

## Verteilgeräte an Güllefässern

### Grosse Unterschiede bezüglich Arbeitsbreite und Verteilgenauigkeit

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

Für Güllefässer besteht heute ein grosses Angebot an Verteilgeräten. Die fehlenden Kenntnisse über deren Eignung waren Anlass, eine Auswahl an Verteilern auf ihre Arbeitsqualität zu untersuchen. Im Vordergrund der Messungen standen die Ermittlung

der nutzbaren Arbeitsbreite, der Verteilgenauigkeit und der Überlappungstoleranz. Die insgesamt 27 geprüften Verteiler umfassen die Verteilsysteme Prallteller-, Seiten-, Vertikal-, Hoch-, Pendel- und Schwenkdüsenverteiler.

Die Prallteller zeigen je nach Fabrikat und Typ grosse Unterschiede bezüglich Arbeitsbreiten (5 bis 13 m) und Verteilgenauigkeit (mehrheitlich befriedigend bis ungenügend). Falsche Einstellung und ungenauer Anbau am Stutzen verschlechtern die Verteilqualität erheblich. Vertikalverteiler verteilen die Gülle nur wenig genauer, ermöglichen aber die exakte Ausbringung zu Beginn und am Ende des Feldes. Seitenverteiler erreichen zwar recht grosse Verteilbreiten bis 14 m; die Verteilqualität ist jedoch ungenügend. Der Hochverteiler erreicht die im Ackerbau geforderte Arbeitsbreite von 12 m nur bei geringer Überlappung, was aber eine ungenaue Verteilung verursacht. Pendelverteiler erzielen Arbeitsbreiten zwischen 11 und 16 m bei guter bis sehr guter Verteilqualität. Die beste Verteilgenauigkeit ergeben die Schwenkdüsen, ausserdem zeigen sie eine gute Überlappungstoleranz. Die Arbeitsbreite kann in einem weiten Bereich (bis 20 m) variiert werden. Allerdings erfordern sie am Fass eine Hochdruckpumpe.



Abb. 1: Wer die Gülle so verteilt, hat wenig gewonnen. Eine gezielte, das heisst pflanzen- und umweltgerechte Gülleanwendung bedingt eine exakte Verteilarbeit. Für diese braucht es einen geeigneten Verteiler.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Beschreibung der Verteiler	2
Versuchsablauf	3
Ergebnisse	4
Eignung im Überblick	9
Empfehlungen	10
Typenblätter	10

## Problemstellung

Die pflanzen- und umweltgerechte Düngung mit Gülle setzt voraus, dass die ausgebrachten Nährstoffe exakt und gleichmässig verteilt werden. Dem Verteilgerät kommt damit eine grosse Bedeutung zu. Die Anforderungen an dessen Arbeitsqualität sind stark gestiegen, besonders dadurch, dass Gülle auf vielen Betrieben vermehrt für die Düngung von Ackerkulturen eingesetzt wird.

Breitverteiler sind an Fässern nach wie vor Standard. Die auf dem Markt angebotene Auswahl an Verteilsystemen und Fabrikaten ist beeindruckend; der Landwirt hat aber kaum Möglichkeiten, diese bezüglich Arbeitsbreite und Verteilgenauigkeit zu vergleichen. Diese Untersuchung soll helfen, bei der Wahl eines geeigneten Verteilgerätes die richtige Wahl zu treffen.

## Beschreibung der Verteiler

Die untersuchten Verteiler lassen sich in folgende Systeme gliedern (Tab. 5):

- Prallteller
- Seitenverteiler
- Vertikalverteiler
- Hochverteiler
- Pendelverteiler
- Schwenkdüsenverteiler.

Die als **Prallteller** bezeichneten Prallblechverteiler sind nach wie vor das meistverbreitete Verteilorgan bei Fässern. Es besteht eine grosse Konstruktionsvielfalt. Bei den meisten Pralltellerverteilern trifft der aus einer Düse austretende Güllestrahl auf ein festes oder in der Neigung verstellbares Blech, welches die Gülle breitflächig verspritzt. Je nach Bauart wird das Prallblech von unten oder von oben mit Gülle beschickt (Abb. 2). Verteiler mit Obenbeschickung spritzen die Gülle in der Regel weiter und höher als jene mit Untenbeschickung, welche weniger breit aber bodennah verteilen. Schirmprallteller (Oehler, Fliegl; Abb. 6) ergeben trotz Obenbeschickung eine bodennahe Gülleverteilung, da der Winkel des Bleches zur Düse sehr flach ist. Auch die Form der Prallbleche ist je nach Hersteller sehr unterschiedlich (gerade oder gewölbte Teller; mit oder ohne Leitbleche



Abb. 2: Pralltellerverteiler mit Beschickung des Prallbleches von oben (Bild links) und von unten (Bild rechts).

zur Begrenzung der Strahlbreite). Der Hordorn-Prallteller unterscheidet sich von den übrigen Fabrikaten dadurch, dass der Teller aus Kunststoff gefertigt ist und die Düse mit einer Federklappe versehen ist. Beim Universal- und Breitverteiler von Bauer ist die Bezeichnung «Prallteller» nicht ganz korrekt, da diese Verteiler nur aus einer Pralldüse ohne gegenstehendes Prallblech bestehen.

**Seitenverteiler** bestehen aus einem auf 90° gebogenen Rohr mit aufgesetzter Verteildüse und ergeben einen quer zur Fahrtrichtung austretenden Strahl (Abb. 11). Es kann links- oder rechtsseitig verspritzt werden. Beim Fabrikat von Eisele wirkt ein frei drehendes Sternrad als Strahlbrecher. Die als Universal- oder Kombiverteiler bezeichneten Pralltellerverteiler können ebenfalls für die Seitenverteilung eingesetzt werden (s. Tab. 3).

**Vertikalverteiler**, häufig auch als Prallkopfverteiler bezeichnet, zeichnen sich dadurch aus, dass die Gülle nicht nach hinten, sondern beidseitig seitwärts (quer zur Fahrtrichtung) verteilt wird (Abb. 13). Die Gülle prallt gegen ein gerades Blech (Armatec-Streicher) oder gegen eine gebogene Zunge (Zunhammer und Bazzoli) und spritzt von dort in einem Winkel von 90° vertikal gegen unten und zur Seite. Die Obenabdeckung am Blech verhindert ein Verspritzen gegen oben.

Der sogenannte **Hochverteiler** (Vakuumat) ist ebenfalls ein Vertikalverteiler, der an einem senkrechten Steigrohr befestigt ist (Abb. 3). Die Anbauhöhe des Verteilers beträgt je nach Fass (Höhe des Ausbringstutzens über Boden) zirka 180 cm. Ist der Verteiler zusätzlich mit einem Teleskoprohr versehen, lässt sich die Anbauhöhe in einem Bereich von 160 bis 230 cm variieren. Dadurch soll die gewünschte Arbeitsbreite flexibel angepasst werden können.

**Pendelverteiler** haben ein hin- und herbewegtes Verteilorgan. Bei Armatec-Streicher besteht dieses aus einem horizontalen Prallblech, das von einer Gummidüse von oben beschickt wird (Pendelprallteller). Der Antrieb erfolgt über die Traktorhydraulik. Die beiden anderen Fabrikate haben als Verteilorgan eine V-förmige Pendeldüse, welche bei Elomax elektrisch (Einspeisung von 12 Volt-Traktorbatte-rie), bei Möscha über den Güllestrom angetrieben wird. Letzterer besitzt am Düsenausgang eine bewegliche Klappe, die durch Umlenkung des Güllestrahles das links- und rechtsseitige Ausdrehen des Verteilers bewirkt; die Änderung der Bewegungsrichtung erfolgt durch zwei Anschlagbolzen an der Aussenseite (Abb. 8).



Abb. 3: Hochverteiler sind vor allem für die Anwendung im Ackerbau konzipiert. Ausgerüstet mit einem Teleskoprohr kann die Anbauhöhe des Verteilkopfes verstellt werden.

Die von der Verschlauchung her bekannten **Schwenkverteiler** haben eine hin- und herbewegte Schwenkdüse (Abb. 14). Der Antrieb erfolgt elektrisch über die Traktoratterie (12 Volt). Beide Verteiler gibt es mit einer Breitstrahldüse mit eingebauter Federklappe oder mit einem einfachen Weitstrahlrohr mit Gummidüse. Die Horizontalbewegung der Düse (links/rechts) wird durch einen Zahnradantrieb, die Vertikalbewegung (auf/ab) mit einem Zylinder bewerkstelligt. An einem im Traktor installierten Steuerkasten können die einzelnen Funktionen (auf/ab, links/rechts, Symmetrie und Schwenkwinkel, Hand-Automat) angesteuert werden. Die Mai-Verteiler gibt es in verschiedenen Ausführungen (Vollautomat, Halbautomat, Handfernbedienung), die im Baukastensystem zusammenstellbar sind.

## Versuchsablauf

### Geprüfte Verteilgeräte

Es wurden insgesamt 27 Verteiler von 15 Anbietern geprüft (Tab. 1). Folgende Verteilssysteme waren vertreten: 16 Prallteller, drei Vertikalverteiler, ein Hochverteiler (Vertikalverteiler mit Steigrohr), zwei Seitenverteiler, drei Pendelverteiler mit hydraulischem, elektrischem oder Eigen-

antrieb sowie zwei elektrische Schwenkdüsenverteiler. Nicht untersucht wurden Schleppschlauchverteiler und Weitwurfdüsen für Pumpfässer.

### Prüfstand

Als Prüfstand dienten Auffangbecken (40 cm breit, 60 cm lang, 18 cm hoch), die auf einer Gesamtbreite von 16 m quer zur Fahrtrichtung auf Holzschienen aufgestellt waren (Abb. 4). Die Inhalte in den



Abb. 4: Prüfstand zur Messung der Querverteilung (Bild links); Volumetrische Bestimmung der Mengen mit dem Ultraschallsensorgerät (Bild rechts).

Tab. 1: Geprüfte Verteiler an Güllefässern

Hersteller/Importeur	Fabrikat	Typ	Verteilssystem	Preis in Fr. 1998) <sup>1)</sup>
Agrar, 9500 Wil	Agrar	Kombiverteiler	Prallteller	230.-
Althaus & Co, 3423 Ersigen	Althaus Althaus	Einsatz Schmalverteiler Einsatz Breitverteiler	Prallteller Prallteller	420.- <sup>2)</sup> 420.- <sup>2)</sup>
Favre, 1530 Payerne	Marchner Marchner	Breitverteiler Elomax	Prallteller Pendelverteiler elektrisch	280.- 1100.-
Frauchiger, 3454 Sumiswald	Armatec-Streicher Armatec-Streicher	Exakt-Flachstrahlverteiler FTS-Pendelverteiler	Vertikalverteiler Pendelverteiler hydraulisch	544.- 2543.-
Hadorn, 4935 Leimiswil	Hadorn Zunhammer Hadorn	Pralltellerverteiler G87 Prallkopfverteiler Schwenkverteiler G92	Prallteller Vertikalverteiler Schwenkdüse elektrisch	752.- 890.- 3690.- <sup>3)</sup>
Keller, 8537 Nussbaumen	Bauer Bauer Bauer	Universalverteiler Breitverteiler Seitenverteiler	Prallteller Prallteller Seitenverteiler	231.- 227.- 227.-
Kolb, 8424 Embrach	*K*L*E* Möscha	Universalverteiler Spezial	Prallteller Pendelverteiler (Güllestrom)	340.- 1175.-
Landtechnik, 3052 Zollikofen	Fliegl Fliegl Fliegl	Dreiseitenverteiler Exaktverteiler Schirmprallteller	Prallteller Prallteller Prallteller	120.- 360.- 390.-
Mai, 4954 Wyssachen	Mai	K94-A6	Schwenkdüse elektrisch	3600.- <sup>3)</sup>
Meyer, 6023 Rothenburg	Eisele	Sternradverteiler	Seitenverteiler	275.-
Renold, 6018 Buttisholz	Bazzoli Bazzoli	Breitverteiler Prallkopfverteiler	Prallteller Vertikalverteiler	270.- 380.-
Schweizer, 9536 Schwarzenbach	Schweizer	Exaktverteiler	Prallteller	282.-
Somag Maschinen, 9322 Egnach	Vakuumat Vakuumat	Universalverteiler Prallkopfverteiler mit Steigrohr	Prallteller Vertikalverteiler (Hochanbau)	285.- 1200.- <sup>4)</sup> 1520.- <sup>5)</sup>
VGL-Speiser, 6031 Ebikon	Kirchner	Universalverteiler	Prallteller	<sup>6)</sup>
Völlmin, 4466 Ormalingen	Oehler	Schirmprallteller	Prallteller	790.-

<sup>1)</sup> Bei Einzelanschaffung (ohne Fass)

<sup>2)</sup> Inkl. Seitenverteiler

<sup>3)</sup> Mit Halb-Automat-Fernsteuerung

<sup>4)</sup> Ohne Teleskoprohr

<sup>5)</sup> Mit Teleskoprohr

<sup>6)</sup> Angabe vom Importeur nicht erhältlich

Auffangbecken wurden nach jeder Durchfahrt mit einem Messzylinder und einem Ultraschallsensorgerät volumetrisch ausgemessen und die erfassten Werte direkt elektronisch abgespeichert. Ein neben dem Prüfstand installierter PC erlaubte es, nach jeder Messung die ermittelte Verteilkurve auf dem Bildschirm einzusehen.

Die Messungen erfolgten im Freien auf einem asphaltierten Platz in der Ebene. Messungen am Hang wurden nicht durchgeführt. Ein installierter Windmesser diente der Überwachung der Windgeschwindigkeit, um Messungen bei nicht windstillem Wetter zu vermeiden (maximal 1 m/s auf 2 m Höhe über Boden). Die Messungen erfolgten bei allen Verteilern mit Wasser: Einzig beim Pralltellerverteiler G87 von Hadorn wurde mit Gülle gemessen, weil dieser Verteiler mit Wasser erfahrungsgemäss nicht die gleichen Resultate ergibt. Die Hadorn-Verteiler sowie der FTS-Pendelverteiler von Armatec-Streicher wurden am Original-Pumpfass, alle übrigen Verteiler an einem Vakuumfass mit Zentrifugalpumpe (Agrar PDF 3000) geprüft. Mit dem Kompressor erzielt dieses einen Förderdruck von 1,1 bar. Die Fahrgeschwindigkeit wurde so gewählt, dass die aufgefangene Wassermenge in den Becken einer Ausbringmenge von mindestens 20 und höchstens 40 m<sup>3</sup>/ha entsprach.

### Was wurde ermittelt?

- Erfassung der Verteilgenauigkeit quer zur Fahrtrichtung: Verteilbild mit und ohne Überlappung, Symmetrie der Verteilung (Verteilmenge linke und rechte Seite), Variationskoeffizient, Überlappungstoleranz.
- Verteilbreite, effektive (nutzbare) Arbeitsbreite, Spritzweite gegen hinten.
- Optimale Einstellung für jeden Verteiler (Anbau am Stutzen, Düsengrösse, Arbeitsbreite).

Messungen gasförmiger N-Verluste (Ammoniak) während des Verteilvorganges wurden nicht durchgeführt. Tropfengrösse und Windanfälligkeit wurden nur visuell angeschaut. Zusätzlich zu den Prüfstandmessungen erfolgte ein Praxisinsatz mit Gülle auf einer Wiese und in einem Maisbestand. Dieser diente dazu, eine Beurteilung bezüglich Einsatzzeichnung (z.B. Verwendung Futter- und/oder Ackerbau) vornehmen zu können.

### Beurteilung der Verteilgenauigkeit

Die ermittelte Verteilkurve gibt bereits einen ersten Anhaltspunkt über die Verteilqualität. Eine zuverlässige Beurteilung ist jedoch nur über die Gesamtverteilung möglich. Dazu müssen die Verteilflanken in den Aussenzonen zueinander überlagert werden. Dabei geht man davon aus, dass mit dem Fass auf dem Feld hin und her gefahren wird. Aus der Gesamtverteilung, die sich aus der optimalen Überlappung der Verteilbilder ergibt, kann die effektive (nutzbare) Arbeitsbreite abgeleitet und der Variationskoeffizient (VK) berechnet werden. Der VK ist ein Mass für Ungleichmässigkeiten in der Querverteilung. Je tiefer der VK, desto besser ist die Verteilqualität.

**Tab. 2: Beurteilungsmassstab für den Variationskoeffizienten (VK)**

VK in %	Beurteilung
< 10 %	sehr gut
10 – 15 %	gut
15 – 20 %	befriedigend
20 – 30 %	mangelhaft
> 30 %	ungenügend

Zur Beurteilung der Verteilgenauigkeit kann man die Werte für den VK gemäss Tabelle 2 klassieren. Die Unterteilung mag auf den ersten Blick als streng erscheinen, rechtfertigt sich aber daher, dass mit jedem Verteiler Anbau und/oder Einstellung in mehreren Messungen optimiert wurden, um die beste Verteilqualität zu erzielen. Im Normalfall dürfte die Verteilgenauigkeit deutlich schlechter sein als die auf dem Prüfstand ermittelte, weil einerseits die Verteiler in der Praxis erfahrungsgemäss häufig nicht optimal angehängt oder eingestellt sind und andererseits das exakte Anschlussfahren zur Erreichung der optimalen Überlappung schwierig zu realisieren ist.

### Ergebnisse

#### Einstellmöglichkeiten

Tabelle 3 gibt eine Übersicht der Einstellmöglichkeiten an den untersuchten Verteilern. Zweck der Verstellmöglichkeit ist bei fast allen Fabrikaten die Änderung der Arbeitsbreite. Aus Tabelle 4 ist ersichtlich,

bei welchen Verteilern und in welchem Bereich diese verstellt werden kann.

Bei den **Pralltellern** mit verstellbarer Arbeitsbreite bestehen folgende Möglichkeiten:

- Neigung des Prallbleches (Bazzoli, Fliegl Exaktverteiler, Fliegl Schirmprallteller, Marchner, Oehler, Schweizer): Dadurch wird der Aufprallwinkel zum austretenden Güllestrahl verändert. Je steiler dieser bei Obenbeschickung ist, desto breiter und höher wird die Gülle verspritzt. Bei Beschickung des Tellers von unten verhält es sich umgekehrt: Bei steilem Aufprallwinkel wird die Gülle bodennah und weniger breit verspritzt.
- Distanz zwischen Prallteller und Düse (Bazzoli, Fliegl Schirmprallteller, \*K\*L\*E\*, Oehler, Vakuumat): Bei einigen Pralltellern kann zusätzlich die Distanz des Prallbleches zum austretenden Güllestrahl reguliert werden. Je kürzer die Distanz, desto grösser die Aufprallenergie und dadurch die Verteilbreite.
- Düsengrösse (Bauer, Bazzoli, Fliegl Exaktverteiler, \*K\*L\*E\*, Marchner, Oehler, Schweizer, Vakuumat): Durch Einsetzen von Düsen mit unterschiedlichem Durchmesser lässt sich der Druck des austretenden Güllestrahles variieren. Ein enger Düsenquerschnitt ergibt einen hohen Druck am Verteiler und damit eine grössere Verteilbreite. Bei den Bauer-Verteilern bestehen die Düsen aus Metall (zwei Grössen), bei den übrigen aus Gummi.
- Verstellbare Federklappe (Hadorn): Regulierung des Druckes in der Verteilerdüse. Bei starker Federspannung wird der Druck erhöht und die Verteilbreite vergrössert.

Bei allen Pralltellerverteilern hat die Änderung der Verteilbreite auch veränderte Verteileigenschaften zur Folge. Insbesondere bei den Verteilern, bei denen die Neigung des Tellers verstellt werden kann, kann das Verteilbild dadurch erheblich beeinflusst werden. Dies trifft auch für den Düsendurchmesser zu. Die Wahl der Düse hat zudem grossen Einfluss auf die Grösse der Tropfen und damit auf die Windanfälligkeit der Verteilung.

Bei den **Seitenverteilern** bewirkt ein steiler Neigungswinkel der Verteilerdüse eine grössere Spritzweite mit entsprechend grösserer Arbeitsbreite. Dies trifft auch für die auf Seitenverteilung umstellbaren Pralltellerverteiler zu.

Tab. 3: Einstellmöglichkeiten der geprüften Verteiler

Fabrikat	Typ	Verteil-system*	Neigung Prallblech	Distanz Prallblech-Düse	Grösse bzw. Durchmesser Düse	Seitenverteilung (Kombiverteiler)	Neigung Verteilerdüse	Stellung Federklappe	Anbauhöhe (Teleskoprohr)	Pendelausschlag	Schwenkbereich Düse
Agrar	Kombiverteiler	PT				x					
Althaus	Schmalverteiler	PT				x					
Althaus	Breitverteiler	PT				x					
Bauer	Universalverteiler	PT			x	x					
Bauer	Breitverteiler	PT			x						
Bazzoli	Breitverteiler	PT	x	x	x						
Fliegl	Dreiseitenverteiler	PT				x					
Fliegl	Exaktverteiler	PT	x		x						
Fliegl	Schirmprallteller	PT	x	x							
Hadorn	Pralltellerverteiler G87	PT						x			
Kirchner	Universalverteiler	PT				x					
*K *L *E *	Universalverteiler	PT		x	x	x					
Marchner	Breitverteiler	PT	x		x						
Oehler	Schirmprallteller	PT	x	x	x						
Schweizer	Exaktverteiler	PT	x		x						
Vakuumat	Universalverteiler	PT		x	x	x					
Bauer	Seitenverteiler	SV				x	x				
Eisele	Sternradverteiler	SV				x	x				
Armatec-Streicher	Flachstrahlverteiler	V		x							
Bazzoli	Prallkopfverteiler	V			x						
Zunhammer	Prallkopfverteiler	V			x						
Vakuumat	Prallkopfverteiler	H			x				x		
Armatec-Streicher	FTS-Pendelverteiler	P	x							x	
Marchner	Elomax	P								x	
Möscha	Spezial	P								x	
Hadorn	Schwenkverteiler G92	SD				x	x				x
Mai	K94-A6	SD				x	x				x

\* PT = Prallteller  
SV = Seitenverteiler

V = Vertikalverteiler  
H = Hochverteiler

P = Pendelverteiler  
SD = Schwenkdüsen

Bei den **Vertikalverteilern** Bazzoli und Zunhammer kann die Arbeitsbreite nur durch Auswechslung der Gummidüse (unterschiedliche Durchmesser) verändert werden. Beim Flachstrahlverteiler Armatec-Streicher kann durch Verkürzung der Distanz des Vertikalbleches zum austretenden Gullestrahl der Druck und damit die Verteilbreite vergrössert werden.

