

Ausbringetechnik Abfalldünger und Laufstallmist

Arbeitsqualität und Eignung verschiedener Streusysteme

Rainer Frick, Jakob Heusser und Matthias Schick, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon TG

Für die Ausbringung von Stallmist und Abfalldüngern besteht heute ein breites Angebot an Streumaschinen. Um deren Eignung für verschiedene Dünger abklären zu können, führte die FAT praxisnahe Streuversuche durch. Übergeordnetes Ziel war der Vergleich verschiedener Streuwerke hinsichtlich der Arbeitsqualität. Untersucht wurden die nutzbare Arbeitsbreite, die Streugenauigkeit quer und längs zur Fahrtrichtung, die Streufeinheit (nur bei Stallmist), die Zug- und Zapfwellenleistung, die möglichen Fahrstrecken sowie die Überladegefahr bei den verschiedenen Streugütern. Zum Einsatz kamen Miststreuer mit liegenden und stehenden Walzen, ein Kompoststreuer mit Tellerstreuwerk, ein Seitenstreuer und ein Grossraumstreuer mit Scheibenstreuwerk bzw. Streuschnecke. Als Streugüter dienten Laufstallmist, Grüngutkompost, Klärschlamm-Dickstoff (gekalkt), getrockneter Klärschlamm (85 bis 90 % TS) und Ricokalk.

Die Streugenauigkeit quer zur Fahrtrichtung fiel mit den verschiedenen Streusystemen mehrheitlich gut bis sehr gut aus. Ungenügend ist hingegen die Längsverteilung, insbesondere bei Streuern ohne Stauklappe. Deutlich besser fällt diese bei dem mit einer Schiebewand arbeitenden Seitenstreuer aus. Die nutzbaren Arbeitsbreiten, die mit dem gleichen Streuwerk je nach Streuprodukt recht unterschiedlich sein können, betragen bei liegenden Walzen 3 bis 4 m, bei stehenden Walzen 5 bis 7 m, bei Tellerstreuwerten und Seitenstreuern 10 bis 13 m und bei Grossraumstreuern 9 bis 12 m. Die Feinverteilung beim Streuen von Mist



Abb. 1: Mist und Abfalldünger sollten in der empfohlenen Menge, exakt und fein verteilt sowie bodenschonend ausgebracht werden können. Streuversuche im Feld dienten dazu, die Eignung verschiedener Streusysteme abzuklären.

war beim Seitenstreuer und beim Streuwerk mit vier stehenden Walzen sehr gut, bei den übrigen Streuwerten gut. Der Leistungsbedarf für den Antrieb des Streuwertes ist bei Laufstallmist deutlich höher als bei den übrigen Streugütern. Teller- und Seitenstreuwerk erfordern mehr Zapfwellenleistung als die übrigen Streuwerke. Der mit Traktorrädern bereifte Tiefgang-Muldenstreuer ist sehr leichtzünftig. Bei Düngern mit hohem Raumgewicht (Ricokalk, Klärschlamm-Dickstoff) entstehen hohe Zuladungen, die das zulässige Gesamtgewicht des Streuers bei voller Beladung überschreiten können.

Um die pflanzenbaulich geforderten Streumengen möglichst exakt dosieren zu können, sollten Mist- und Kompoststreuer einen Kratzboden mit hydraulischem und stufenlos regulierbarem Antrieb haben. Für feinkrümelige Streugüter ist eine Stauklappe oder ein Stauschieber von Vorteil. Zum Streuen von Kalk und Trockenklärschlamm sind Grossraumstreuer mit Gummibandboden zu

empfehlen. Das Ladevolumen des Streuers muss auf die vorhandenen Feldlängen abgestimmt sein und sollte bei Streuern mit grosser Arbeitsbreite genügend gross sein. Wichtig sind ausserdem eine stabile Bauweise (Fahrwerk, Chassis und Streuwanne) und eine bodenschonende Bereifung.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Versuchsprogramm	2
Ergebnisse	7
Folgerungen und Empfehlungen	17
Arbeitssicherheit und Strassenverkehr	19
Streudiagramme	20
Literatur	20

