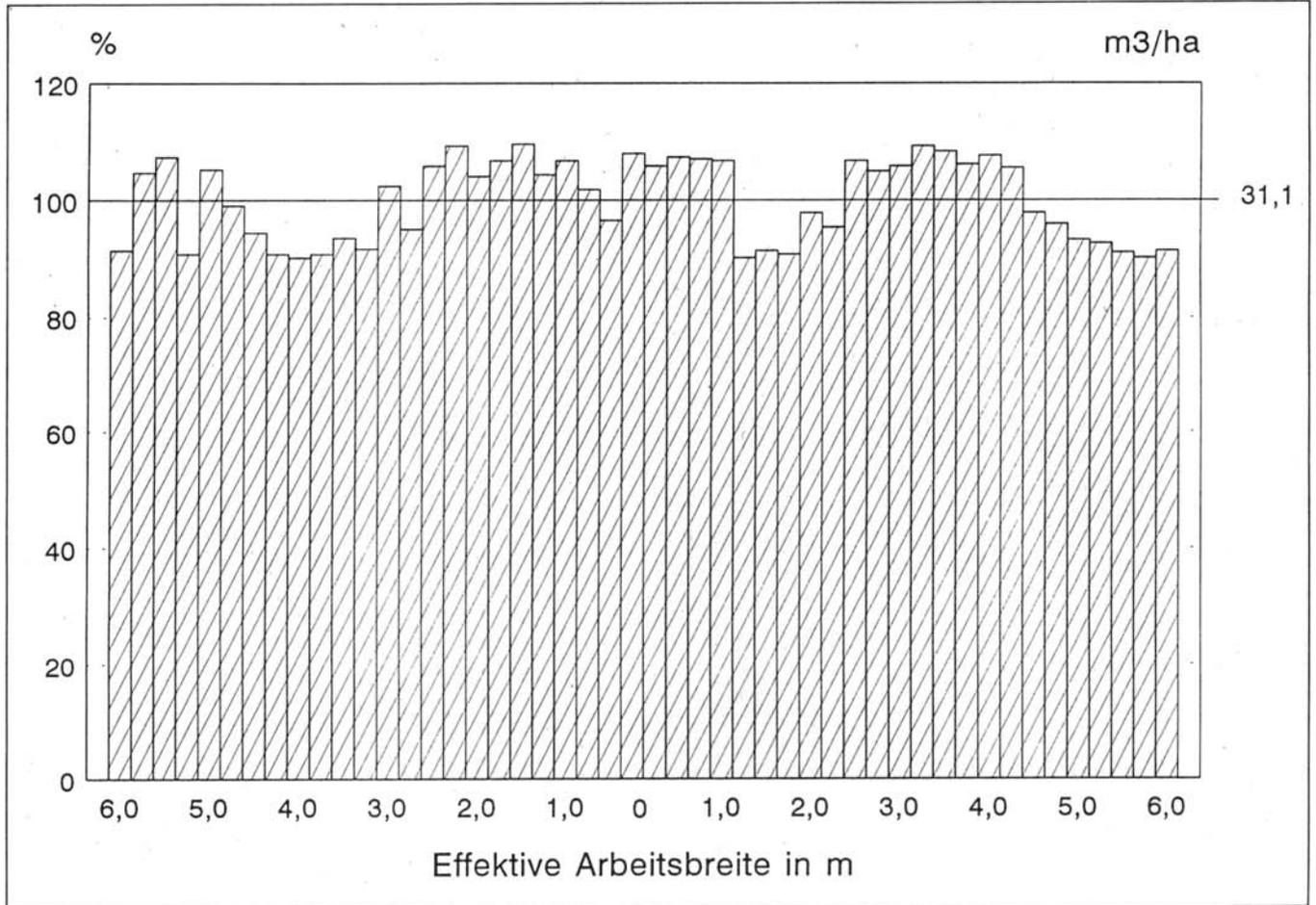


Marke: *Hadorn*

Typ: *Vogelsang*

Verteilsystem: Schleppschlauchverteiler

Verteilbild gemäss Messwerten (Gülle):



Einstellungen am Gerät:

Fördermenge:	940 l/min
Förderdruck:	1.2 bar
Fahrgeschwindigkeit:	1.51 km/h
Antrieb Rotor:	Oelmotor
Rotordrehzahl:	ca. 280 U/min

Angaben zur Verteilgenauigkeit:

Arbeitsbreite:	12 m
Verteilmenge links/rechts:	50.0 / 50.0 %
Variationskoeffizient:	6.6 %
Spitzenabweichung:	+ 9.5 / - 9.8 %