Beim **Hochverteiler** mit Teleskoprohr (Vakuumat) ergibt sich eine veränderte Arbeitsbreite durch die stufenlose Verstellung der Anbauhöhe des Prallkopfes. Zusätzlich kann die Gummidüse ausgetauscht werden.

Bei den **Pendelverteilern** erfolgt die Änderung der Arbeitsbreite durch Veränderung des Pendelausschlages, der sich bei allen drei Fabrikaten in mehreren Stufen variieren lässt. Beim FTS-Exaktverteiler kann zudem die Neigung des Pendel-

prallbleches verändert werden, was aber bezüglich Arbeitsbreite nur wenig ändert.

Bei den **Schwenkdüsenverteilern** ändert sich die Arbeitsbreite über den Schwenkbereich und die Neigung der Düse. Ist diese mit einer Federklappe versehen, kann durch die Spannung derselben der Druck am Düsenausgang und dadurch die Spritzweite vergrössert werden.

**Da die geprüften Verteiler mit wenigen Ausnahmen am gleichen Fass mit einem Druck von zirka 1,1 bar gemessen wurden, sind bei Verwendung an einem anderen Fabrikat bzw. am Originalfass leichte Abweichungen in Bezug auf die Arbeitsbreite und die Verteileigenschaften möglich, wenn der Druck am Verteilerausgang und/oder die Anbauhöhe nicht identisch sind. Starke Unter-**

schiede in den Verteileigenschaften sind besonders dann zu erwarten, wenn Prallteller an Fässern mit Zentrifugal- oder Verdrängungspumpe eingesetzt werden.

### Arbeitsbreite und Verteilgenauigkeit

Die Ergebnisse der Verteilmessungen sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Diese vermittelt für jeden geprüften Verteiler

- die gemessene Spritzweite gegen hinten;
- den Bereich der möglichen effektiven Arbeitsbreiten;
- die effektive Arbeitsbreite und die Verteilgenauigkeit, die bei optimierter Geräteeinstellung und bei optimaler Überlappung erzielt wurden (beim angegebenen Ausbringdruck);
- die empfohlene Überlappung in den Randzonen, die für eine gleichmässige Verteilung auf dem Feld notwendig ist.

Aus Abbildung 5 gehen die Variationskoeffizienten hervor, die aus dem Mittel aller ausgewerteter Messungen resultierten. In diesen sind auch Messungen mit nicht optimaler Einstellung berücksichtigt. Die Mittelwerte sind deshalb bei allen Verteilern höher als die in Tabelle 4 aufgeführten VK-Werte. Weil es für den Landwirt kaum möglich ist, die optimale Einstellung herauszufinden, dürften diese Mittelwerte eher der Realität der Praxis entsprechen. Die minimalen und maximalen Abweichungen sind bei vielen Verteilern gross, was beweist, dass die Geräteeinstellung bezüglich Verteilqualität grossen Einfluss hat. Wie die Zusammenstellung zeigt, bestehen sowohl zwischen den Verteilsystemen als auch zwischen den Fabrikaten markante Unterschiede bezüglich Verteilgenauigkeit.

Bei den **Pralltellern** ist die erzielte Verteilgenauigkeit entsprechend der Konstruktionsvielfalt je nach Fabrikat und Typ sehr unterschiedlich. Die mittleren Variationskoeffizienten liegen in einem Bereich von 15 bis 47% (Abb. 5). Nur bei zwei Fabrikaten liess sich durch Optimierung eine gute Verteilgenauigkeit erzielen. Gross sind auch die Unterschiede bezüglich nutzbarer Arbeitsbreite: Je nach Fabrikat und Typ beträgt diese zwischen 5 und 13 m (Tab. 4). Bei elf Verteilern kann die Arbeitsbreite in beschränktem Mass angepasst werden, allerdings mit Auswirkungen auf die Verteilqualität. Die

Tab. 4: Ergebnisse der geprüften Verteiler im Überblick

Fabrikat	Typ	Verteil-system <sup>1)</sup>	Spritzweite hinten m	Arbeitsbreite ....			Effektive Arbeitsbreite <sup>2)</sup> m	Erforderliche Überlappung <sup>2)</sup> m	Verteilgenauigkeit <sup>2)</sup>	
				Verstell-bar	von ... bis m	Bei Druck von ca. ... bar			VK %	Beur-teilung
Agrar	Kombiverteiler	PT	7	nein	7,5	1,1	7,5	1	17,9	befriedigend
Althaus	Schmalverteiler	PT	6,5	nein	5	1,1	5	2	19,8	befriedigend
Althaus	Breitverteiler	PT	7,5	nein	9,5	1,1	9,5	1,5	15,2	befriedigend
Bauer	Universalverteiler	PT	10,5	ja	8-9,5	1,1	9	1	15,9	befriedigend
Bauer	Breitverteiler	PT	5	ja	10-12,5	1,1	12	1	17,1	befriedigend
Bazzoli	Breitverteiler	PT	14	ja	11-12	1,1	11,5	0,5	35,7	ungenügend
Fliegl	Dreiseitenverteiler	PT	11,5	nein	10,5	1,1	10,5	1	25,3	mangelhaft
Fliegl	Exaktverteiler	PT	9,5-13	ja	8-11	1,1	9	1	23,9	mangelhaft
Fliegl	Schirmprallteller	PT	8,5	ja	8-8,5	1,1	8	1,5	30,7	ungenügend
Hadorn	Pralltellerverteiler G87	PT	5,5	ja	11-13	6	13	1	11,2	gut
Kirchner	Universalverteiler	PT	8	nein	9,5	1,1	9,5	1	45,0	ungenügend
*K*L*E*	Universalverteiler	PT	11	ja	9,5-10,5	1,1	9,5	1,5	19,5	befriedigend
Marchner	Breitverteiler	PT	11	ja	8-11,5	1,1	11	2,5	17,5	befriedigend
Oehler	Schirmprallteller	PT	11	ja	9-13	1,1	12,5	1	18,7	befriedigend
Schweizer	Exaktverteiler	PT	13	ja	10-13	4	10	2,5	14,5	gut
Vakuumat	Universalverteiler	PT	6,5	ja	8-9	1,1	8,5	1	33,8	ungenügend
Bauer	Seitenverteiler	SV	0	ja	8-11	1,1	4	5	41,8	ungenügend
Eisele	Sternradverteiler	SV	0	ja	8-14	1,1	5	8,5	38,6	ungenügend
Armatec-Streicher	Flachstrahlverteiler	V	0,5	ja	11-13,5	1,1	12,5	0,5	17,3	befriedigend
Bazzoli	Prallkopfverteiler	V	0,5	nein	10	1,1	10	1	24,0	mangelhaft
Zunhammer	Prallkopfverteiler	V	0,5	nein	9,5	6	9,5	4	19,5	befriedigend
Vakuumat	Prallkopfverteiler	H	0,5	ja	9-9,5	1,1	9,5	4	15,8	befriedigend
Armatec-Streicher	FTS-Pendelverteiler	P	9	ja	11-13	8	11,5	3	7,7	sehr gut
Marchner	Elomax	P	11	ja	13,5-16	1,1	16	1,5	9,1	sehr gut
Möscha	Spezial	P	9	ja	10,5-14	1,1	13,5	1,5	8,1	sehr gut
Hadorn	Schwenkverteiler G92	SD	13	ja	bis 20	6	13	3	8,8	sehr gut
Mai	K94-A6	SD	13	ja	bis 20	6	15	3	7,6	sehr gut

1) PT = Prallteller  
SV = Seitenverteiler

V = Vertikalverteiler  
H = Hochverteiler

P = Pendelverteiler  
SD = Schwenkdüsen

2) Bei optimierter Einstellung und bei optimaler Überlappung

meisten Prallteller reagieren auf Einstellungsänderungen sehr empfindlich. Zudem hat sich gezeigt, dass bereits geringfügige Änderungen beim Anbau des Verteilers am Ausbringstutzen das Verteilbild oder die Verteilsymmetrie erheblich verschlechtern können. Für viele Prallteller charakteristisch ist das M-förmige Verteilbild. Besonders ausgeprägt

ist dieses bei Verteilern mit steilem Prallwinkel. Die Verteilflanken fallen mit wenigen Ausnahmen aussen steil ab. Entsprechend dürfen sich die Flanken beim Anschlussfahren auf dem Feld nur wenig überlagern: Bei der Mehrheit der Verteiler beträgt die optimale Überlappungsbreite 1 bis 1,5 m (Tab. 4).



Abb. 6: Schirmprallteller zeichnen sich durch eine sehr bodennahe Ausbringung aus.

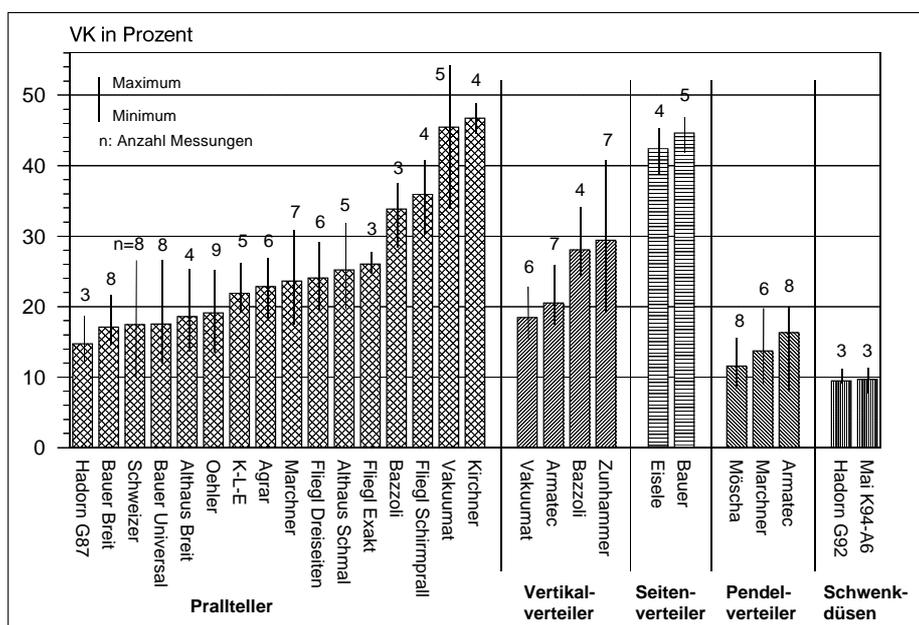


Abb. 5: Mittlere Variationskoeffizienten als Mass für die Verteilgenauigkeit der geprüften Verteiler, gegliedert nach Verteilsystem (total 149 Messungen). Je tiefer der VK, desto besser die Verteilgenauigkeit.

Die **Seitenverteiler** erreichen Verteilbreiten von 8 bis 14 m (ohne Überlappen). Werden die Verteilbilder überlagert, resultieren je nach Einstellung effektive Arbeitsbreiten von zirka 4 bis 5 m mit mittleren Variationskoeffizienten von über 40% (Abb. 5). Eine optimale Überlappung der Verteilbilder ist schwierig und wird in der Praxis kaum vorgenommen. Ihr Einsatz bedingt, dass auf dem Feld immer in der gleichen Richtung gefahren wird.

Bei den **Vertikalverteilern** sind die Verteilbilder dadurch geprägt, dass in der Mitte zwischen den Fahrspuren zuviel Gülle auf den Boden gelangt. Die Verteilgenauigkeit ist mit mittleren VK-Werten zwischen 18 und 29% mittelmässig (Abb. 5). In den Aussenzonen fallen die

Flanken steil ab, weshalb mit Vertikalverteilern auf dem Feld nur geringfügig (0,5 bis 1 m) zu überlappen ist (Ausnahme: Zunhammer). Die effektiven Arbeitsbreiten liegen bei 9 bis 13 m.

Mit dem **Hochverteiler** ist das Verteilbild ähnlich wie bei den gewöhnlichen Vertikalverteilern. Durch den erhöhten Anbau sollen Arbeitsbreiten realisiert werden, um eine Güllekopfdüngung in stehenden Kulturen bei vorgegebenen Fahrgassen (Abstand z.B. 12 m) vornehmen zu können. Die Verteilbreite (ohne Überlappung) beträgt je nach Anbauhöhe des Prallkopfes zwischen 12 und 13,5 m. Wie Abbildung 7 zeigt, ist eine effektive Arbeitsbreite von 12 m bei maximaler Anbauhöhe von über 200 cm möglich, aber nur mit mangelhafter Verteilqualität, wie sie bei Kopfdüngung im Ackerbau kaum erwünscht ist. Wird stärker überlappt (optimale Überlappung von 4 m auf beiden Seiten), erzielt man eine recht gute Verteilgenauigkeit mit entsprechend kleinerer Arbeitsbreite (9,5 m). Eine exakte Kopfdüngung ist deshalb nur im stehenden Mais möglich oder wenn ausserhalb der Fahrgassen gefahren werden kann.

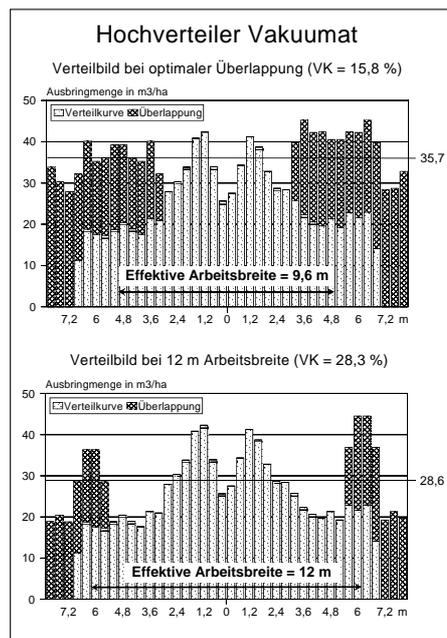


Abb. 7: Hochverteiler (Vakuumat Prallkopfverteiler), Anbauhöhe = 220 cm: Verteilqualität bei optimaler Überlappung (Futterbau, Ackerbau ohne Fahrgassen) und bei 12 m Arbeitsbreite (Ackerbau mit Fahrgassen). Im ersten Fall ist die Verteilgenauigkeit knapp gut, im zweiten mangelhaft.



Abb. 8: Der Möscha-Pendelverteiler besticht durch seine einfache Konstruktion und die einwandfreie Verteilarbeit.

Mit den **Pendelverteilern** fällt die Verteilgenauigkeit gut bis sehr gut aus (mittlere VK-Werte von unter 15 %; Abb. 5). Bei optimierter Geräteeinstellung kann die Verteilqualität sehr gut sein (Tab. 4). Mit den Verteilern von Armatec-Streicher und Marchner waren allerdings sehr viele Optimierungsversuche notwendig, bis die beste Einstellung mit sehr guter Verteilqualität ermittelt werden konnte. Beim Möscha und Marchner fallen die Verteilflanken aussen relativ steil ab, so dass nur relativ wenig (1,5 m) zu überlappen ist. Die nutzbaren Arbeitsbreiten betragen 10,5 bis 14 m (Marchner bis

16 m) und können beschränkt (bis maximal 3 m zusätzliche Arbeitsbreite) angepasst werden.

Die elektrisch gesteuerten **Schwenkdüsenverteiler** ergeben nahezu optimale Verteilbilder mit aussen relativ flach abfallenden Flanken. Die anzustrebende Überlappung beträgt etwa 3 m. Die mittleren Variationskoeffizienten liegen knapp unter 10% (Abb. 5). Die Verstellung des Schwenkwinkels und der Neigung der Düse beeinflusst die Verteilgenauigkeit nicht. Die erzielbaren Arbeitsbreiten hängen wesentlich vom Druck an der Verteildüse ab. Effektive Arbeitsbreiten von über 15 m sind nur mit Fässern möglich, die mit einer Hochdruckpumpe ausgerüstet sind. Bei Vakuumfässern empfiehlt sich die Verwendung eines Weitstrahlrohres (Gummidüse).

## Überlappungstoleranz

Voraussetzung zur Erzielung einer genauen Gesamtverteilung ist die Überlappung der Verteilbilder im richtigen Abstand. Das Verteilbild hat dabei grossen Einfluss: Verteiler mit aussen flach abfallenden Verteilflanken reagieren auf Ungenauigkeiten beim Anschlussfahren weniger empfindlich und verfügen dadurch über eine bessere Überlappungstoleranz als Verteiler mit aussen steil abfallenden Flanken.

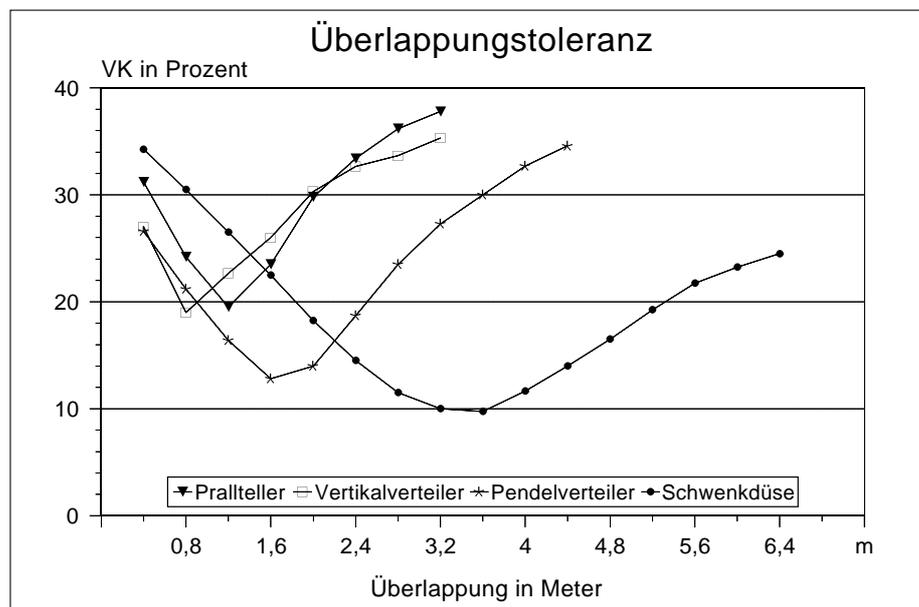


Abb. 9: Veränderung der Verteilgenauigkeit (VK = Variationskoeffizient in %) in Abhängigkeit der Überlappung bei verschiedenen Verteilsystemen. Je flacher die Verteilung der VK-Werte, desto besser ist die Überlappungstoleranz.

Die Überlappungstoleranz ist in erster Linie durch das Verteilsystem geprägt. Abbildung 9 verdeutlicht die systembedingten Unterschiede anhand von vier typischen Beispielen. Mit Prallteller- und Vertikalverteilern resultiert rasch eine schlechte Verteilgenauigkeit, wenn nicht im optimalen Abstand überlappt wird. Mit Pendelverteilern, insbesondere aber mit Schwenkdüsen dagegen bleibt der Variationskoeffizient in einem relativ weiten Bereich tief, und ein ungenaues Anschlussfahren wirkt sich auf die Verteilgenauigkeit weniger gravierend aus.

## Windanfälligkeit

Bei allen Breitverteilern besteht grundsätzlich die Gefahr, dass der Wind die Verteilung während dem Ausbringen beeinträchtigt. Für die Seitenwindempfindlichkeit bestimmend sind im wesentlichen die Arbeitsbreite, die Spritzweite und -höhe und die Tropfengrösse des Verteilers. Bezüglich Windeinfluss günstig sind Verteiler mit eher kleiner Verteilbreite, die möglichst bodennah und nicht zu feintropfig verteilen. Die Tropfengrösse hängt stark vom Pumpendruck und vom Durchmesser der Düse ab (Abb. 10).

Während der Messungen zeigte sich, dass die Verteilqualität bei vielen Verteilern schon bei einer Windstärke von zirka 1 m/s (2 m über Boden gemessen) merklich beeinträchtigt wird. Folgende Unterschiede liessen sich feststellen:

- Bei den Pralltellerverteilern ist die Seitenwindempfindlichkeit generell hoch, besonders bei jenen mit grosser Wurfhöhe (Bazzoli, Marchner, Fliegl Exaktverteiler) und mit feinsprühiger Verteilung (Hadorn, Schweizer). Bei vielen Pralltellern (s. Tab. 3) kann die Tropfenstruktur durch Wahl einer grösseren Düse verbessert und die Windbeein-

flussung reduziert werden. Die Schirmprallteller (Fliegl, Oehler) schneiden dank der bodennahen Ausbringung günstiger ab als die übrigen Prallteller.

- Mit den Seitenverteilern ist die Windanfälligkeit vor allem bei steilem Anstellwinkel der Düse relativ hoch.
- Bei den Vertikalverteilern wirkt sich die flache Strahlform in Bezug auf Seitenwind günstig aus.
- Der Hochverteiler erfreut durch eine grobstropfige Verteilung, dennoch ist die Gefahr der Windverfrachtung wegen der grossen Anbauhöhe relativ gross.
- Die Pendelverteiler Marchner und Möscha zeigen trotz grosser Arbeitsbreite eine geringe Empfindlichkeit, da sie ebenfalls sehr grosse Tropfen bilden. Beim Armatec-Streicher dagegen wirkt sich die feintropfige Verteilung ungünstig aus.
- Schwenkdüsenverteiler sind nur wenig windempfindlich, da der aus der Düse austretende Güllestrahl auch nach 10 m Distanz kompakt bleibt und erst bei stärkerem Wind verfrachtet wird.

## Einsatz im Ackerbau

Im Ackerbau – insbesondere in wachsenden Ackerkulturen – sind die Anforderungen an den Verteiler bezüglich Arbeitsbreite und Verteilgenauigkeit wesentlich höher als auf Grünland. Gefragt ist einerseits eine genügend grosse Arbeitsbreite, um möglichst wenig Durchfahrten zu haben oder gar in den Fahrgassen fahren zu können. Gleichzeitig müssen die Nährstoffe möglichst exakt verteilt werden können.