Problemstellung

Feste Hof- und Abfalldünger nehmen für die Düngung im Acker- und Futterbau eine zentrale Stellung ein. Um die hohen Anforderungen hinsichtlich Nährstoffwirkung und Umweltverträglichkeit erfüllen zu können, müssen die Dünger im optimalen Zeitpunkt, in der empfohlenen Menge und gleichmässig verteilt angewendet werden. Der Wahl einer geeigneten Ausbringtechnik kommt damit entscheidende Bedeutung zu. Der Markt bietet heute eine recht grosse Vielfalt an Ausbring-

geräten an. Es stellt sich die Frage, wie sich die verschiedenen Streusysteme und Streuwerke für die Ausbringung der wichtigsten Abfalldünger und von Stallmist eignen und welche Arbeitsqualität erwartet werden kann. Ein wichtiger Aspekt bei der Verwendung von Abfalldüngern ist zudem die Kenntnis der optimalen Ausbringmenge, die sich aus dem Nährstoffgehalt des verwendeten Düngers einerseits und der jährlich empfohlenen Zufuhr an den Hauptnährstoffen (Phosphat und Stickstoff) andererseits ergibt.

Versuchsprogramm

Untersuchte Streuer und Streusysteme

Die Auswahl der Streumaschinen hatte zum Ziel, möglichst alle Streusysteme zu erfassen, die für die Ausbringung von Mist und verschiedenen Abfalldüngern in Frage kommen. Vier Miststreuer, ein Kompoststreuer, zwei Grossraumstreuer und ein Schleuderdüngerstreuer gelangten zum Einsatz. Tabelle 1 vermittelt einen Überblick der wichtigsten technischen Daten und mit welchen Streugütern die verschiedenen Streuer eingesetzt wurden. Die eingesetzten Streumaschinen unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Bauart, die Grösse, die Düngerdosierung und das Streuwerk. Für die Umschreibung der Streuwerke vergleiche auch Tabelle 14.

Bauart und Grösse: Die Streuer Jeantil Eparator 2, Eparator 3 und Bergmann sind Miststreuer konventioneller Bauart. Die Jeantil-Streuer Eparator 2 und 3 sind bis auf das Streuwerk baugleich und haben die gleiche Grösse. Der Jeantil EVV Eparator 5 unterscheidet sich von den anderen Miststreuern durch die schmale, hohe Streuwanne, die Tiefgangachse und die Bereifung mit zwei grossen Traktorrädern. Der ebenfalls als Tiefgänger gebaute Seitenstreuer Gafner 5.5 A-Vario ist eine vergrösserte und robustere Ausführung der herkömmlichen gezogenen Seitenstreuer. Derselbe Streuer wird auch mit 7 m³ Ladevolumen angeboten. Die Streuwanne ist konisch gebaut. Das

Streuwerk befindet sich vorne. Eine mit dem Kratzboden verbundene Schiebewand befördert das Streugut zum Streuwerk. Vor dem Streuwerk befindet sich zusätzlich eine hydraulische Stauklappe (Abb. 19). Die für Mineraldüngeranwendung konzipierten Grossraumstreuer (Bredal, Amazone) sind gezogen und haben ebenfalls eine konische Behälterform. Der Amazone ZG-B hat als Fahrwerk eine Tandemachse, alle übrigen Streuer (Miststreuer und Grossraumstreuer Bredal) haben eine Einzelachse. Die Streuergrösse wird üblicherweise mit dem maximalen Ladevolumen angegeben. Nebst diesem ist in Tabelle 1 auch das ausgemessene (theoretische) Ladevolumen (bis obere Begrenzung Bordwand) aufgeführt. Da die Streuer bei maximaler Beladung häufig über die Bordwandhöhe beladen werden, liegt das mögliche Ladevolumen je nach Streuergrösse um bis 1,5 m³ über dem theoretischen Fassungsvermögen.