Geht man davon aus, dass **die effektive Arbeitsbreite 12 m** oder mehr und **die Verteilgenauigkeit mindestens befriedigend** sein muss, können von den untersuchten Verteilern die folgenden empfohlen werden:



Abb. 11: Seitenverteiler kommen hauptsächlich für das seitliche Bespritzen von Maisäckern oder von nicht befahrbaren Bördern zur Anwendung. Die Verteilgenauigkeit ist ungenügend.

- Prallteller: Bauer Breitverteiler, Hadorn, Oehler, Schweizer;
- Vertikalverteiler: Armatec-Streicher;
- Hochverteiler: Vakuumat Prallkopf (Verteilgenauigkeit bei 12 m Arbeitsbreite mangelhaft);
- Pendelverteiler: Armatec-Streicher, Marchner, Möscha;
- Schwenkdüsen: Hadorn, Mai.

Am besten eignen sich Pendel- und Schwenkdüsenverteiler, da die Anforderungen bezüglich Arbeitsbreite und Verteilgenauigkeit problemlos erfüllt werden. Die aufgeführten Prallteller- und Vertikalverteiler kommen nur bei 12 m Fahrgassen und wegen mässiger Verteilqualität nur in wenig anspruchsvollen Kulturen (beispielsweise Mais) in Frage. Dasselbe trifft für den Hochverteiler zu.

## Fassgrösse, Arbeitsbreite und Feldlänge

In der Praxis ist es üblich, dass mit einer Fassfüllung eine ganze Feldlänge begüllt wird. Im Ackerbau ist dies gar Bedingung, um nicht dieselbe Fahrspur zweimal befahren zu müssen. Fassgrösse und Arbeitsbreite des Verteilers sollten deshalb möglichst auf die vorhandenen Feldlängen abgestimmt sein. In Abbildung 12 sind die Zusammenhänge zwischen Fassgrösse, Arbeitsbreite und Feldlänge bei einer Güllegabe von 30 m<sup>3</sup>/ha zusammengestellt. Daraus wird ersichtlich, welche Länge bei gegebener Fassgrösse und Arbeitsbreite noch realisiert werden kann bzw. welche Fassgrösse nötig ist, um bei einer gewünschten Arbeitsbreite (von zum Beispiel 12 m) eine ganze Feldlänge mit einer Füllung bedienen zu können. Für kleine und mittelgrosse Fässer sind Verteiler mit Arbeitsbreiten von mehr als 8 m kaum sinnvoll.



Abb. 10: Tropfengrösse bei Breitverteilern (links zu feinsprühig; rechts ideale Tropfengrösse): Eine grobtropfige Verteilung reduziert die Seitenwindempfindlichkeit und dürfte auch die Gefahr hoher Ammoniakverluste günstig beeinflussen.

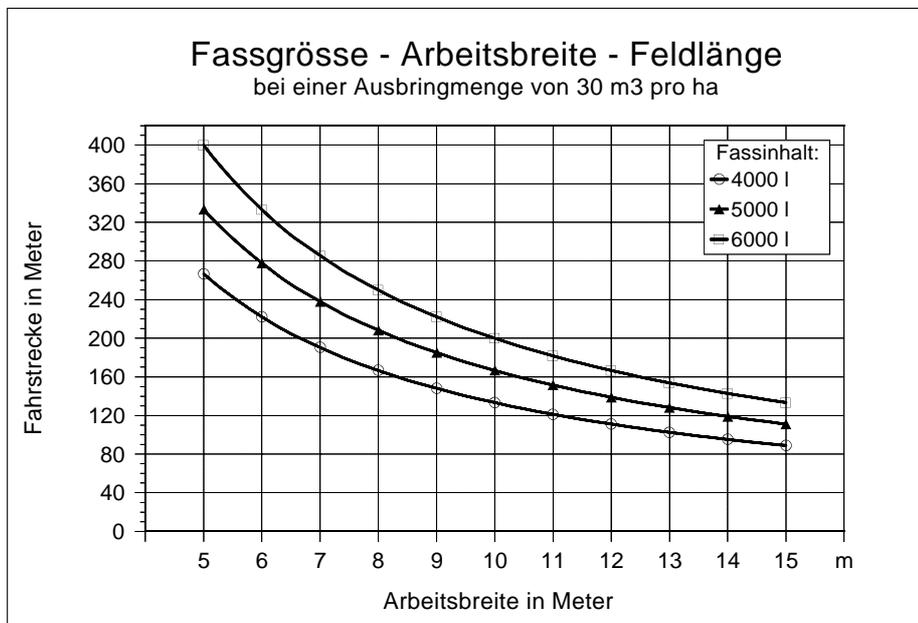


Abb. 12: Zusammenhang zwischen Fassgrösse, Arbeitsbreite des Verteilers und realisierbarer Fahrstrecke bzw. Feldlänge bei einer Güllegabe von 30 m³/ha. Grosse Arbeitsbreiten ergeben zwar weniger Durchfahrten pro Fläche, erfordern aber grossvolumige Fässer.

### Erkenntnisse im Praxis-einsatz

Für das exakte **Güllen entlang von Feldrändern** eignen sich Verteiler mit aussen steil abfallenden Verteilflanken besser als solche mit flach abfallenden Flanken. Bei letzteren ist die Verteilung am Feldrand relativ ungenau, weil die Düngermenge auf einer Breite von mehreren Metern zu gering ausfällt. In dieser Hinsicht schneiden die Mehrheit der Prallteller und Vertikalverteiler besser ab. Diesem Aspekt ist allerdings nur auf kleinflächigen Parzellen Bedeutung beizumessen. Schwenkdüsenverteiler bieten



Abb. 13: Vertikalverteiler verteilen die Gülle nicht nach hinten, sondern nur beidseitig seitwärts. Dadurch ermöglichen sie eine exaktere Ausbringung am Beginn und Ende des Feldes.

in dieser Hinsicht jedoch keine Probleme, indem entlang von Feldrändern auf halbseitige Verteilung umgestellt werden kann.

Prallteller-, Pendel- und Schwenkdüsenverteiler weisen zum Teil grosse Spritzweiten gegen hinten auf (Tab. 4). Dies erschwert ein genaues **Güllen am Beginn und Ende der Feldlänge** erheblich, zumal die Distanz vom Traktorsitz aus nur schwer eingeschätzt werden kann. In dieser Hinsicht bieten die nur seitwärts spritzenden Vertikal- und Seitenverteiler einen wesentlichen Vorteil.

**Schwenkdüsenverteiler** sind nur an Pumpfässern (Zentrifugal-, Drehkolben- oder Schneckenpumpe) geeignet. Bei Verwendung an Vakuumpfässern ist der vom Kompressor erzeugte Druck für eine ausreichende Auslaufmenge zu klein, wodurch die Fahrgeschwindigkeit für eine vernünftige Ausbringung übermässig reduziert werden muss. Die Verteilarbeit ist durch die erschwerte Sicht vom Fahrersitz aus im Vergleich zum Direktanbau an der Dreipunkt hydraulik (Verschlauchung) viel schwieriger kontrollierbar. Die Schwenkfrequenz ist eher zu knapp, was bei gross eingestellter Arbeitsbreite und bei kleiner Ausbringungsmenge (hohe Fahrgeschwindigkeit) Ungenauigkeiten in der Längsverteilung zur Folge hat. Beim Güllen in hohen Mais-



Abb. 14: Bei den Schwenkdüsen ist die Bedienung wegen der erschwerten Sicht auf den Verteiler nicht ganz einfach. Dies und der recht hohe Anschaffungspreis dürften die Hauptgründe sein, weshalb dieses System an Fässern noch wenig verbreitet ist.

oder Getreidebeständen können die Pflanzen durch die Wucht des Strahles umgedrückt werden.

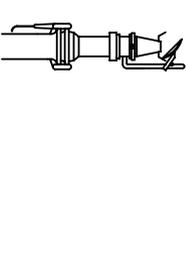
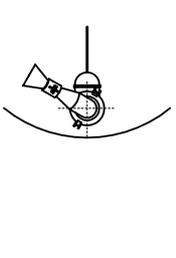
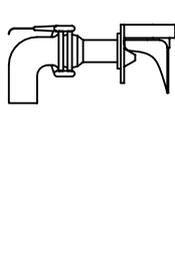
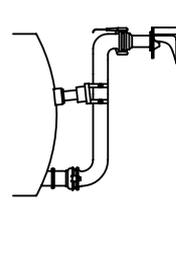
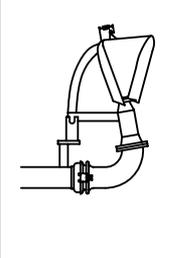
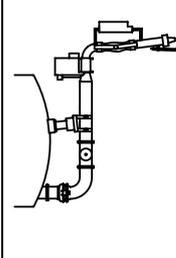
Das gleiche Phänomen war auch bei den **Seitenverteilern** zu beobachten. **Pendelverteiler** haben die Besonderheit, dass die Gülle relativ weit gegen vorne (bis Höhe Achse Fass) verspritzt wird. Beim **Möscha**-Pendelverteiler kann die Energie der Pendelbewegung das Fass gegen Ende der Entleerung zum Hin- und Herschwanken bringen, besonders bei leichten Fässern. Für den Anbau des **Hochverteilers** ist eine Halterung am Fassdeckel zur Fixierung des Steigrohres erforderlich. Die Verstellung der Anbauhöhe des Prallkopfes am Teleskoprohr ist für eine Person mühsam.

### Eignung im Überblick

Tabelle 5 enthält die wichtigsten Merkmale der untersuchten Verteilsysteme. Die entscheidenden Kriterien bei der Wahl eines geeigneten Verteilers sind die Verteilgenauigkeit und die nutzbare Arbeitsbreite. Welches System empfohlen werden kann, hängt im wesentlichen von folgenden Bedingungen ab:

- Anwendung der Gülle ausschliesslich im Futterbau oder auch im Ackerbau;
- Ackerbau: Ansprüche der Kulturen bezüglich Verteilgenauigkeit, Fahren in vorgegebenen Abständen (Fahrgassen) oder unabhängig;
- Grösse der Parzellen;
- Maximale Längen der zu güllenden Felder;
- Fassgrösse.

Tab. 5: Merkmale der Verteilsysteme im Überblick

	Prallteller	Seitenverteiler	Vertikalverteiler	Hochverteiler	Pendelverteiler	Schwenkdüsen
						
Bauart	einfach	einfach	einfach	mittel	einfach/aufwendig	aufwendig
Investition in Fr.	120 – 790.-	230 – 275.-	380 – 890.-	1200 – 1520.-	1100 – 2540.-	3600 – 3690.-
Effektive Arbeitsbreiten	5-13 m; je nach Fabrikat/Typ	bis 14 m (ohne Überlappen)	9-13 m; je nach Fabrikat	9-10 m	11-16 m; je nach Einstellung	bis 20 m; je nach Druck u. Einstellung
Verteilgenauigkeit	mehrheitlich befriedigend bis mangelhaft	ungenügend	befriedigend	befriedigend	gut bis sehr gut	sehr gut
Windempfindlichkeit	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel	gering
Erforderliche Überlappungsbreite	0,5-2 m	-	0,5-1 m	4 m	1,5-2 m	3 m
Überlappungstoleranz	gering	-	sehr gering	gering	gut	sehr gut
Einstellung Arbeitsbreite	mehrheitlich begrenzt möglich	möglich	nicht möglich	möglich (Teleskop)	begrenzt möglich	problemlos möglich
Exaktes Güllen am Feldanfang bzw. Feldende	nicht möglich	sehr gut möglich	sehr gut möglich	sehr gut möglich	nicht möglich	nicht möglich
Weitere Merkmale	Exakter Anbau Verteilgerät sehr heikel	Überlappen problematisch		12 m Arbeitsbreite ergibt ungenaue Verteilung		- halbseitiges Verteilen möglich - nicht geeignet für Vakuumfass
Empfohlene Eignung	Futterbau	Ackerbau (nur sehr bedingt)	Futterbau	Futterbau, Ackerbau	Futterbau, Ackerbau	Futterbau, Ackerbau

### Empfehlungen für den Praxiseinsatz

Zur Erzielung einer befriedigenden Verteilqualität sind die folgenden Grundregeln zu beachten:

- Exakter Anbau des Verteilers am Ausbringstutzen.
- Richtige Einstellung gemäss Herstellerangaben. Liegen diese nicht vor, soll die in diesem Bericht gefundene

optimale Einstellung (gemäss Angabe im Typenblatt) vorgenommen werden.

- Verteilkurven im empfohlenen Abstand (siehe Angaben in Tab. 4) zueinander überlappen und möglichst exakt einhalten. Bei der Düngung in Ackerkulturen (Getreide, Raps) kann es sich lohnen, die Abstände mit Stangen abzustecken.
- Prallteller- und Vertikalverteiler: Richtige Düse wählen (sofern möglich):

Düsengrösse so auf Druck abstimmen, dass Tropfen genügend gross sind, damit der Windeinfluss gering bleibt.

- Bei Pralltellerverteilern mit Obenbeschickung sollte die Neigung des Prallbleches nicht über 30° betragen. Je steiler die Neigung, desto ausgeprägter wird die M-Form des Verteilbildes.
- Bei Wind auf das Güllen verzichten.

### Typenblätter: Darstellung der Ergebnisse

Im Anhang sind die Ergebnisse für alle geprüften Verteiler einzeln dargestellt. Die dargestellte Messung entspricht dem in mehreren Durchgängen optimierten Ergebnis. Die Grafik oben zeigt die auf dem Prüfstand ermittelte Verteilkurve (gepunktet) und die bei optimaler Überlappung resultierende Gesamtverteilung (schraffiert). Die linke Seite der Grafik

entspricht der linken Seite in Fahrtrichtung. Die Berechnung der Überlappung unterliegt der Annahme, dass auf dem Feld hin- und hergefahren wird. Die aus der Gesamtverteilung ermittelte durchschnittliche Ausbringmenge ist auf 30 m<sup>3</sup>/ha standardisiert, und die Einzelwerte sind dieser entsprechend in Prozent umgerechnet. In der Mitte finden sich die Angaben zu:

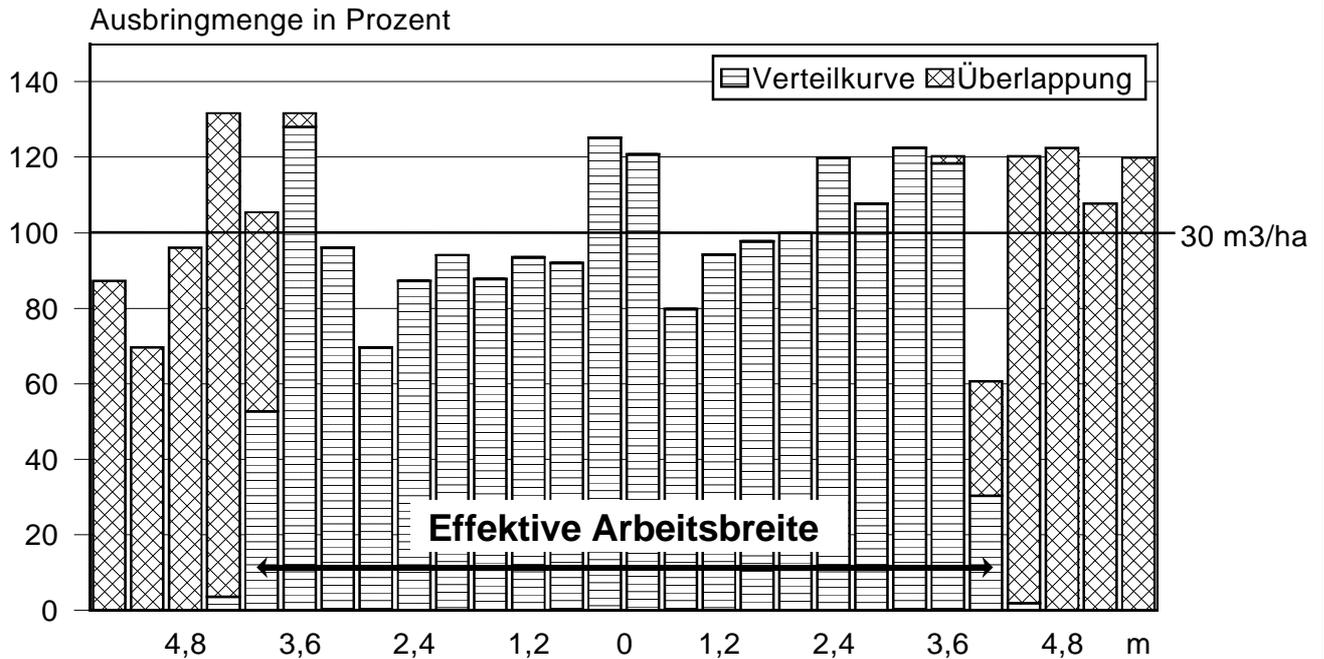
- Arbeitsbreite: Verteilbreite, effektive Arbeitsbreite, erforderliche Überlappung, Spritzweite nach hinten;

- Verteilgenauigkeit: Verteilmenge links/rechts, Variationskoeffizient;
- Förderdruck am Fass, Anbauhöhe über Boden;
- Einstellung am Gerät, die vorgenommen wurde.

Die Grafik «Überlappungstoleranz» gibt an, bei welcher Überlappung die beste Verteilqualität erzielt wird und wie der Verteiler auf Ungenauigkeiten beim Anschlussfahren reagiert.

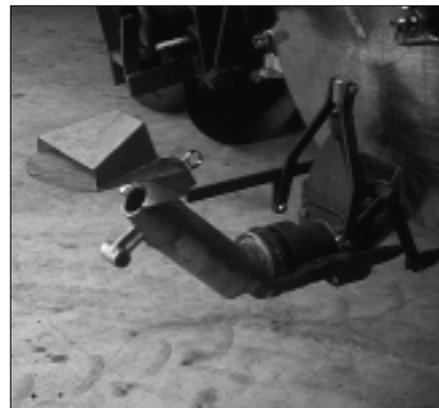
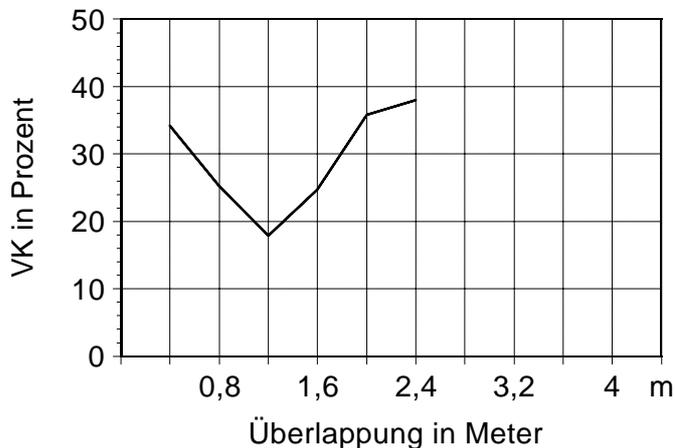
**Fabrikat: Agrar**  
Verteilssystem: Prallteller

**Typ: Kombiverteiler**



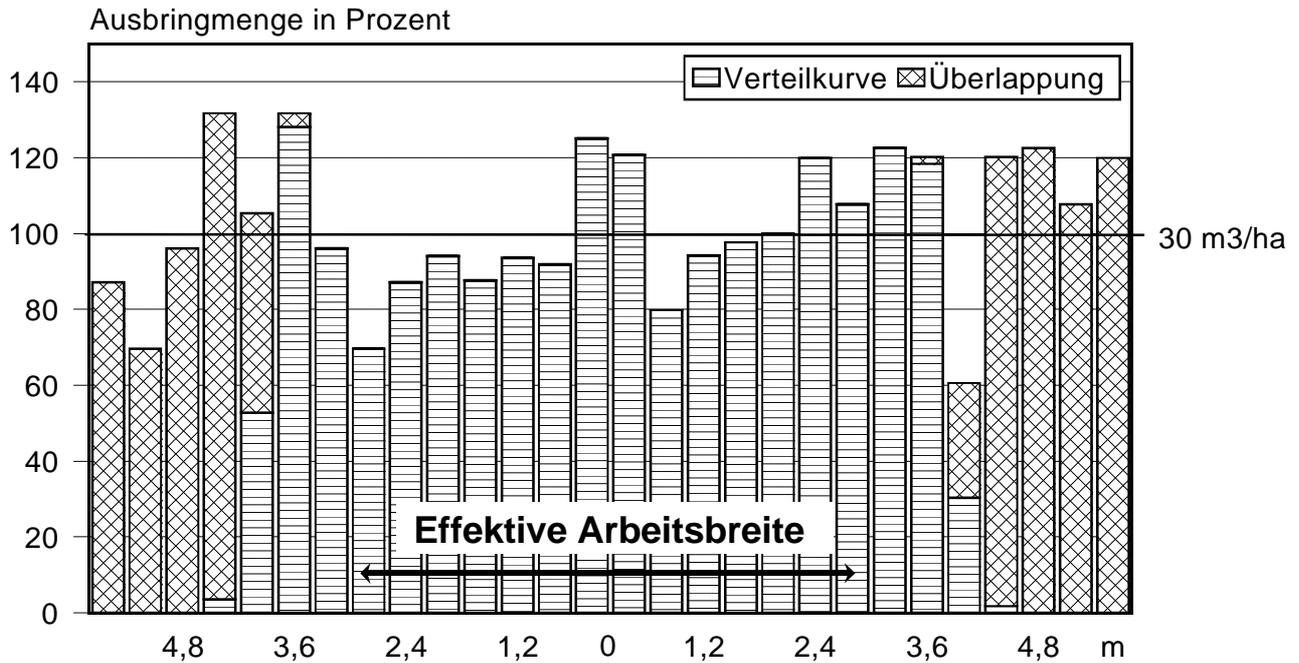
Verteilbreite:	8,8 m
Effektive Arbeitsbreite:	7,6 m
Spritzweite hinten:	7 m
Verteilmenge links / rechts:	48,3 / 51,7 %
Variationskoeffizient (VK):	17,9 %
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	122 cm