Streuwerke: Der Jeantil Eparator 2 hat zwei horizontale Schneckenwalzen: eine obere Walze mit kleinem Durchmesser (Zuführwalze) und eine zentrale Streuwalze. Unter dieser befindet sich eine dritte, sehr kleine Walze, die das von der Streuwalze nicht erfasste Material verteilt, um grössere Mistklumpen zu verhindern. Die Schnecken der Streuwalze (Durchmesser von 54 cm) haben eine sehr starke Windung; dadurch verteilt das Streuwerk deutlich breiter als herkömmliche Schmalstreuer. Der **Bergmann M 700 SX** hat vier stehende, leicht geneigte Schneckenwalzen mit einer Länge von 140 cm und V-förmigen Doppelzinken. Die Tiefsetzung des Streuwerkes (Streuwerkboden reicht unter den

Kratzboden) garantiert, dass sämtliches Streugut von den Streuwalzen erfasst wird. Beim **Jeantil EVV Eparator 5** besteht das Streuwerk aus zwei vertikalen, relativ stark gegen innen geneigten Schneckenwalzen. Die 56 cm breiten Streuwalzen sind mit senkrecht angebrachten Einfachzinken bestückt. Das Streuwerk hat eine Höhe von 145 cm. Am unteren Ende der Walzen liegen zwei horizontale Teller mit einem Durchmesser von 60 cm. Der **Jeantil EP Eparator 3** hat vier horizontale Streuteller (Durchmesser 55 cm) mit je zwei starren Wurf- flügeln. Zwei liegende Fräswalzen befördern das Streugut gegen die Heckwand, von der das Streugut auf das Breitstreueggregat fällt. Das Seitenstreuwerk des **Gafner 5.5 A-Vario** (Abb. 2) besteht aus dem zentralen Sternrotor (Zubringer), dem Planetrotor (Vorschneider), dem Streurotor (seitlicher Auswurf) und dem darunter liegenden Kleinrotor (Auf- fangen von Streugutresten). Eine mit einem Hydraulikzylinder gesteuerte Streuklappe ermöglicht die variable Streuweitenverstellung. Der Schleuder- düngerstreuer **Vicon Duoflow** und die beiden Grossraumstreuer **Bredal** und **Amazone** haben ein Zweischiebenstreuerwerk. Für die bodennahe Ausbringung trockener, mehlig- er Dünger lässt sich der Amazone ZG-B zusätzlich mit einer Frontstreuschnecke mit einer Arbeitsbreite von 9 oder 12 m ausrüsten.

Mengendosierung: Bei den Mist- und Kompoststreuern wird das Streugut mittels **Kratzboden** zu den Streuwalzen befördert. Der Kratzboden ist bei allen fünf Streuern hydraulisch angetrieben und kann im Vor- und Rücklauf betätigt werden. Über einen Mengenregler lässt sich die Vorschubgeschwindigkeit stufenlos (Bergmann und Gafner) oder in einzelnen Stufen (Jeantil-Streuer) regulieren.

Die Streuer Jeantil Eparator 3, Jeantil Eparator 5 und Gafner A-Vario sind mit einer hydraulischen **Stauklappe** ausgerüstet, die vor dem Beladen heruntergeklappt und während des Streuvorganges hochgestellt wird (Abb. 3). Diese bezweckt, dass beim Beladen des Streuers kein Streugut zwischen den Streuwalzen durchfällt. Während der Streuarbeit streicht sie das Ladegut vor dem Streuwerk gleichmässig ab. Die Streuer Jeantil Eparator 2 und Bergmann hatten im Versuch keine Dosierhilfe, können aber auf Wunsch ebenfalls mit einer Stauklappe bzw. mit einer senkrechten Stauwand ausgerüstet werden.

Tab. 1a: Technische Daten der eingesetzten Streuer

		Fabrikat und Typ			
		Jeantil EP 2060 Eparator 2	Jeantil EP 2060 Eparator 3	Jeantil EVV 10000 Eparator 5	Bergmann M 700 SX
Bezeichnung Streuer Streuwerk		Miststreuer 2 liegende Schneckenwalzen	Mist- und Kompoststreuer Breitstreuwerk mit 4 Streutellern und mit 2 liegenden Fräswalzen	Miststreuer 2 grosse Vertikalschneckenwalzen	Miststreuer 4 stehende Schneckenwalzen
Ladevolumen: maximal/ausgemessen		8,4 / 6,8 m ³	8,4 / 6,6 m ³	11 / 7,9 m ³	10 / 8,2 m ³
Abmessungen der Ladebrücke: L x B x H		395 x 198 x 90 cm	380 x 198 x 90 cm	470 x 142 x 120 cm	465 x 178 x 100 cm
Leergewicht		2960 kg	3800 kg	4370 kg	3150 kg
Anbauart		gezogen, Zugmaul	gezogen, Untenanhängung	gezogen, Zugmaul	gezogen, Zugmaul
Fahrwerk		Einzelachse	Einzelachse	Einzelachse	Einzelachse
Bereifung		550/45-22.5	600/50-22.5	18.4/15-34	550/60-22.5
Mengendosierung		hydraulischer Kratzboden mit Vor- und Rücklauf ohne	hydraulischer Kratzboden mit Vor- und Rücklauf Stauklappe	hydraulischer Kratzboden mit Vor- und Rücklauf Stauklappe	hydraulischer Kratzboden mit Vor- und Rücklauf ohne
Stau- und Dosierhilfe		ohne	Stauklappe	Stauklappe	ohne
Neuwert ca.		Fr. 19 070.-	Fr. 27 940.-	Fr. 37 350.-	Fr. 25 800.-
Vertrieb		GVS-Agrar, 8207 Schaffhausen	GVS-Agrar, 8207 Schaffhausen	GVS-Agrar, 8207 Schaffhausen	Beeler, 8536 Hüttwilen
Eingesetzte Streugüter		Laufstallmist Grüngutkompost	Laufstallmist Grüngutkompost Klärschlamm-Dickstoff Ricokalk	Laufstallmist Grüngutkompost Klärschlamm-Dickstoff Ricokalk	Laufstallmist Grüngutkompost Klärschlamm-Dickstoff Ricokalk

Tab. 1b: Technische Daten der eingesetzten Streuer

	Fabrikat und Typ			
	Gafner 5.5 A-Vario	Bredal B80 L	Amazone ZG-B 16001 TR	Vicon Duoflow DS 751
Bezeichnung Streuer Streuwerk	 Seitenstreuer Seitenstreuwerk mit Stern- und Streurotor	 Grossraumstreuer Zweischeibenstreuwerk	 Grossraumstreuer Zweischeibenstreuwerk / Front-Streuschnecke	 Schleuderdüngerstreuer Zweischeibenstreuwerk
Ladevolumen: maximal/ausgemessen	5,5 / 4,5 m ³	8,2 / -- m ³	9 / -- m ³	750 / -- Liter
Leergewicht	2010 kg	ca. 3000 kg	ca. 4400 kg	ca. 350 kg
Anbauart	gezogen, Zugmaul	gezogen, Zugmaul	gezogen, Zugmaul	Dreipunkthydraulik
Fahrwerk	Einzelachse	Einzelachse	Tandemachse	-
Bereifung	16.0/70-20	21.0/80-20	550/60-22.5	-
Mengendosierung	hydraulischer Kratzboden mit Vor- und Rücklauf	automatischer Bandboden mit Vor- und Rücklauf und 2 Bandgeschwindigkeiten	automatischer Bandboden mit Vor- und Rücklauf und 2 Bandgeschwindigkeiten	2 Dosierschieber
Stau- und Dosierhilfe	Schiebewand und Stauklappe	-	-	-
Neuwert ca.	Fr. 22 000.-	Fr. 33 000.-	Fr. 65 000.- ohne Streuschnecke Fr. 80 000.- mit Streuschnecke	Fr. 4 400.-
Vertrieb	Gafner, 8636 Wald	Einsatz bei Lohnunternehmer	Einsatz bei Lohnunternehmer	Bucher, 8166 Niederweningen
Eingesetzte Streugüter	Laufstallmist Grüngutkompost Klärschlamm-Dickstoff Ricokalk	Ricokalk	Klärschlamm-Granulat	Klärschlamm-Granulat