### Überlappungstoleranz



# Fabrikat: Althaus (Einsatz "Schmalverteiler")

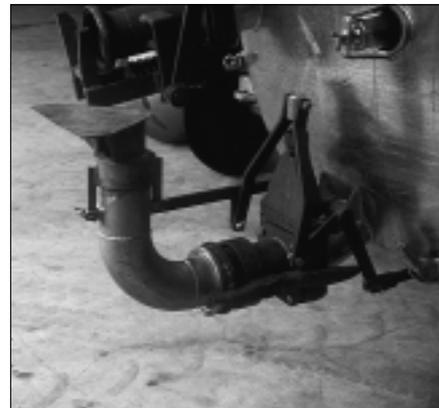
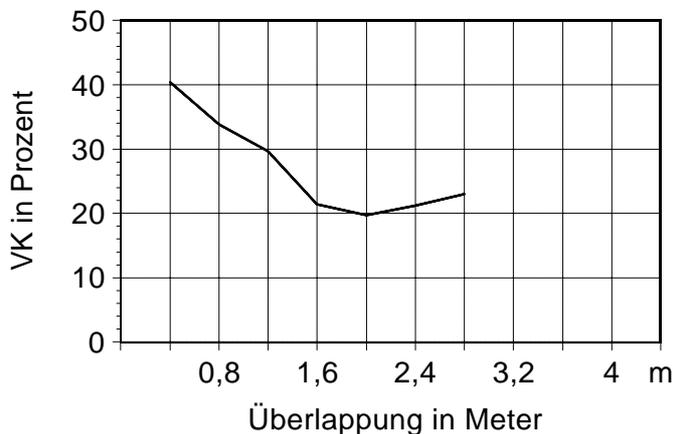
Verteilsystem: Prallteller



Verteilbreite:	7,2 m
Effektive Arbeitsbreite:	5,2 m
Spritzweite hinten:	6,5 m
Verteilmenge links / rechts:	53,2 / 46,8 %
Variationskoeffizient (VK):	19,8 %

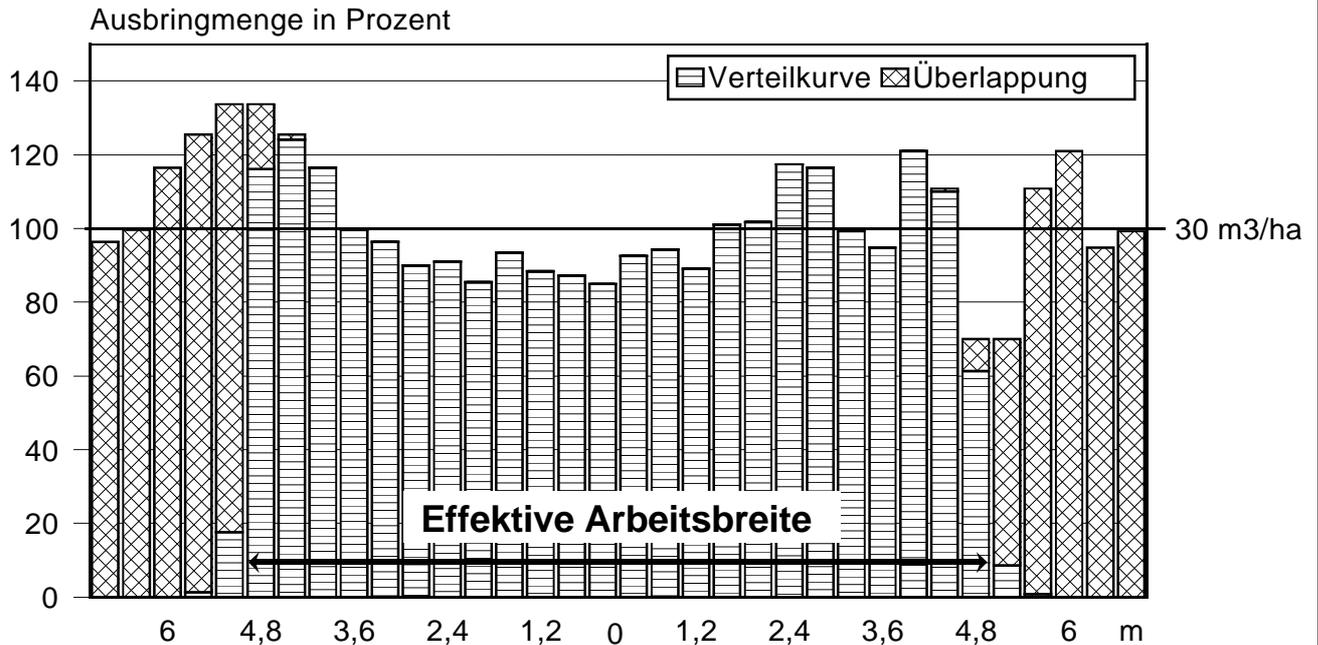
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	125 cm

## Überlappungstoleranz



# Fabrikat: Althaus (Einsatz "Breitverteiler")

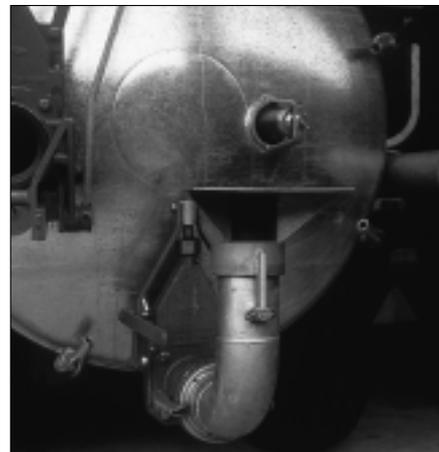
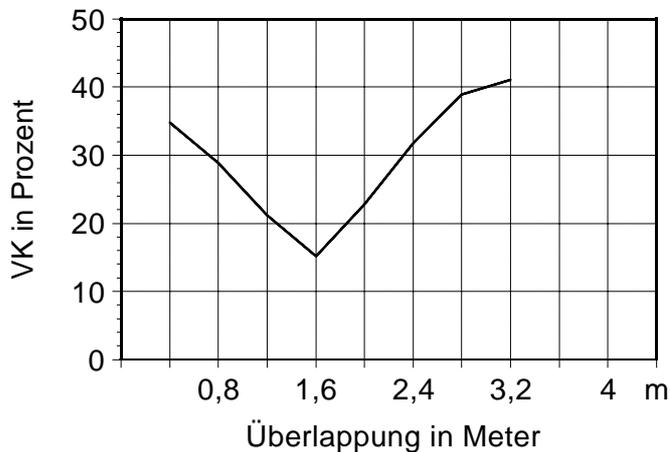
Verteilsystem: Prallteller



Verteilbreite:	11,2 m
Effektive Arbeitsbreite:	9,6 m
Spritzweite hinten:	7,5 m
Verteilmenge links / rechts:	49,6 / 50,4 %
Variationskoeffizient (VK):	15,2 %

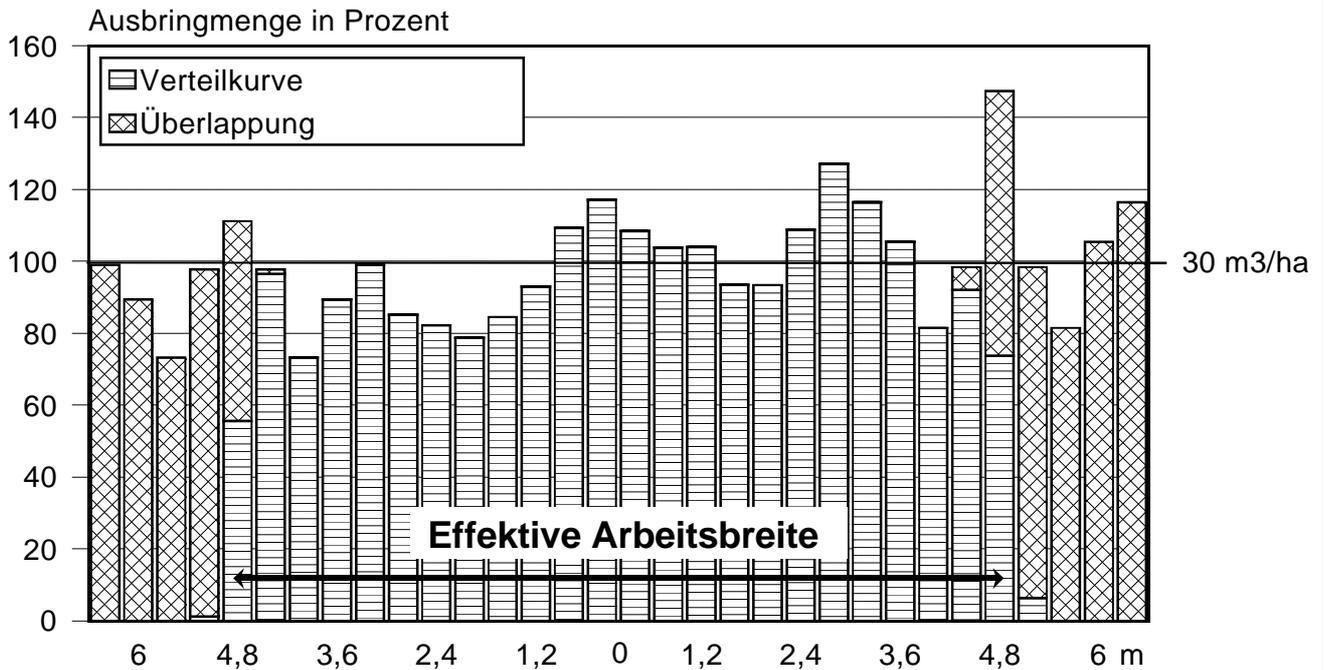
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	130 cm

## Überlappungstoleranz



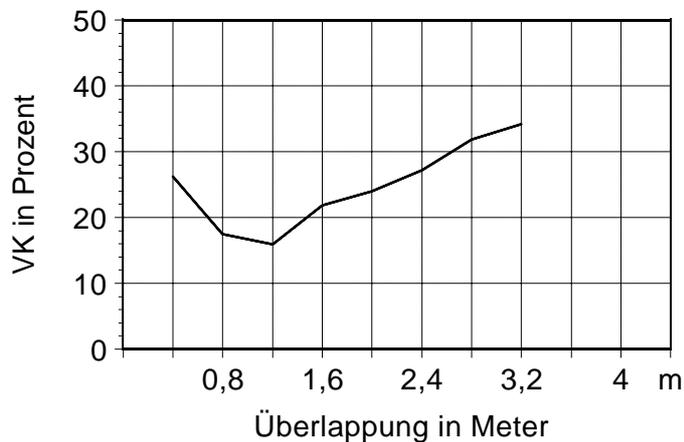
**Fabrikat: Bauer**  
Verteilsystem: Prallteller

**Typ: Universalverteiler**



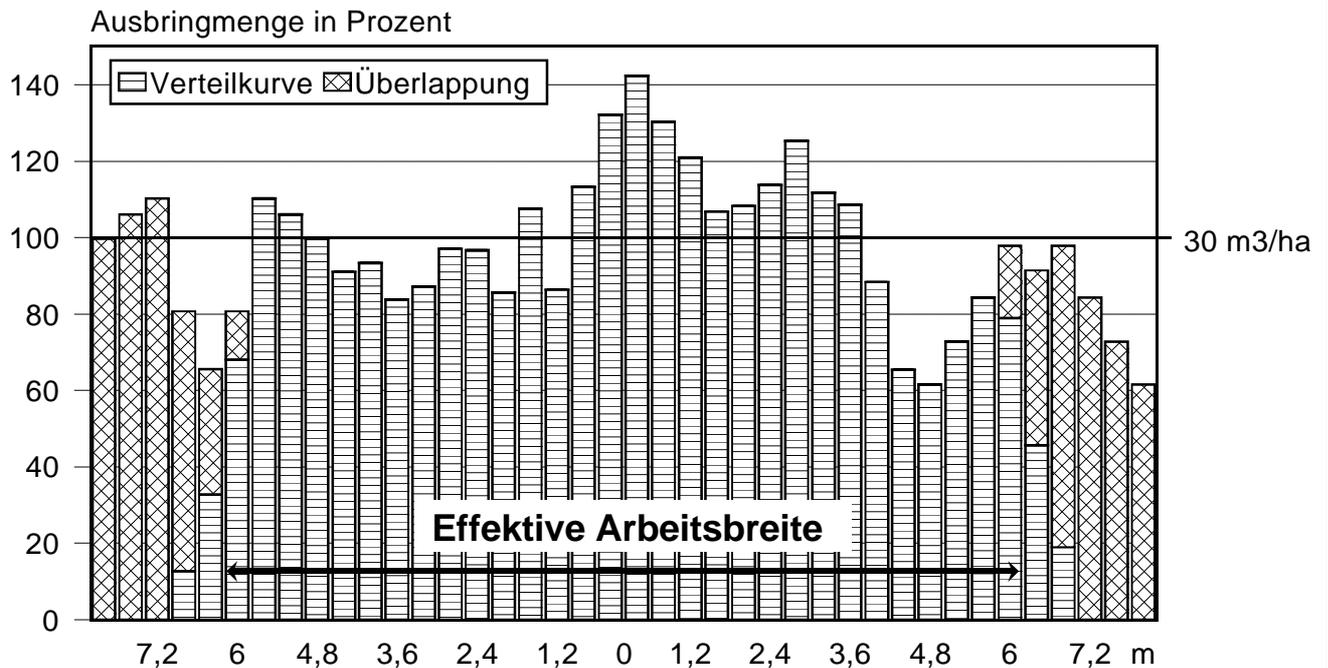
Verteilbreite:	10,4 m
Effektive Arbeitsbreite:	9,2 m
Spritzweite hinten:	10,5 m
Verteilmenge links / rechts:	46,7 / 53,3 %
Variationskoeffizient (VK):	15,9 %
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	110 cm
Einstellung: Düse Nr. 3024 (52 mm Durchmesser)	

**Überlappungstoleranz**



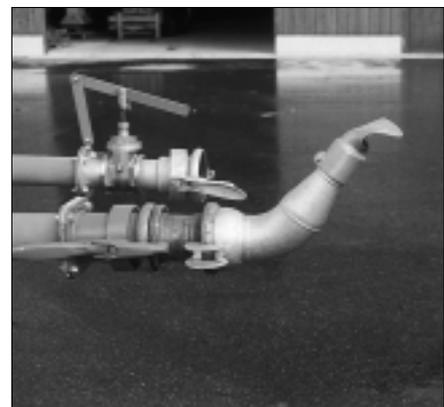
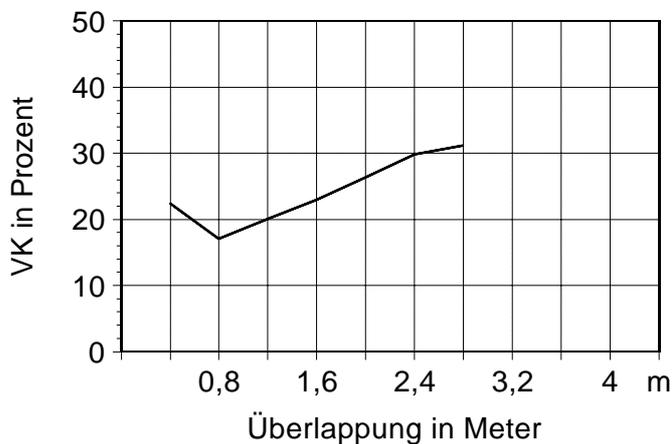
**Fabrikat: Bauer**  
 Verteilsystem: Prallteller

**Typ: Breitverteiler**



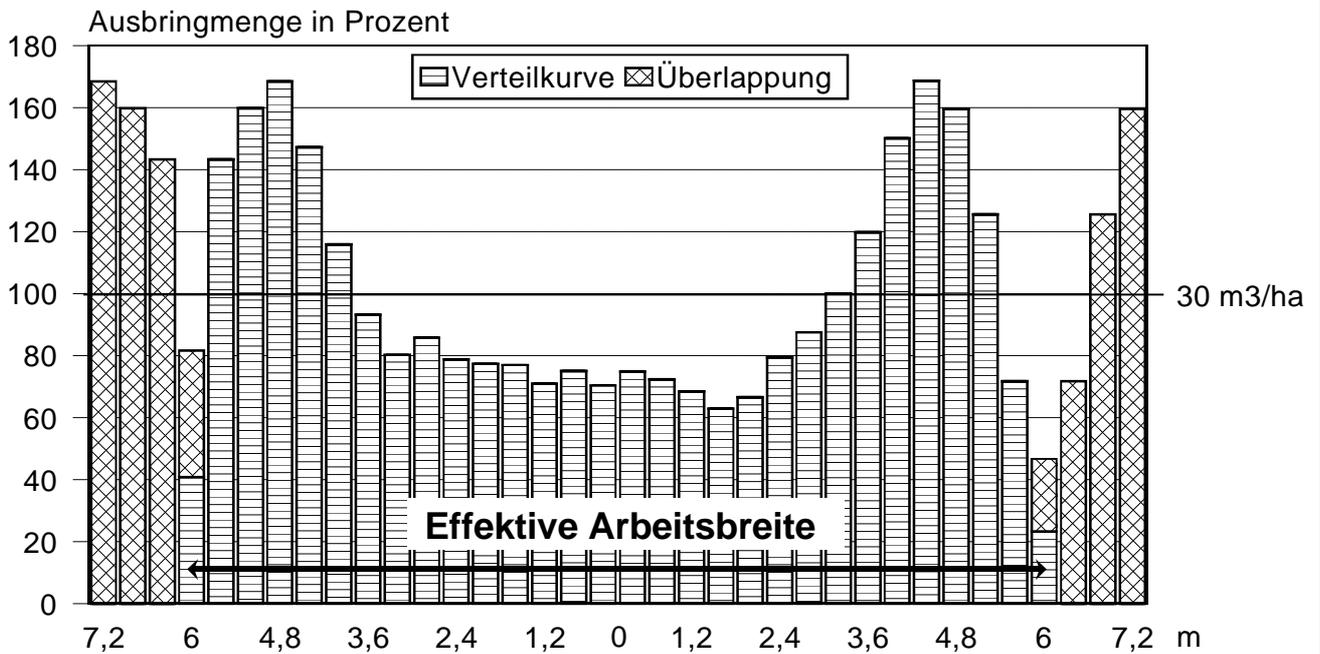
Verteilbreite:	12,8 m
Effektive Arbeitsbreite:	12 m
Spritzweite hinten:	5 m
Verteilmenge links / rechts:	51,6 / 48,4 %
Variationskoeffizient (VK):	17,1 %
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	110 cm
Einstellung: Düse Nr. 3038 (52 mm Durchmesser)	

### Überlappungstoleranz



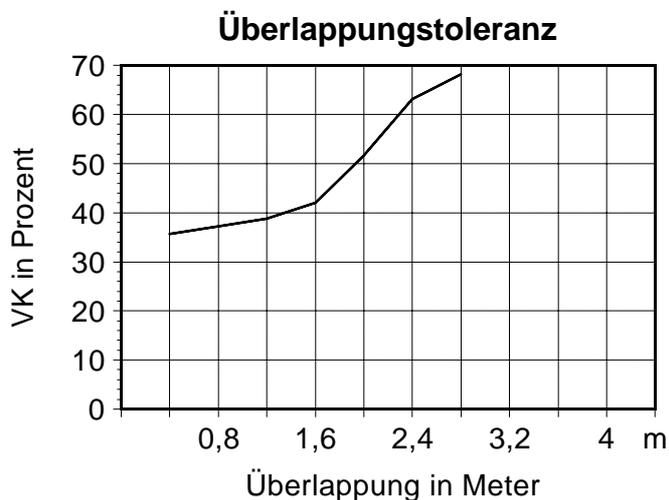
**Fabrikat: Bazzoli**  
 Verteilsystem: Prallteller

**Typ: Breitverteiler**



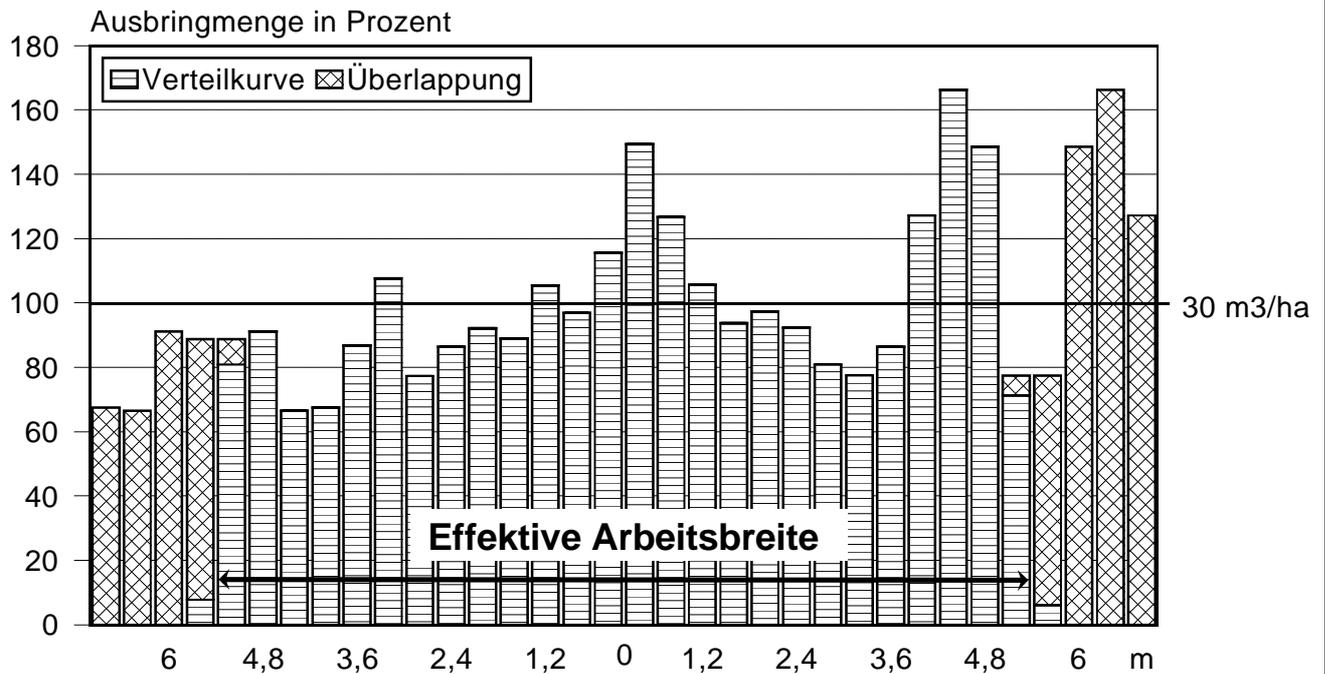
Verteilbreite:	12 m
Effektive Arbeitsbreite:	11,6 m
Spritzweite hinten:	14 m
Verteilmenge links / rechts:	50,9 / 49,1 %
Variationskoeffizient (VK):	35,7 %

Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	83 cm
Einstellung: Prallblech ca. 40° geneigt	



**Fabrikat: Fliegl**  
**Verteilsystem: Prallteller**

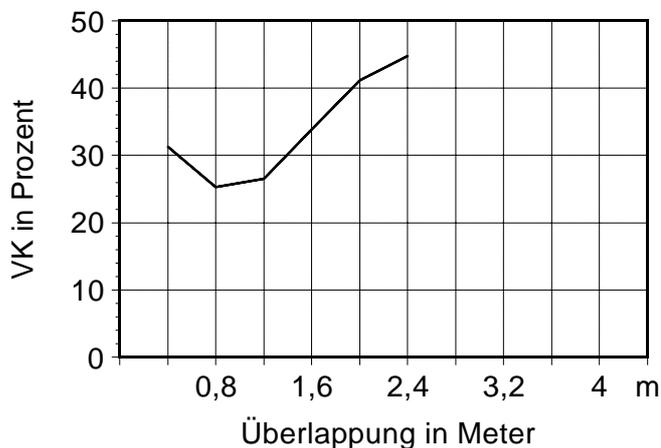
**Typ: Dreiseitenverteiler**



Verteilbreite:	11,2 m
Effektive Arbeitsbreite:	10,4 m
Spritzweite hinten:	11,5 m
Verteilmenge links / rechts:	45,0 / 55,0 %
Variationskoeffizient (VK):	25,3 %

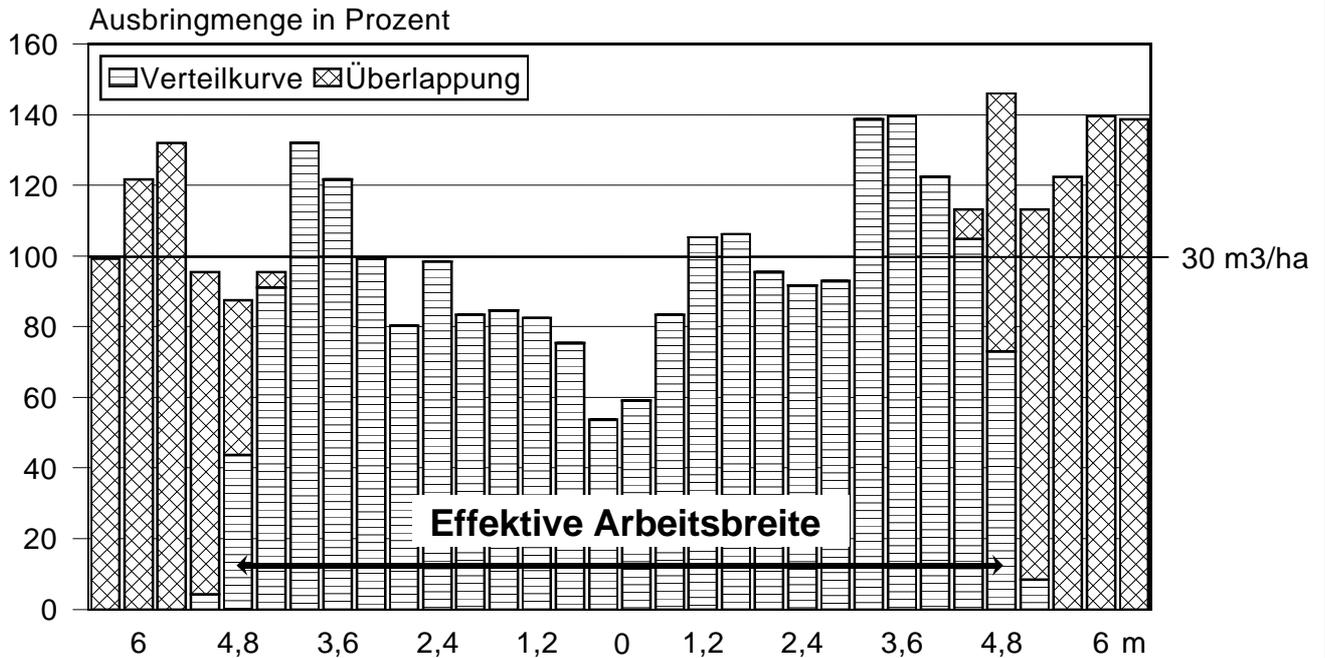
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	110 cm

**Überlappungstoleranz**



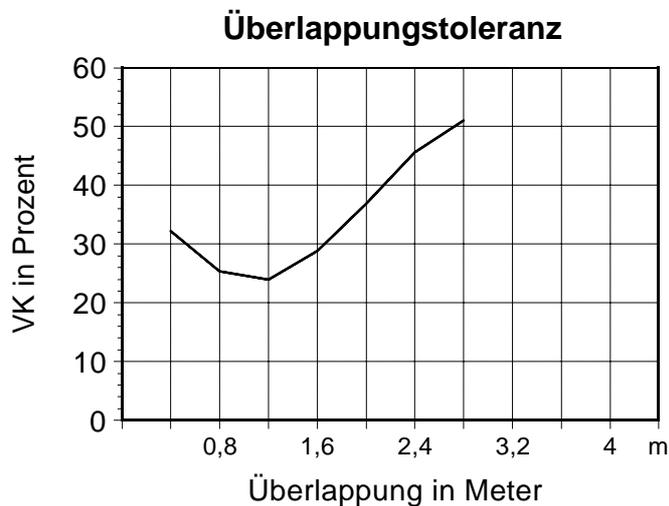
**Fabrikat: Fliegl**  
**Verteilsystem: Prallteller**

**Typ: Exaktverteiler**



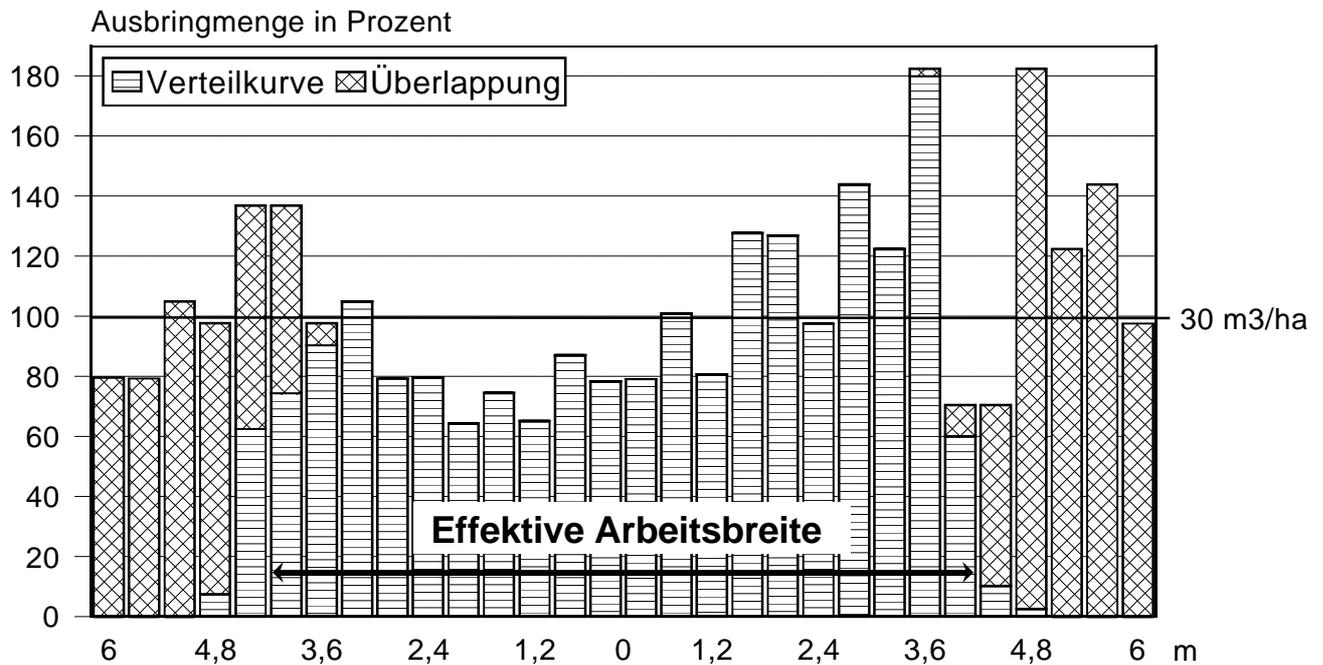
Verteilbreite: 10,4 m  
 Effektive Arbeitsbreite: 9,2 m  
 Spritzweite hinten: 9,5 m  
 Verteilmenge links / rechts: 46,2 / 53,8 %  
 Variationskoeffizient (VK): 23,9 %

Förderdruck: 1,1 bar  
 Anbauhöhe: 105 cm  
 Einstellung: Prallblech im obersten Loch (engster Winkel zur Düse)

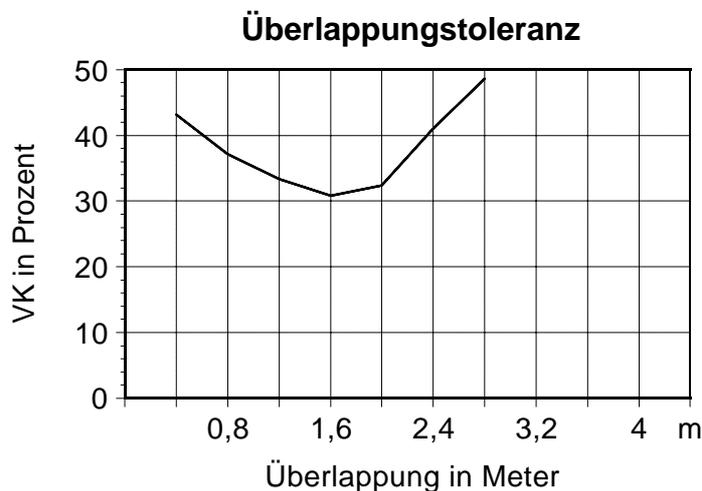


**Fabrikat: Fliegl**  
**Verteilsystem: Prallteller**

**Typ: Schirmprallteller**

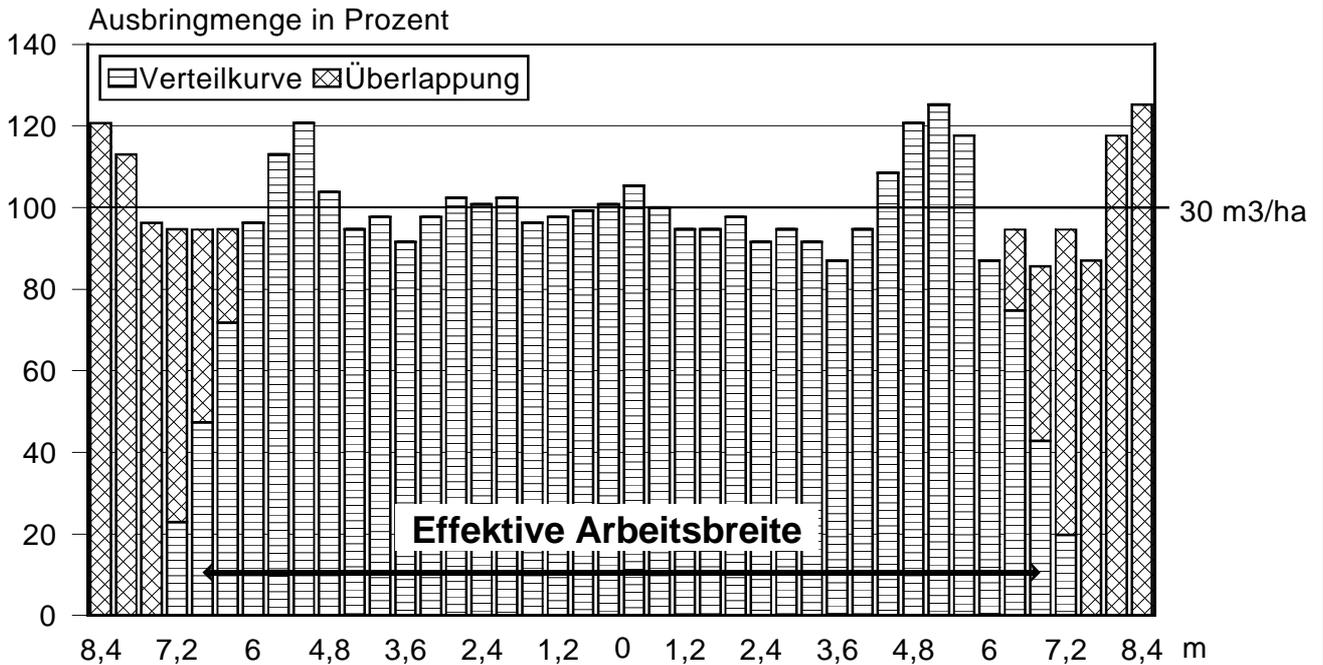


Verteilbreite:	9,6 m
Effektive Arbeitsbreite:	8 m
Spritzweite hinten:	8,5 m
Verteilmenge links / rechts:	43,4 / 56,6 %
Variationskoeffizient (VK):	30,7 %
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	80 cm
Einstellung:	Prallteller horizontal



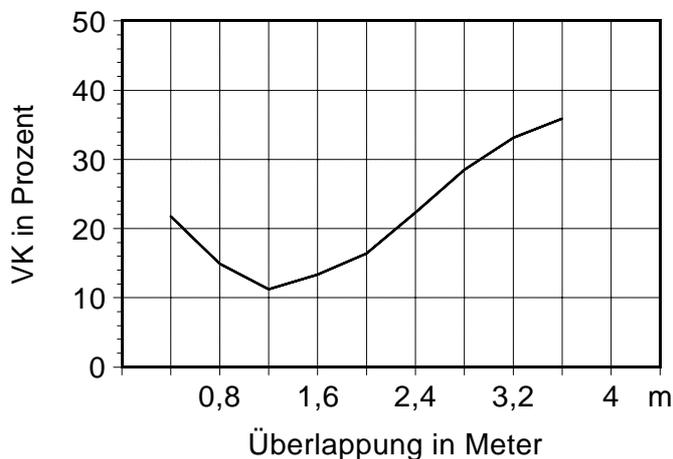
**Fabrikat: Hadorn**  
Verteilsystem: Prallteller

**Typ: Pralltellerverteiler G87**



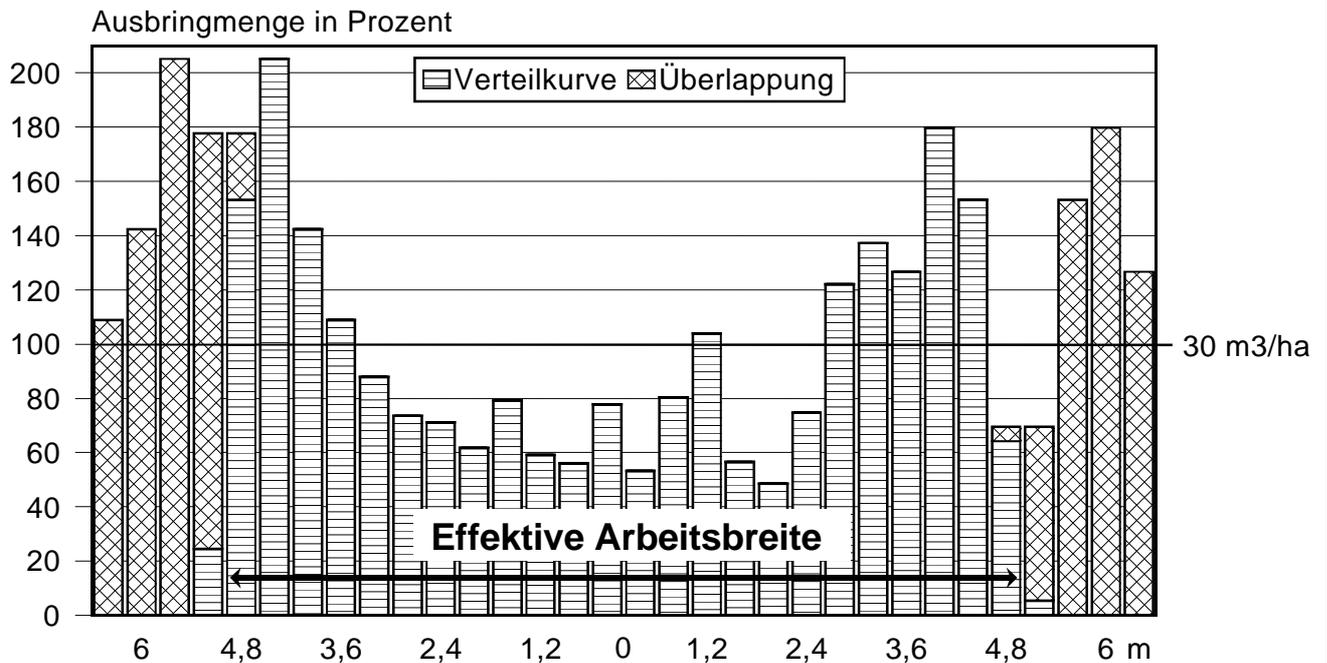
Verteilbreite:	14,4 m
Effektive Arbeitsbreite:	13,2 m
Spritzweite hinten:	5,5 m
Verteilmenge links / rechts:	50,1 / 49,9 %
Variationskoeffizient (VK):	11,2 %
Förderdruck:	ca. 6 bar
Anbauhöhe:	80 cm
Einstellung: Federklappe geschlossen	

**Überlappungstoleranz**

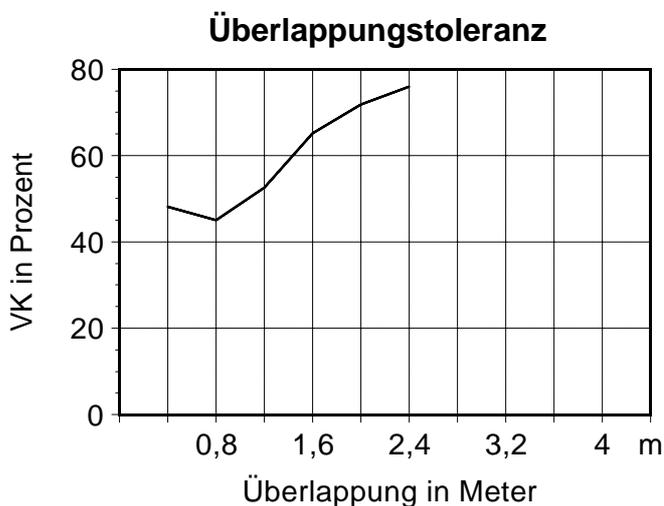


**Fabrikat: Kirchner**  
 Verteilsystem: Prallteller

**Typ: Universalverteiler**

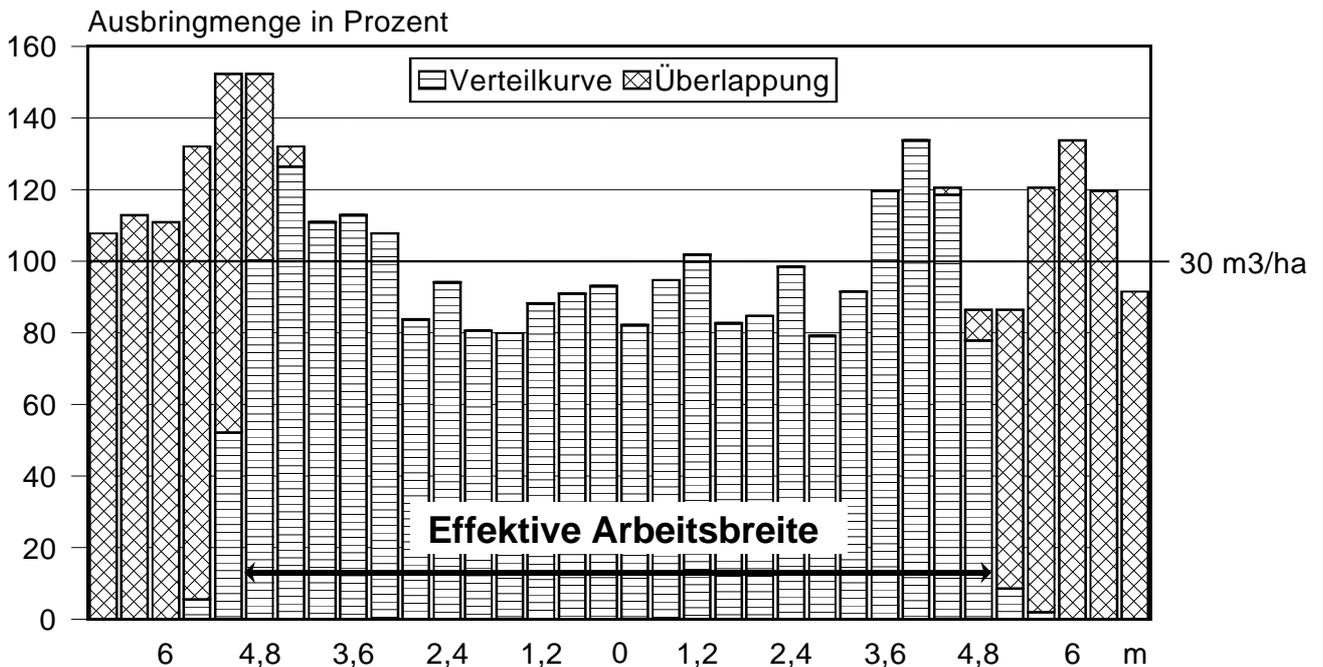


Verteilbreite:	10,4 m
Effektive Arbeitsbreite:	9,6 m
Spritzweite hinten:	8 m
Verteilmenge links / rechts:	49,9 / 50,1 %
Variationskoeffizient (VK):	45,0 %
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	105 cm