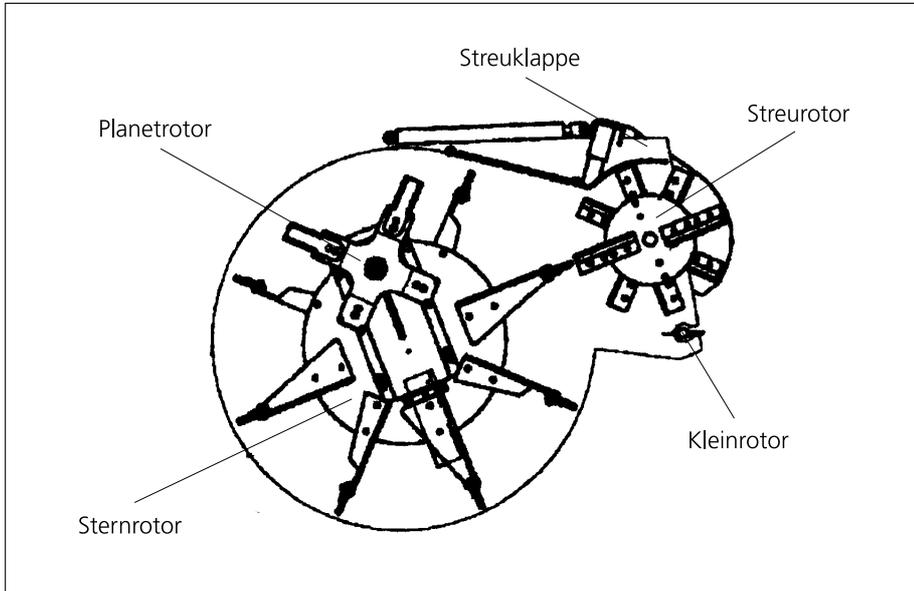


Abb. 2: Funktionsschema des Seitenstreuwerkes Gafner A-Vario (Quelle: Gafner, Wald).

Die Grossraumstreuer Bredal und Amazone arbeiten anstelle eines Kratzbodens (Abb. 6) mit einem im Vor- und Rücklauf bedienbaren **Gummibandboden**. Der Antrieb erfolgt entweder über die Gelenkwelle mit zwei Bandgeschwindigkeiten oder wegabhängig über ein Bodenrad, das bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten eine gleichmässige Dosierung ermöglicht. Die Einstellung der Streumenge geschieht durch einen zentralen, hydraulisch bedienten Dosierschieber. Für erdfeuchte Dünger erfolgt der Düngerauslauf auf die Streuscheiben über eine spezielle Trichterrutsche.

Beim Schleuderstreuer Vicon gelangt das Streugut über zwei **Auslauföffnungen** auf die Streuscheiben. Zwei Dosierschieber regulieren die Streumenge.



Abb. 3: Die während des Streuvorgangs hochgefahrte Stauklappe streicht die Ladung vor dem Streuwerk ab. Dadurch ergibt sich eine gleichmässige Entladung und Längsverteilung.

Eingesetzte Streugüter

Die Streuversuche wurden mit folgenden Düngern durchgeführt:

- Laufstallmist
- Grüngutkompost
- Klärschlamm-Dickstoff
- Trockenklärschlamm
- Ricokalk

Der **Laufstallmist** stammte aus dem Jungviehstall der FAT (Rinderhaltung auf Tiefstreu) und wurde beim Ausmisten der Buchten direkt (ohne Zwischenlagerung) auf die Streuer beschickt. Der **Kompost** stammte von der zentralen Kompostieranlage der Gemeinde Aadorf. Das Material war geschreddertes Grüngut, das an Mieten angelegt, mehrere Male umge-



Abb. 6: Für lose Schüttgüter eignet sich der herkömmliche Kratzboden nicht, da dieser unter der Ladung durchgleitet. Für getrockneten Klärschlamm und Kalk sind deshalb Streuer mit Gummibandboden das richtige.

setzt und gesiebt wurde. Die Rottedauer betrug rund drei Monate. Klärschlamm kam als **Dickstoff** (entwässert und aufgekalkt, TS-Gehalt ca. 32 %) und in getrockneter Form (TS-Gehalt 85 bis 93 %) zum Einsatz. Der **Trockenklärschlamm** stammte aus zwei Trocknungsanlagen im Kanton Thurgau, die mit unterschiedlichen Trocknungsverfahren arbeiteten. Das erste Produkt stammte aus einer Anlage mit einem Trommeltrockner (Trocknung in beheizter Trommel), das zweite aus einem Spiraltrockner (Kontaktrockner mit beheizten Schnecken). Aus der Siebanalyse (Tab. 2) gehen die physikalischen Eigenschaften (Schüttgewicht und Korngrössenverteilung) der eingesetzten Trockenklärschlämme hervor. Produkt 1 aus dem Verfahren Trommeltrockner hat eine deutlich günstigere Korngrössenverteilung als das Produkt 2 und weist deshalb die besseren Streueigenschaften auf. Der aus der Zuckerverarbeitung stammende **Feuchtkalk** kam von der Firma Ricoter in Frauenfeld. Er hat eine erdfeuchte Struktur und ist nicht mit reinen Kalken wie kohlen-saurer Kalk oder Kalksteinmehl gleichzusetzen.

Die Ergebnisse der **Nährstoffanalyse** für die verwendeten Streugüter sind in Tabelle 3 aufgeführt. Bezüglich Gehalt der drei Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kali sind Mist und Grüngutkompost recht ausgewogene Dünger. Die beiden Klärschlämme sind hauptsächlich als Phosphordünger einzustufen; auffallend ist die hohe Nährstoffkonzentration im Trockenprodukt. Ricokalk wird für die Erhaltungskalkung kalkarmer Böden eingesetzt, enthält allerdings noch recht viel Phosphat.

Tabelle 4 vermittelt die ausgebrachten **Nährstoffmengen**, die mit den in den Streuversuchen festgelegten Ausbringmengen für die einzelnen Streugüter resultierten. Beim Klärschlamm-Dickstoff (Ausbringmenge 16 t/ha) lag die Zufuhr an Phosphat mit über 200 kg pro ha über der jährlich empfohlenen P-Menge. Auch beim Laufstallmist war die Ausbringmenge mit 30 t/ha mit entsprechend hohen Gaben an Kali und Stickstoff eher reichlich bemessen.

Die Beladung der Streumaschinen erfolgte mit einem Hoflader JCB mit Frontgabel (Laufstallmist) und mit Kippschaufel für die übrigen Streugüter.

Tab. 2: Beschreibung der verwendeten Trockenklärschlammprodukte

Produkt	Produkt 1	Produkt 2
Herstellverfahren	Trommeltrockner	Spiraltrockner
Siebanalyse:		
Korngrößenklassen	Anteile in %	Anteile in %
> 5 mm	3	9
4-5 mm	16	4
3-4 mm	28	5
2-3 mm	41	12
1-2 mm	11	28
< 1 mm	1	42
Schüttgewicht kg/m³	750	890
Beschreibung	Gekörntes Granulat	Pulveriges Konglomerat mit einzelnen Klumpen

Untersuchte Aspekte

- Querverteilung: Streubreite, nutzbare Arbeitsbreite, Links-/Rechtsverteilung, Streugenauigkeit bei optimaler Überlappung
- Längsverteilung: Gleichmässigkeit der Entladung beim Streuen (Ermittlung der Abladekurve)
- Beurteilung der Streufeinheit (subjektiv, nur bei Stallmist)
- Leistungsbedarf an der Zapfwelle (Streuwerkantrieb), Zugleistung und Hydraulikleistung (Kratzbodenantrieb); Leistungsbedarf der Streuwerke bei gleichem Durchsatz
- Ermittlung der möglichen Fahrstrecken beziehungsweise der notwendigen Ladekapazität in Abhängigkeit von Ausbringmenge, Fahrgeschwindigkeit und Ladedichte des Streugutes

- Ermittlung der Zuladungen bei den verschiedenen Streuern in Abhängigkeit der Streugutraumgewichte.

Die Messungen der Quer- und Längsverteilung erfolgten in Anlehnung an die europäische Norm prEN 13080 «Stallungstreuer - Anforderungen und Prüfmethoden». Die **Querverteilung** ermittelte man im Feld (Abb. 1) mit 40 cm breiten Auffangbecken bei der für jeden Dünger festgelegten und vorgängig eingestellten Soll-Ausbringmenge. Jede Messung wiederholte man dreimal (erstes Drittel, Mitte und letztes Drittel der Entladung). Nach jeder Überfahrt wurde der Inhalt der einzelnen Becken im Feld ausgewogen. Die fehlenden Werte in den Fahrspuren wurden extrapoliert.