**Fabrikat: \*K\*L\*E\***  
**Verteilsystem: Prallteller**

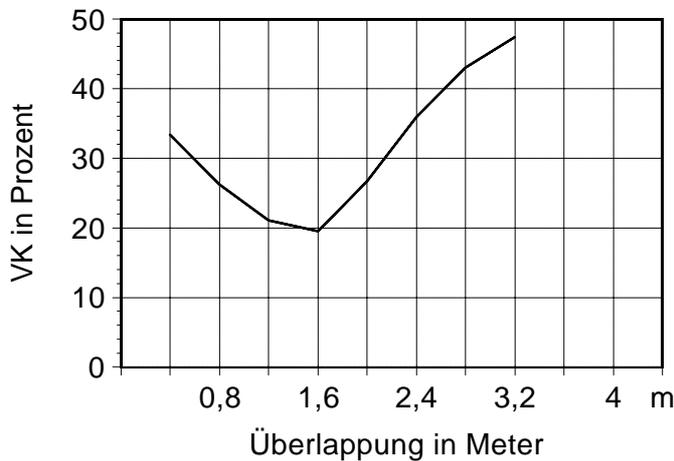
**Typ: Universalverteiler**



Verteilbreite:	11,2 m
Effektive Arbeitsbreite:	9,6 m
Spritzweite hinten:	11 m
Verteilmenge links / rechts:	51,1 / 48,9 %
Variationskoeffizient (VK):	19,5 %

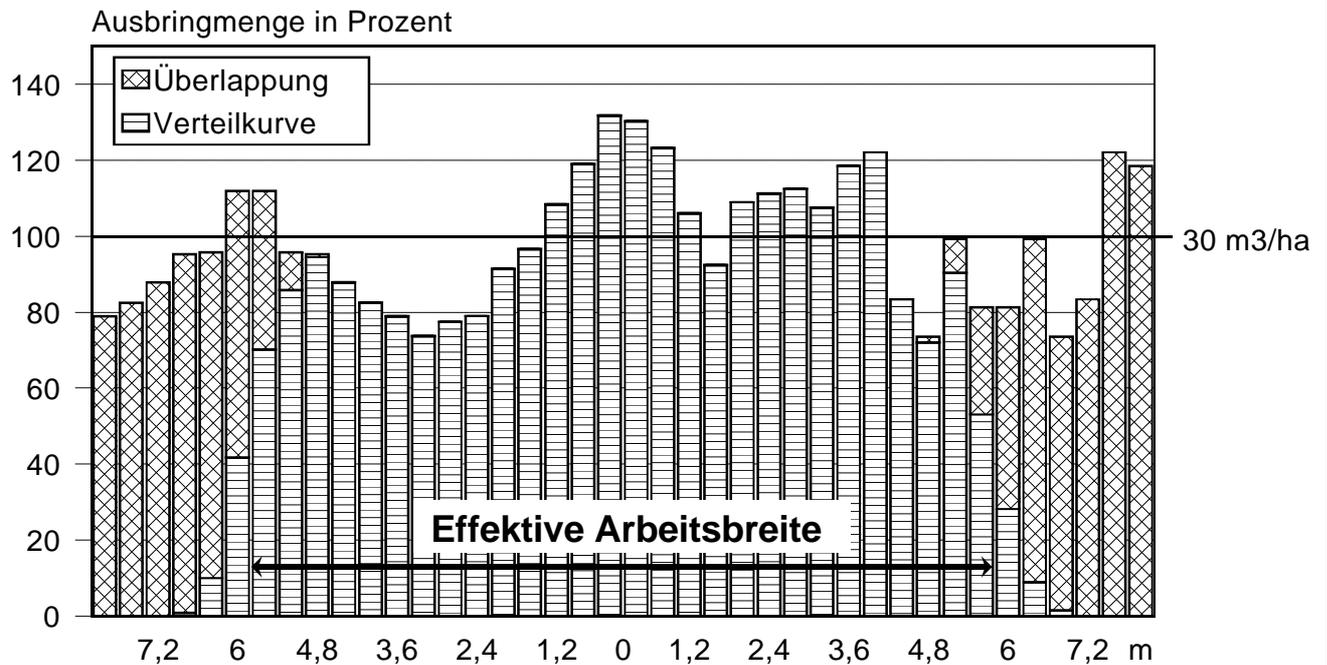
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	110 cm
Einstellung: Prallblech im ersten Loch (grösste Distanz zwischen Düse und Prallblech)	

**Überlappungstoleranz**



**Fabrikat: Marchner**  
 Verteilsystem: Prallteller

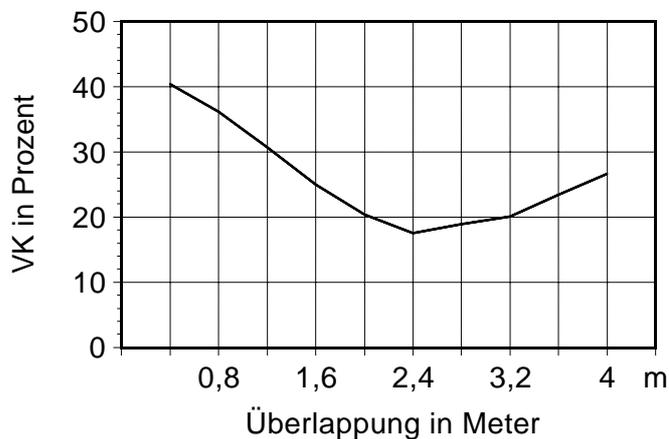
**Typ: Breitverteiler**



Verteilbreite:	13,6 m
Effektive Arbeitsbreite:	11,2 m
Spritzweite hinten:	11 m
Verteilmenge links / rechts:	47,5 / 52,5 %
Variationskoeffizient (VK):	17,5 %

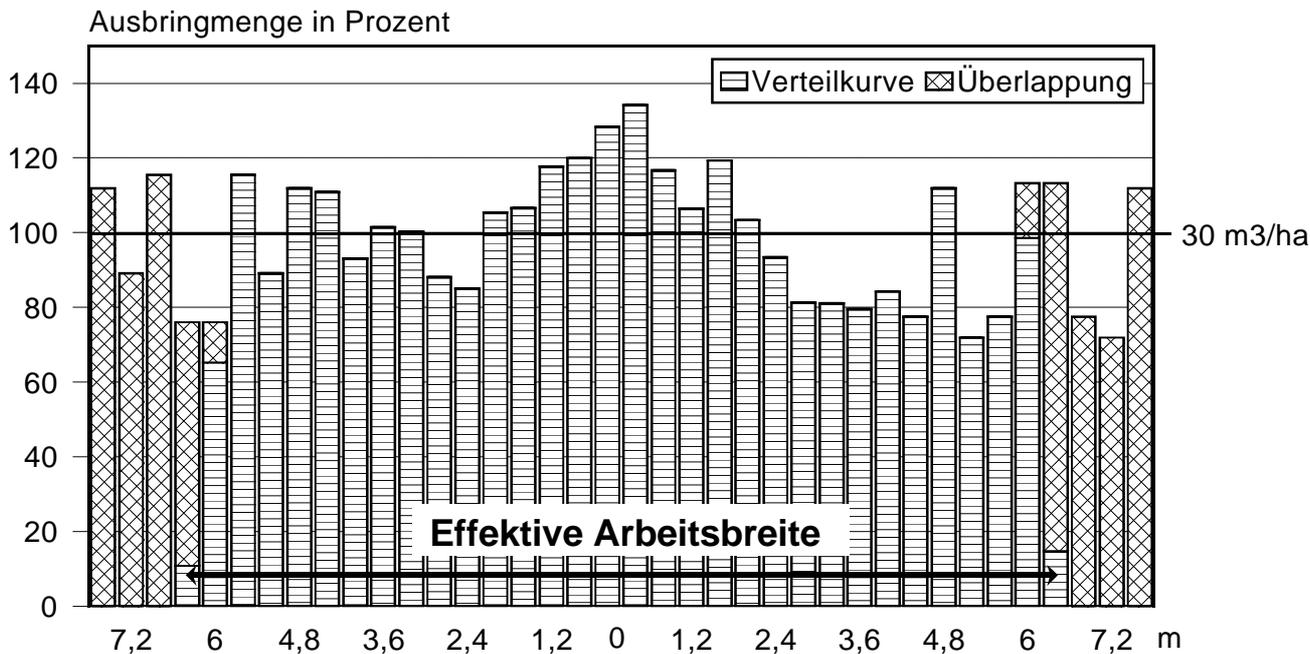
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	105 cm
Einstellung:	Prallblech im untersten Loch (grösster Winkel zur Düse)

### Überlappungstoleranz



**Fabrikat: Oehler**  
**Verteilsystem: Prallteller**

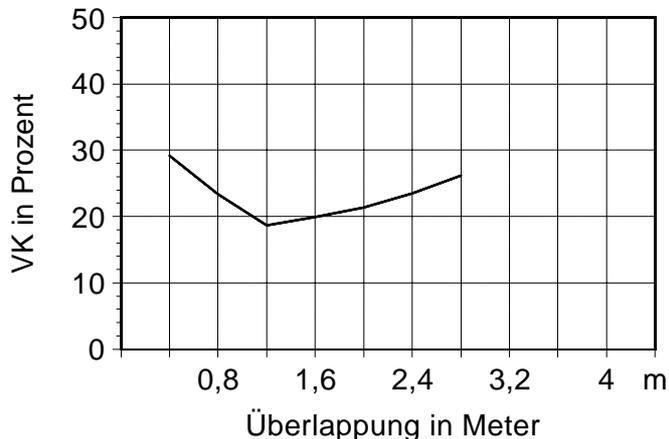
**Typ: Schirmprallteller**



Verteilbreite:	13,6 m
Effektive Arbeitsbreite:	12,4 m
Spritzweite hinten:	11 m
Verteilmenge links / rechts:	48,7 / 51,3 %
Variationskoeffizient (VK):	18,7 %

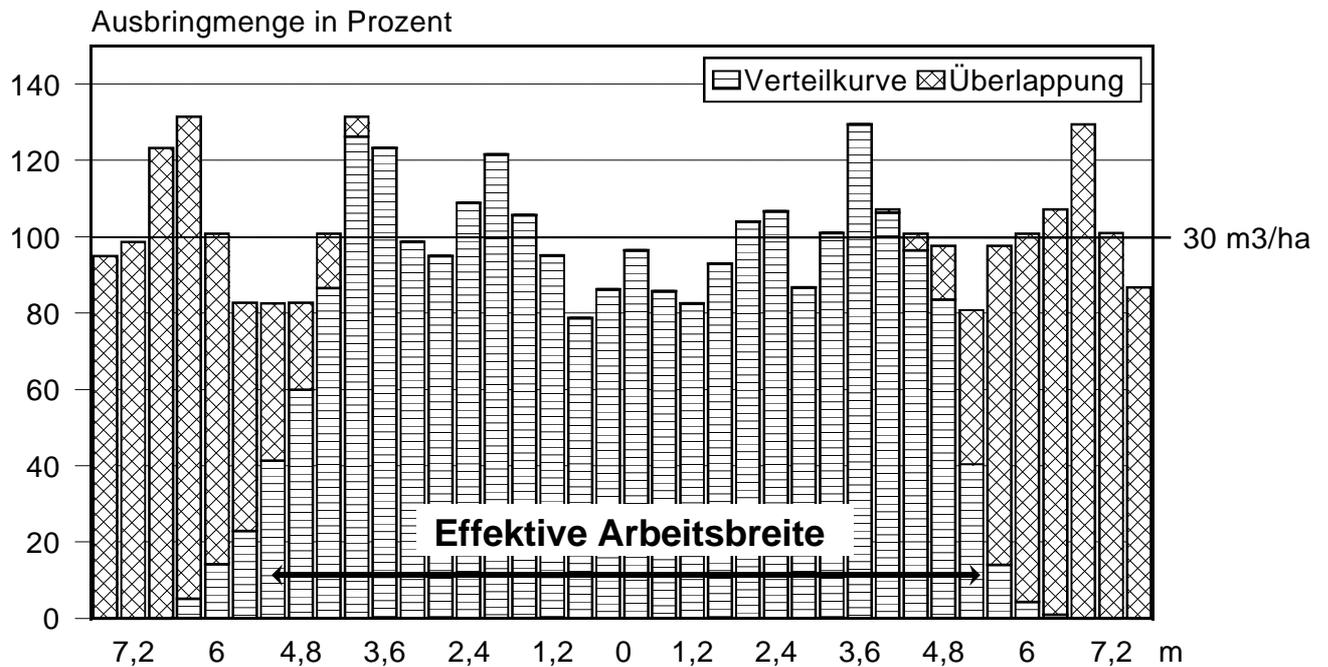
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	80 cm
Einstellung: Prallteller ca. 10° nach oben geneigt	

**Überlappungstoleranz**



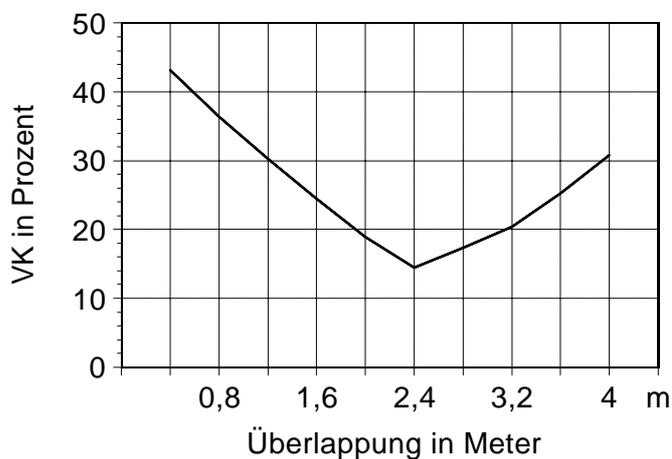
**Fabrikat: Schweizer**  
Verteilsystem: Prallteller

**Typ: Exaktverteiler**



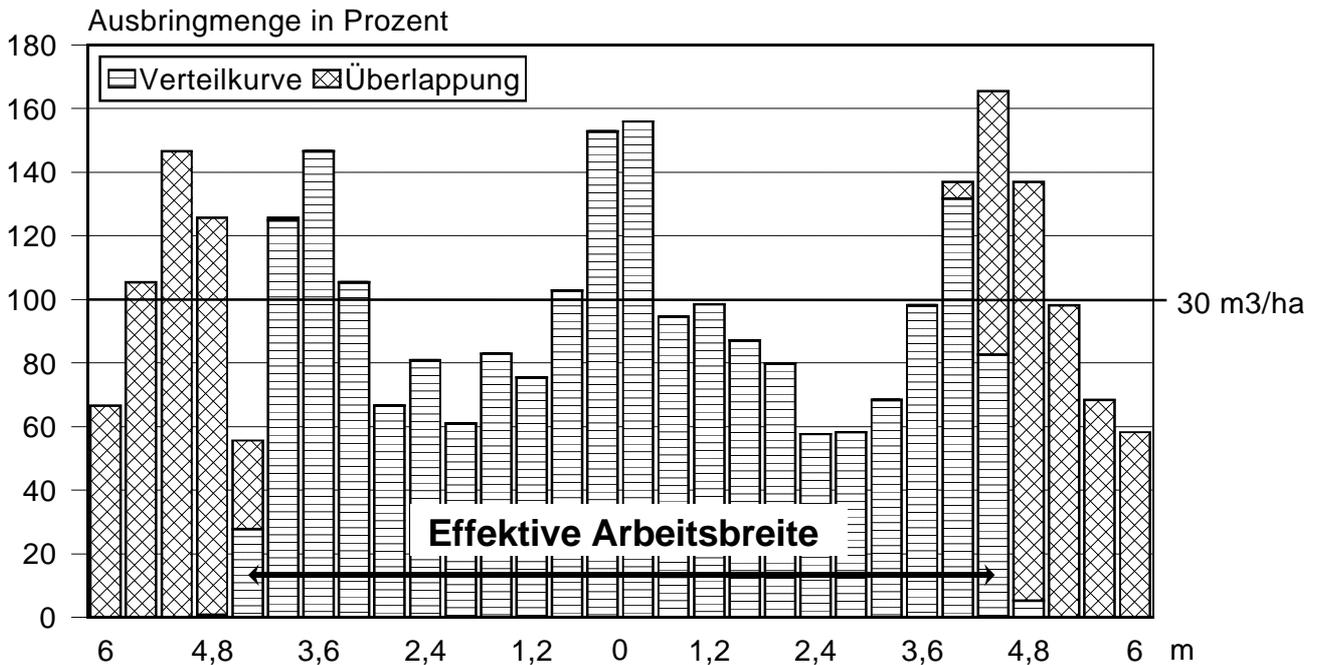
Verteilbreite:	12,8 m
Effektive Arbeitsbreite:	10 m
Spritzweite hinten:	13 m
Verteilmenge links / rechts:	50,8 / 49,2 %
Variationskoeffizient (VK):	14,5 %
Förderdruck:	ca. 4 bar
Anbauhöhe:	105 cm
Einstellung: Düse 40 mm Durchmesser; Prallblech ca. 5° nach oben geneigt	

**Überlappungstoleranz**



**Fabrikat: Vakuumat**  
**Verteilsystem: Prallteller**

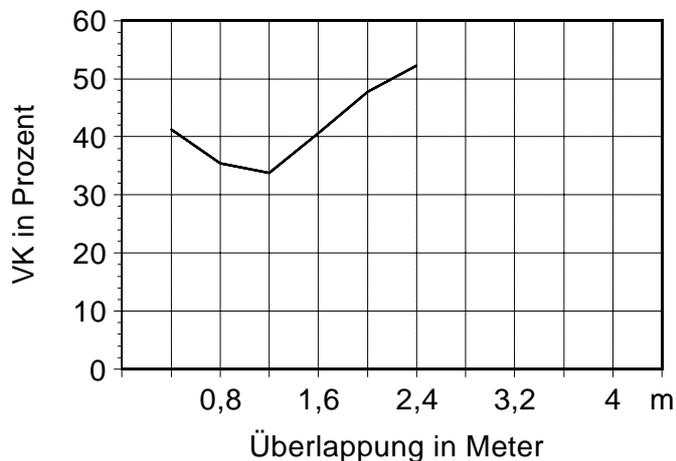
**Typ: Universalverteiler**



Verteilbreite: 9,6 m  
 Effektive Arbeitsbreite: 8,4 m  
 Spritzweite hinten: 6,5 m  
 Verteilmenge links / rechts: 50,2 / 49,8 %  
 Variationskoeffizient (VK): 33,8 %

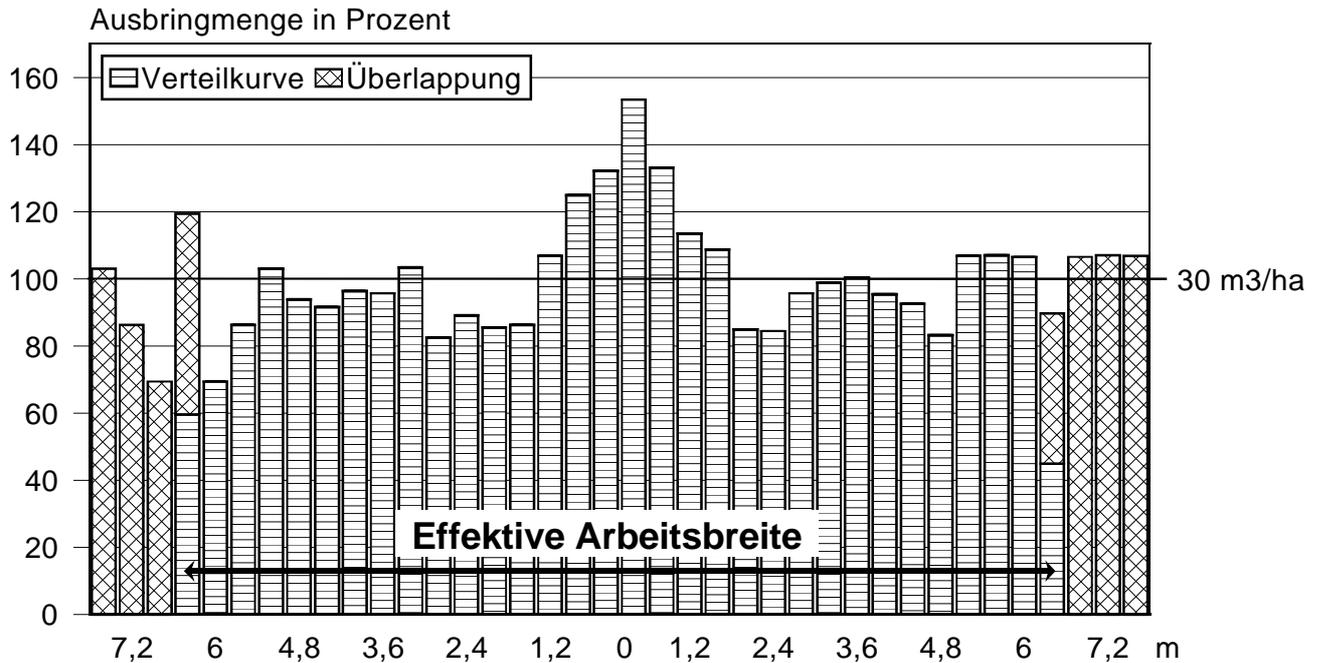
Förderdruck: 1,1 bar  
 Anbauhöhe: 110 cm  
 Einstellung: Düse 55 mm Durchmesser (abgeschrägt); Prallblech im  
 entfernten Loch zur Düse