Die Messungen der **Längsverteilgenauigkeit** wurden im Stand auf dem Kompostplatz auf Radlastwaagen durchge-

führt. Über den Kratzbodenvorschub wurde die Soll-Ausbringmenge eingestellt und die Entladekurve durch periodische Entladung in Zeitabschnitten von 5 bis 10 Sekunden aufgenommen. Die Nettogewichte wurden hernach in Durchsatz je prozentualer Entladezeit umgerechnet und im Bereich von 5 bis 90 % der Zuladung ausgewertet. Je Streuer führte man zwei Messungen durch.

Die **Streufeinheit** bei Mist erfasste man photographisch im Feld. Dazu legte man vor der Durchfahrt Plastikfolien in einem Holzrahmen (1 m x 1 m) in einem Abstand von zirka 3 m senkrecht zur Fahrspurmitte aus. Die Beurteilung des Streubildes erfolgte bei der Soll-Ausbringmenge von 30 t/ha.

Der **Leistungsbedarf** an der Zapfwelle wurde mit einer Drehmoment-Messnabe, die Zugkraft mit der Zugkraftdose am Traktor ermittelt. Die Zugkraftmessungen erfolgten in der Ebene auf Getreidestoppel. Für die Hydraulikleistung (Kratzbodenantrieb) installierte man an der Hydraulikzufuhr des Streuers ein Durchflussgerät, an dem der Ölförderdruck und die Durchflussmenge abgelesen wurden. Alle Messungen in den Streuversuchen führte man für jeden Dünger bei einer bestimmten, vorgängig festgelegten Streumenge durch. Die Einstellung der **Sollmenge** wurde vor den eigentlichen Messungen im Feld optimiert. Die Sollmengen wurden wie folgt festgelegt:

- Laufstallmist: 30 t/ha
- Grüngutkompost: 25 t/ha
- Klärschlamm-Dickstoff: 16 t/ha
- Trockenklärschlamm: 2 t/ha
- Ricokalk: 10 t/ha

Tab. 3: TS- und Nährstoffgehalte der eingesetzten Streugüter

Parameter	TS %	OS % der TS	N _{tot} kg/t FS	N _{verf.} kg/t FS	P ₂ O ₅ kg/t FS	K ₂ O kg/t FS	Mg kg/t FS	Ca kg/t FS	pH
Laufstallmist	22	75	6,7	1,4	3,0	11	1,2	3,6	8,6
Grüngutkompost	33	47	4,9	1,1	2,8	2,7	2,8	16	7,8
Klärschlamm-Dickstoff (gekalkt)	32	32	6,4	1,9	13	0,5	2,1	57	12,1
Klärschlamm getrocknet	93	42	31	8,1	51	3,2	3,7	50	-
Ricokalk	67	12	3,3	0,1	12	0,7	5,6	234	9,2

TS = Trockensubstanz
 OS = Organische Substanz
 FS = Frischsubstanz

N_{tot} = Gesamt-Stickstoff
 N_{verf.} = Ammonium- und Nitrat-Stickstoff

Tab. 4: In den Streuversuchen ausgebrachte Nährstoffmengen (N, P₂O₅ und K₂O)

Streugut	Ausbringmenge t/ha	Nährstoffgehalte in kg/t			Ausgebrachte Nährstoffe in kg/ha		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Laufstallmist	30	6,7	3	11	201	90	330
Grüngutkompost	25	4,9	2,8	2,7	123	70	68
Klärschlamm-Dickstoff	16	6,4	13	0,5	102	208	8
Trockenklärschlamm	2	31	51	3	62	102	6
Ricokalk	10	3,3	12	0,7	33	120	7