**Überlappungstoleranz**



**Fabrikat: Armatec-Streicher**  
 Verteilsystem: Vertikalverteiler

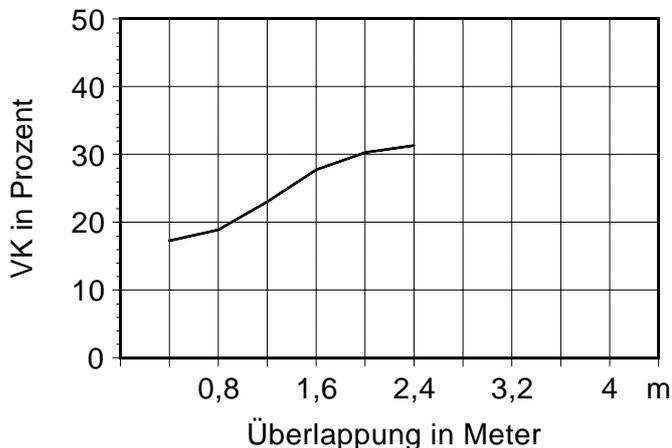
**Typ: Flachstrahlverteiler**



Verteilbreite:	12,8 m
Effektive Arbeitsbreite:	12,4 m
Spritzweite hinten:	0,5 m
Verteilmenge links / rechts:	48,4 / 51,6 %
Variationskoeffizient (VK):	17,3 %

Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	150 cm
Einstellung: Prallblech im zweiten Loch (zweitkleinste Distanz zur Düse)	

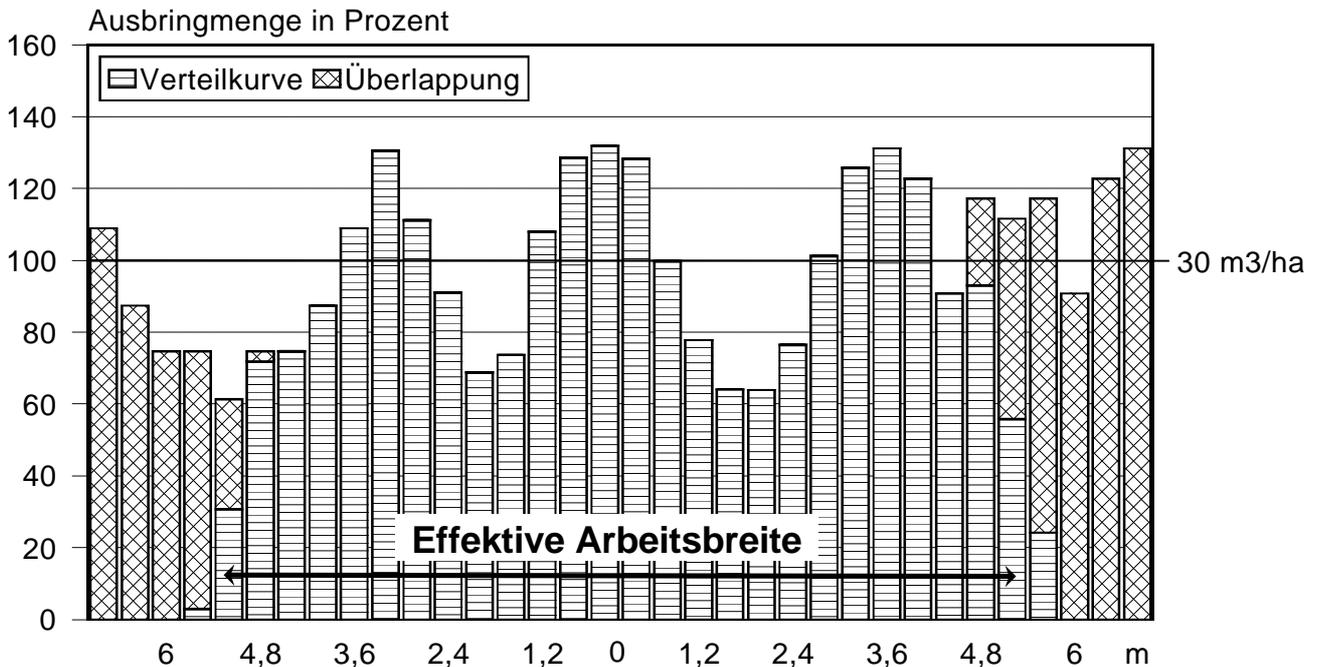
### Überlappungstoleranz



**Fabrikat: Bazzoli**

**Typ: Prallkopfverteiler**

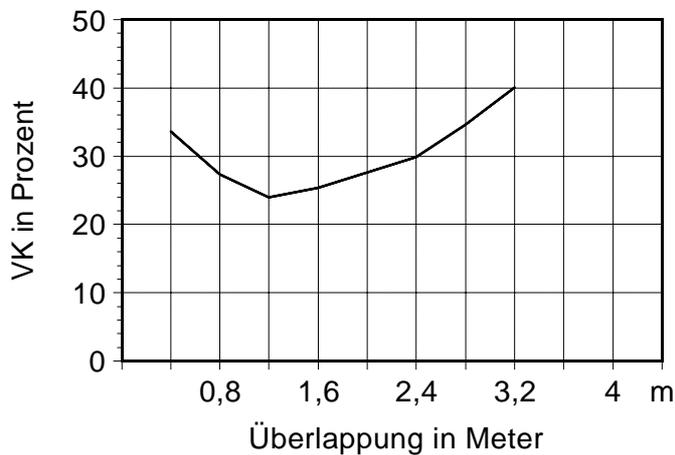
Verteilsystem: Vertikalverteiler



Verteilbreite:	11,2 m
Effektive Arbeitsbreite:	10 m
Spritzweite hinten:	0,5 m
Verteilmenge links / rechts:	49,3 / 50,7 %
Variationskoeffizient (VK):	24,0 %

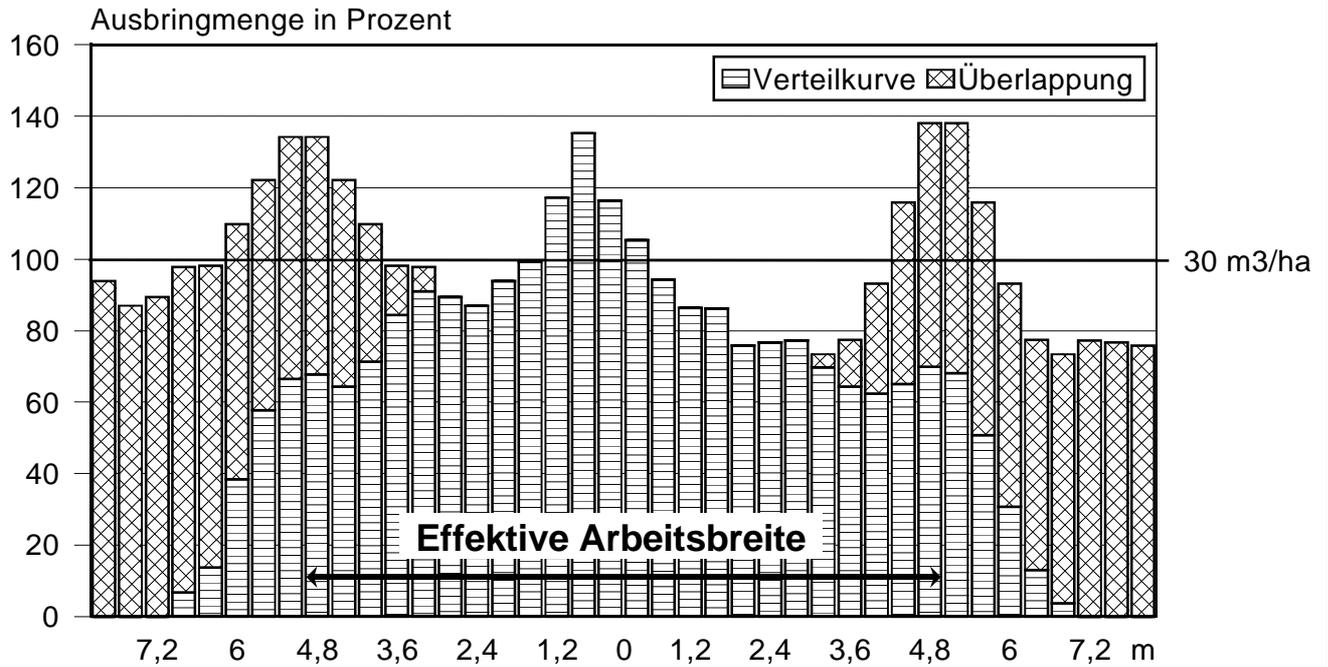
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	90 cm

### Überlappungstoleranz



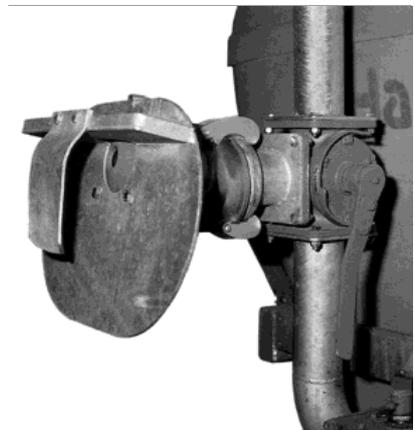
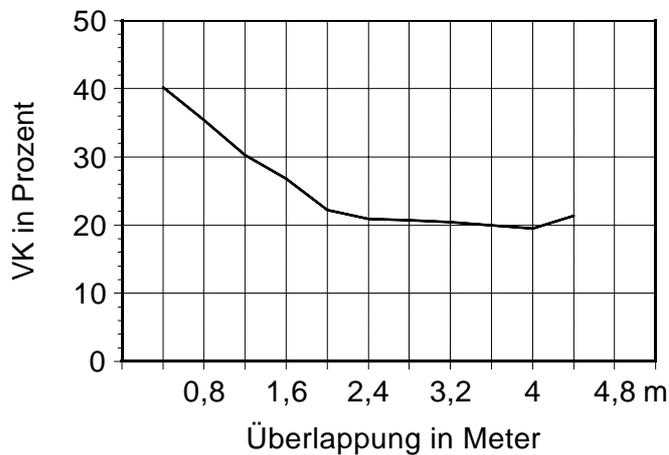
**Fabrikat: Zunhammer**  
 Verteilsystem: Vertikalverteiler

**Typ: Prallkopfverteiler**



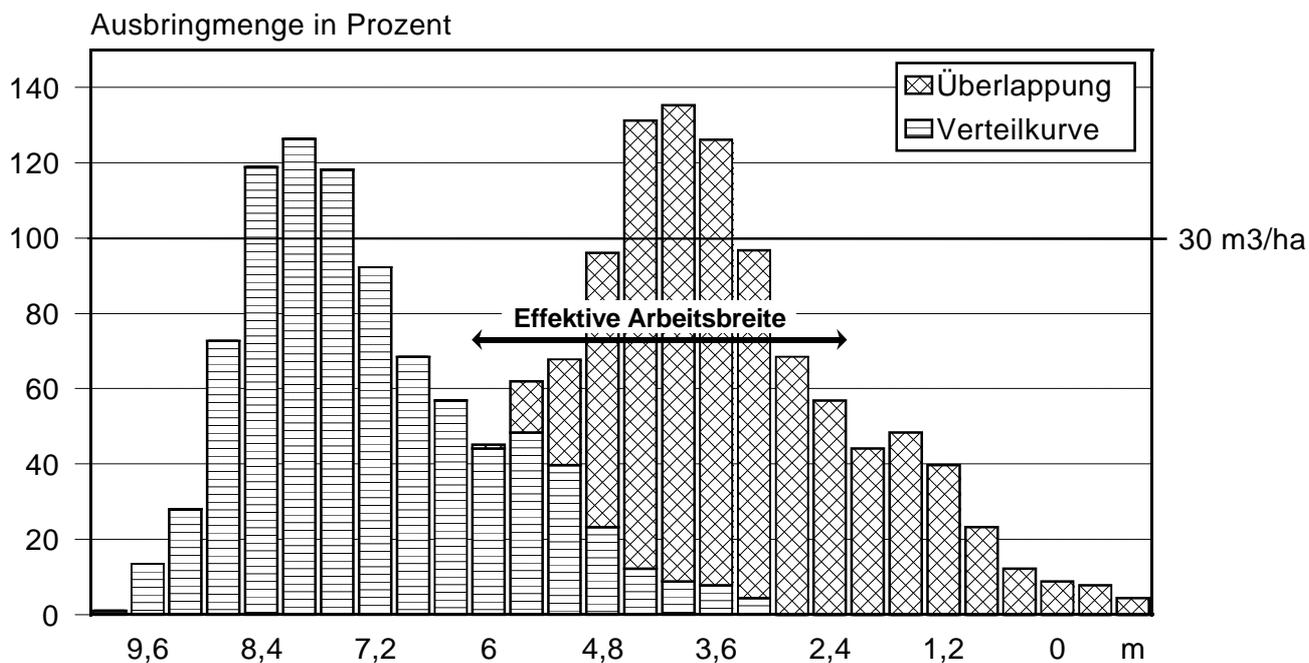
Verteilbreite:	13,6 m
Effektive Arbeitsbreite:	9,6 m
Spritzweite hinten:	0,5 m
Verteilmenge links / rechts:	54,2 / 45,8 %
Variationskoeffizient (VK):	19,5 %
Förderdruck:	ca. 6 bar
Anbauhöhe:	155 cm
Einstellung:	Düse 30 mm

**Überlappungstoleranz**



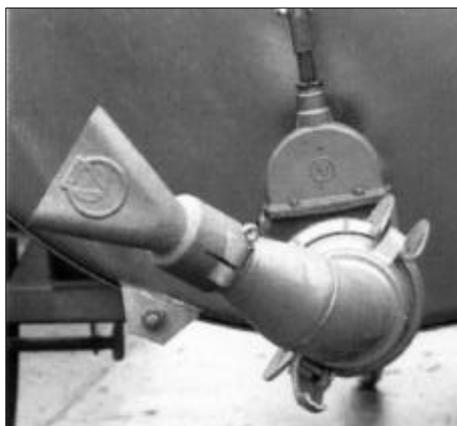
**Fabrikat: Bauer**  
**Verteilsystem: Seitenverteiler**

**Typ: Seitenverteiler**



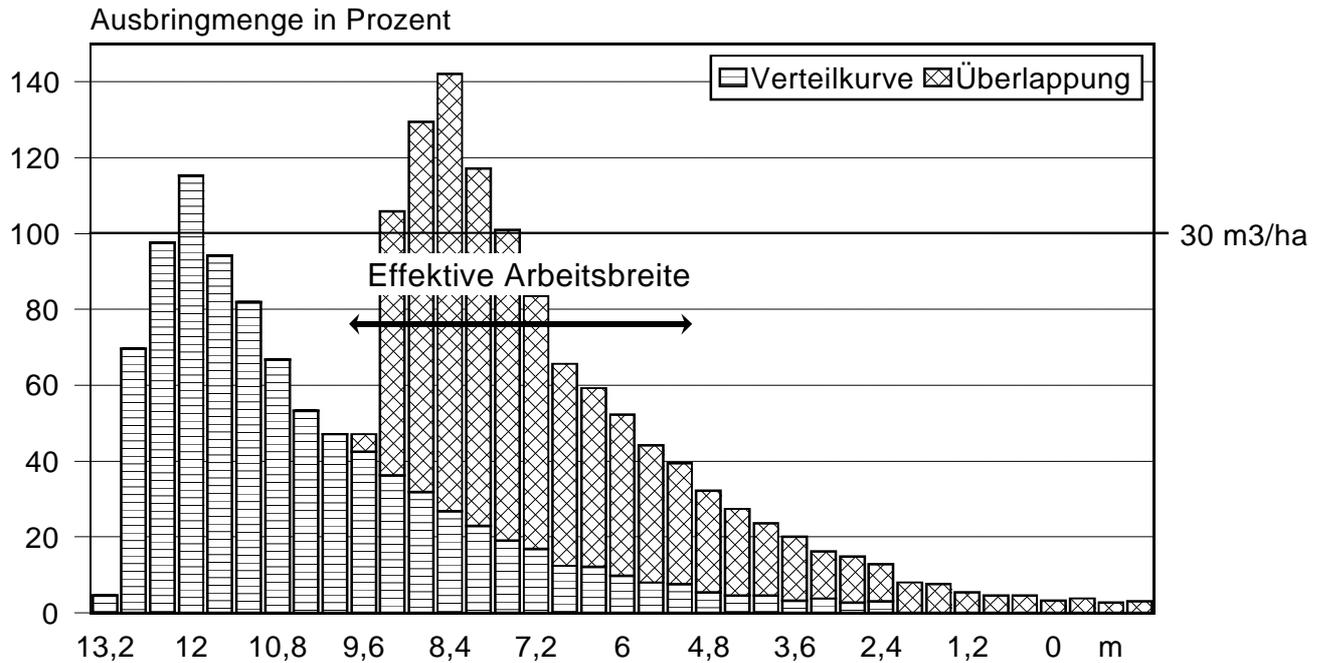
Verteilbreite: 9 m  
 Effektive Arbeitsbreite: 4 m  
 Spritzweite hinten: 0 m  
 Variationskoeffizient (VK): 41,8 %

Förderdruck: 1,1 bar  
 Anbauhöhe: 110 cm  
 Einstellung: Verteiler ca. 30° nach oben geneigt



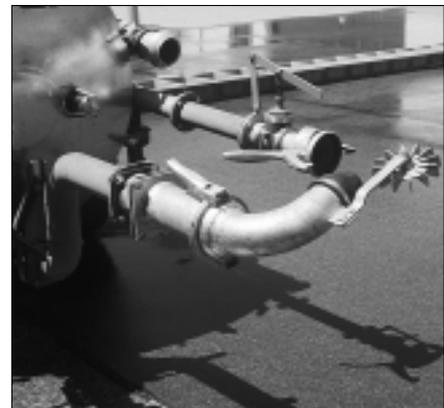
**Fabrikat: Eisele**  
**Verteilsystem: Seitenverteiler**

**Typ: Sternradverteiler**



Verteilbreite: 13,2 m  
 Effektive Arbeitsbreite: 4,8 m  
 Spritzweite hinten: 0 m  
 Variationskoeffizient (VK): 38,6 %

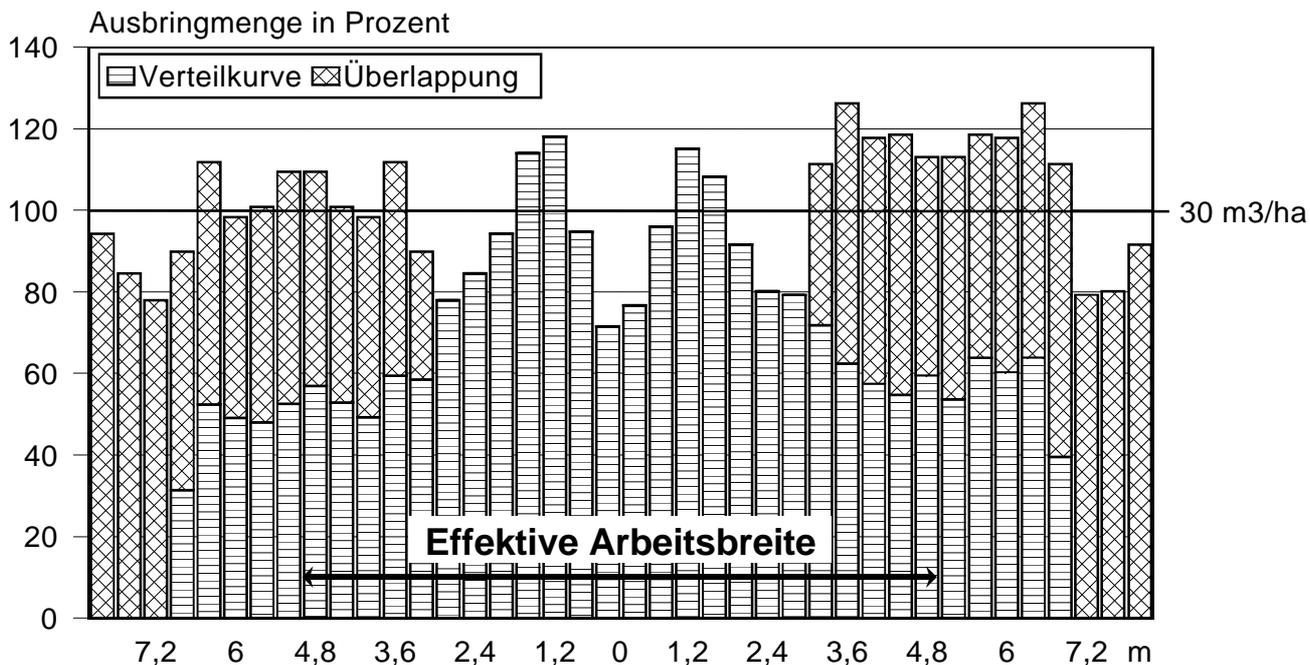
Förderdruck: 1,1 bar  
 Anbauhöhe: 85 cm  
 Einstellung: Verteiler ca. 20° nach oben geneigt



**Fabrikat: Vakuumat**

**Typ: Prallkopfverteiler**

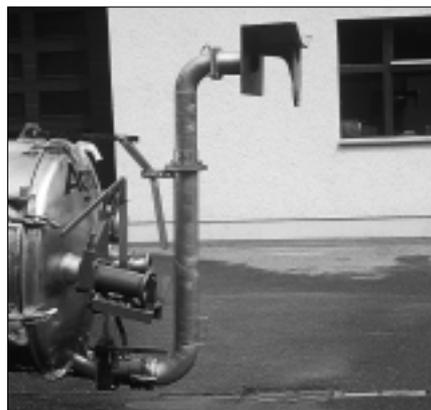
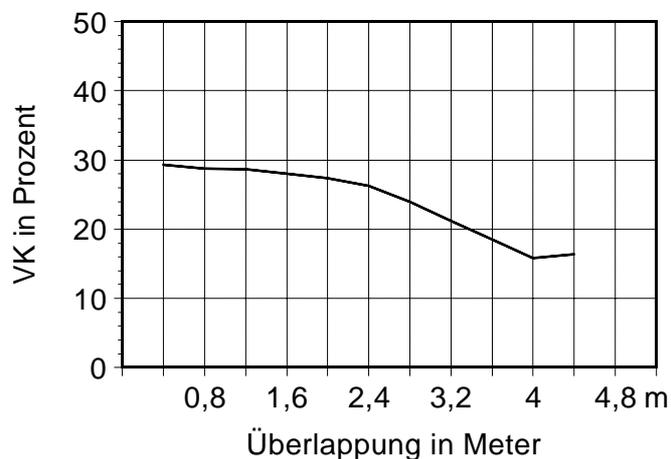
Verteilsystem: Hochverteiler (Vertikalverteiler mit Steigrohr)



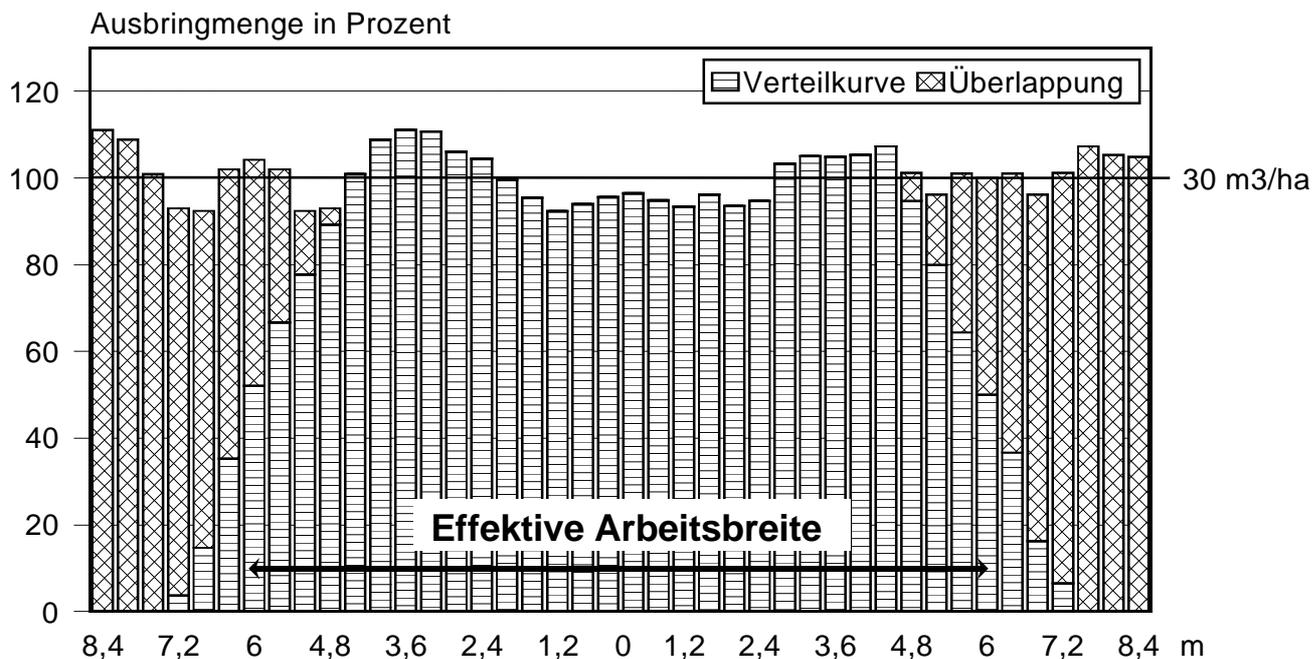
Verteilbreite: 13,6 m  
Effektive Arbeitsbreite: 9,6 m  
Spritzweite hinten: 0,5 m  
Verteilmenge links / rechts: 48,6 / 51,4 %  
Variationskoeffizient (VK): 15,8 %

Förderdruck: 1,1 bar  
Anbauhöhe: 220 cm  
Einstellung: Maximale Anbauhöhe des Verteilkopfes

### Überlappungstoleranz



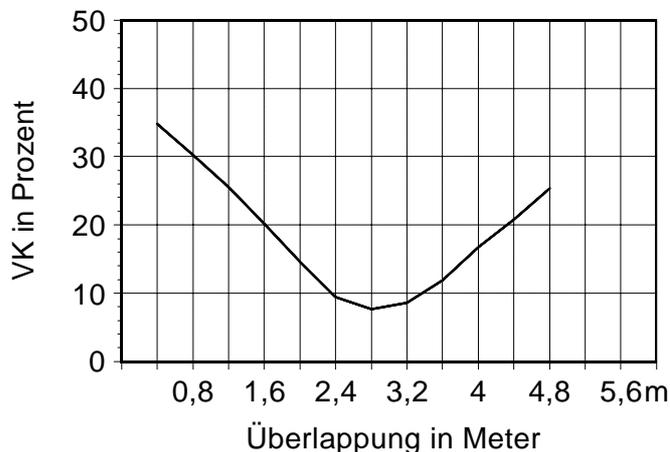
**Fabrikat: Armatec-Streicher      Typ: FTS-Pendelverteiler**  
**Verteilsystem: Pendelverteiler hydraulisch**



Verteilbreite:	14,4 m
Effektive Arbeitsbreite:	11,6 m
Spritzweite hinten:	9 m
Verteilmenge links / rechts:	50,3 / 49,7 %
Variationskoeffizient (VK):	7,7 %

Förderdruck:	ca. 8 bar
Anbauhöhe:	95 cm
Einstellung: Prallteller horizontal (im 5. Loch von unten); Antriebsstange innen im 2. Loch, aussen im 4. Loch; Ölflussventil in Position 4 (Schwenkfrequenz).	

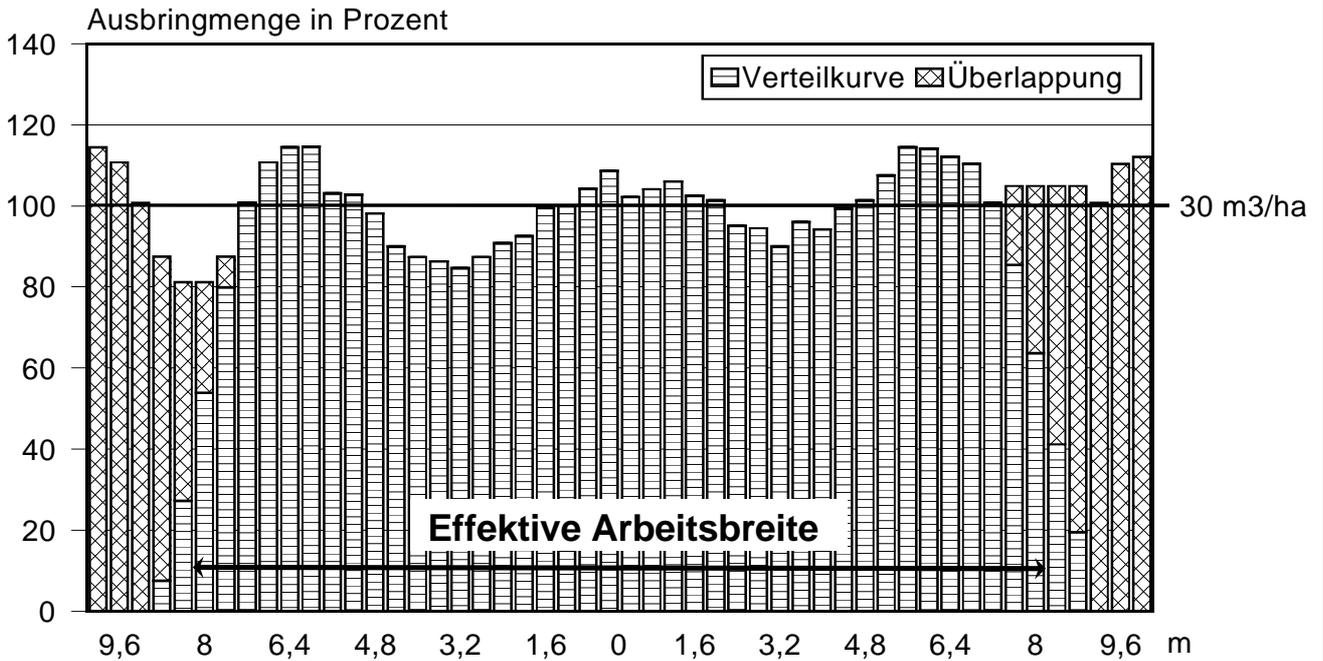
**Überlappungstoleranz**



**Fabrikat: Marchner**

**Typ: Elomax**

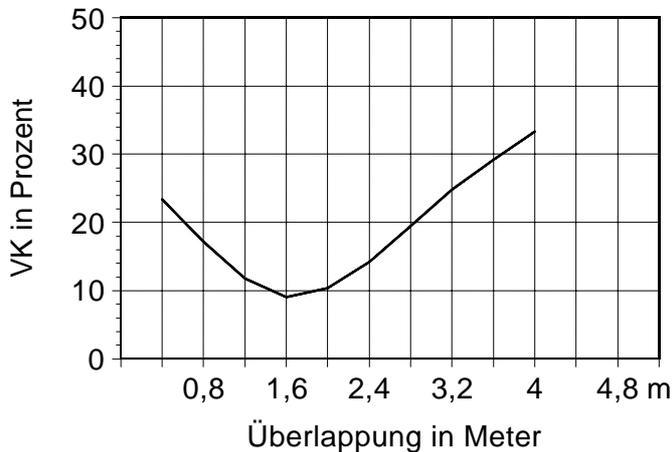
Verteilsystem: Pendelverteiler elektrisch



Verteilbreite:	17,6 m
Effektive Arbeitsbreite:	16 m
Spritzweite hinten:	11 m
Verteilmenge links / rechts:	48,6 / 51,4 %
Variationskoeffizient (VK):	9,1 %

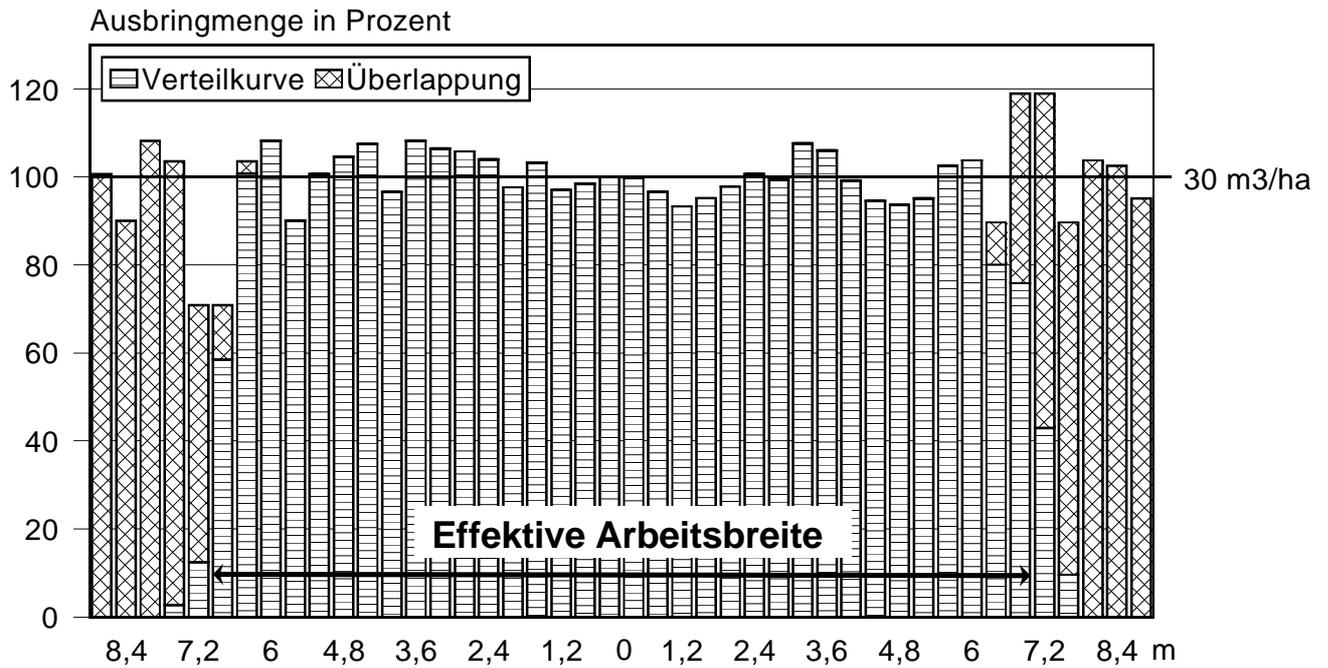
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	120 cm
Einstellung: Antriebsstange im 3. Loch (grösster Ausschlag)	

### Überlappungstoleranz



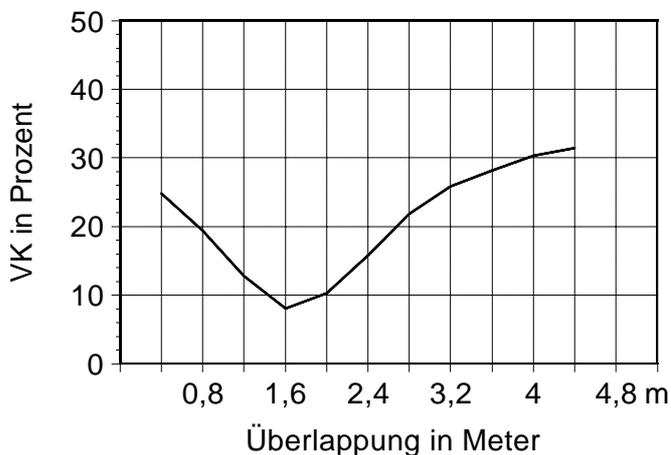
**Fabrikat: Möscha**  
 Verteilsystem: Pendelverteiler

**Typ: Spezial**



Verteilbreite:	15,2 m
Effektive Arbeitsbreite:	13,6 m
Spritzweite hinten:	9 m
Verteilmenge links / rechts:	50,1 / 49,9 %
Variationskoeffizient (VK):	8,1 %
Förderdruck:	1,1 bar
Anbauhöhe:	125 cm
Einstellung: Anschlagbolzen im 2. Loch von aussen	(zweitgrösste Arbeitsbreite)

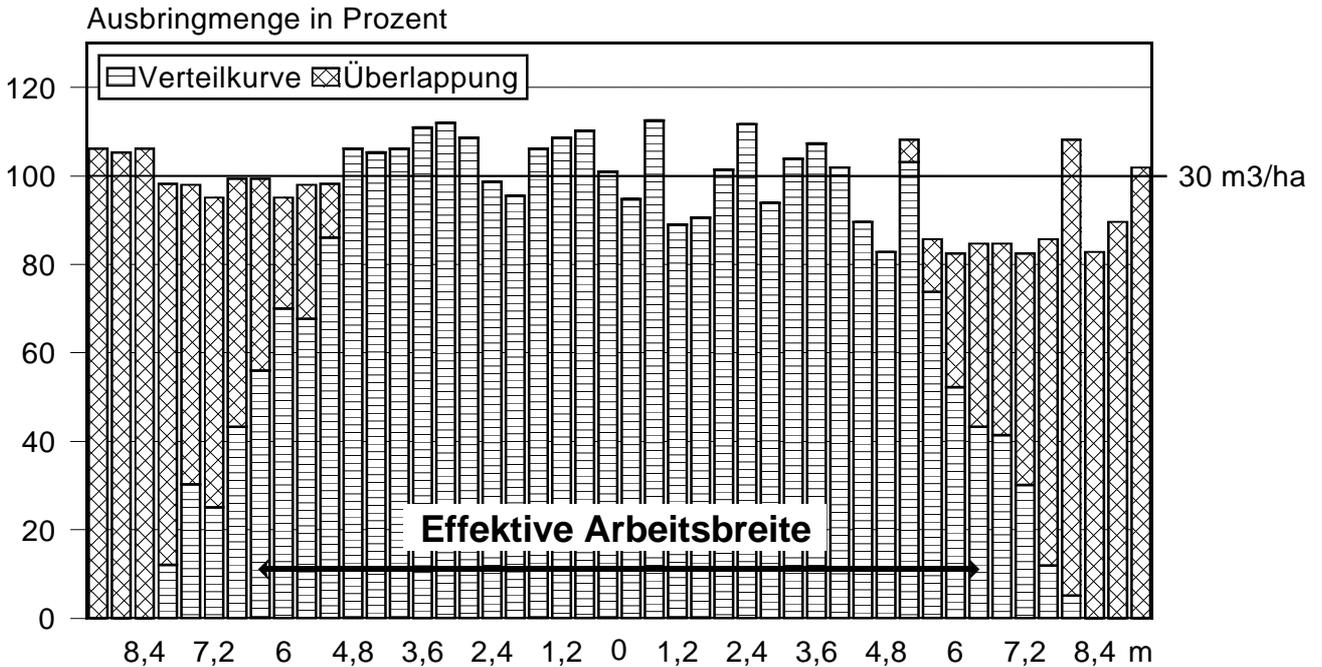
**Überlappungstoleranz**



**Fabrikat: Hadorn**

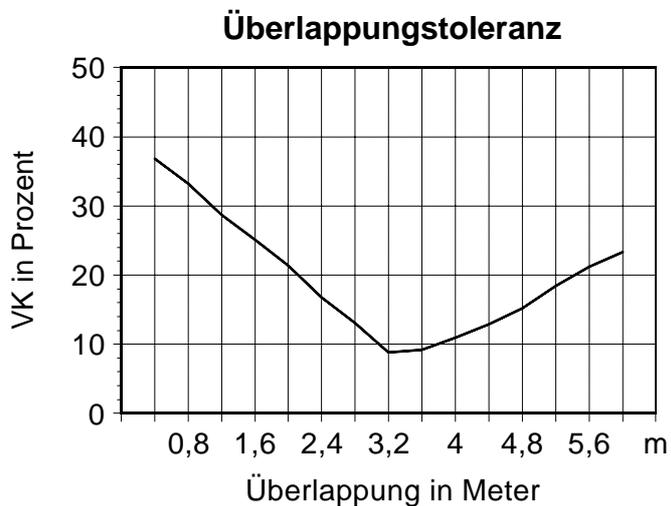
**Typ: Schwenkverteiler G92**

Verteilsystem: Schwenkdüse elektrisch



Verteilbreite:	16 m
Effektive Arbeitsbreite:	12,8 m
Spritzweite hinten:	13 m
Verteilmenge links / rechts:	51,8 / 48,2 %
Variationskoeffizient (VK):	8,8 %

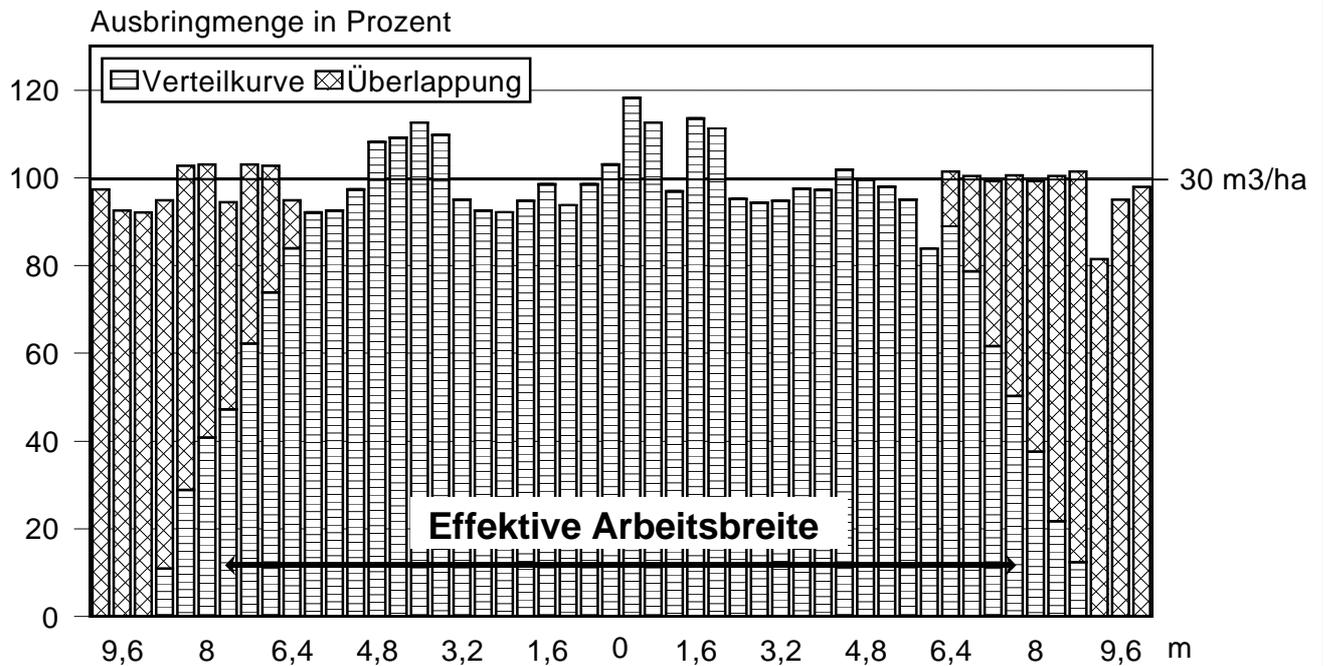
Förderdruck:	ca. 6 bar
Anbauhöhe:	170 cm
Einstellung: Schwenkdüse ca. 5° nach oben geneigt	



**Fabrikat: Mai**

**Typ: K94 - A6**

Verteilsystem: Schwenkdüse elektrisch



Verteilbreite: 17,6 m  
Effektive Arbeitsbreite: 14,8 m  
Spritzweite hinten: 13 m  
Verteilmenge links / rechts: 49,7 / 50,3 %  
Variationskoeffizient (VK): 7,6 %

Förderdruck: 1,1 bar  
Anbauhöhe: 170 cm  
Einstellung: Weitstrahldüse; Schwenkdüse ca. 10° nach oben geneigt

### Überlappungstoleranz