Ergebnisse

Raum- und Schüttgewichte der Streugüter

Die verwendeten Streugüter zeigen deutliche Unterschiede hinsichtlich des Raumgewichtes (Tab. 5). Das geringste Raumgewicht besitzt Mist, das höchste der Ricokalk. Es ist zu unterscheiden zwischen dem an der Miete bzw. im Stall ermittelten Raumgewicht und dem Schüttgewicht, das sich nach Beladen des Streuers ergibt. Beim Laufstallmist ist das Schüttgewicht auf dem Streuer einiges tiefer als im Stall, bei Dickstoff und Ricokalk erhöht sich dieses durch die Verdichtung beim Laden deutlich. Bei Kompost und Trockenschlamm bleibt das Schüttgewicht praktisch unverändert. Grüngutkomposte haben üblicherweise Raumgewichte von 500 bis 600 kg. Das relativ hohe Raumgewicht des eingesetzten Grüngutkompostes erklärt sich damit, dass die Kompostmieten zur Zeit der Versuche aufgrund des sehr nassen Frühjahres 1999 stark durchnässt waren.

Steuerung der Ausbringung

Mist und Abfalldünger müssen in der gewünschten Ausbringung appliziert werden können. Je nach Nährstoffgehalt des Streugutes sind die Anforderungen bezüglich Ausbringung unterschiedlich. Dünger mit hoher Nährstoffkonzentration wie Klärschlamm-Dickstoff oder Ricokalk bedingen tiefe Streumengen um die 10 t/ha. Bei Trockenklärschlamm liegt die optimale Streumenge gar bei 2 bis 2,5 t/ha. Je kleiner die angestrebte Streumenge, desto schwieriger ist die exakte Dosierung.

Tab. 5: Raum- und Schüttgewichte der eingesetzten Streugüter

Streugut	TS-Gehalt	Raumgewicht an Miete / im Stall ¹⁾	Schüttgewicht auf Streuer ²⁾
	%	kg/m ³	kg/m ³
Laufstallmist	22	680	590
Grüngutkompost	33	700	690
Klärschlamm-Dickstoff	32	800	875
Klärschlamm getrocknet	93	750	775
Ricokalk	68	885	1035

¹⁾ Bestimmung nach prEN 13080

²⁾ Nach Beladen mit Frontlader

Bei den Miststreuern mit Kratzboden geschieht die Steuerung der Ausbringung durch die Änderung der Fahrgeschwindigkeit oder des Kratzbodenvorschubes. Für die Fahrgeschwindigkeit beim Streuen liegt die obere Grenze bei etwa 7 km/h. Zu niedrige Fahrgeschwindigkeiten sind wegen zu geringer Flächenleistung nicht erwünscht. Daher sollte die Einstellung der gewünschten Hektargabe bei Fahrgeschwindigkeiten zwischen 4 und 6 km/h möglich sein. Um tiefe Streumengen unter zirka 15 t/ha ausbringen zu können, benötigt man einen Kratzboden mit tiefen Vorschubgeschwindigkeiten (unter 0,5 m/min). Diese Forderung kann nur der hydraulische Kratzbodenantrieb erfüllen. Zudem sollte der Vorschub stufenlos oder in kleinen Schritten regulierbar sein.

Alle fünf eingesetzten Mist- und Kompoststreuer sind mit hydraulischem Kratzboden ausgerüstet. Die gemessenen Vorschubwerte liegen in einem Bereich von 0,3 bis 3 m/min. Die Vorschubgeschwindigkeit lässt sich mit einer Ausnahme bei allen Streuern ausreichend fein regulieren. Nur beim Jeantil E pandor 3 (Tellerstreuerwerk) ist der Regler zu wenig fein abgestimmt, so dass unter-

schiedliche Dosierungen nur in relativ grossen Schritten möglich sind.

Für Mist und Kompost hatten die eingesetzten Streuer keine Probleme, die Ausbring-Sollmengen von 30 bzw. 25 t/ha zu realisieren. Beim Dickstoff konnten die Streuer mit stehenden Walzen noch einigermassen befriedigend die geforderte Sollmenge von 16 t/ha ausbringen; besser eigneten sich jedoch der Streuer mit Tellerstreuerwerk (Jeantil E pandor 3) und der Seitenstreuer (Gafner A-Vario). Beim Ricokalk schaffte es von den Mist- und Kompoststreuern einzig der Seitenstreuer, die Sollmenge von 10 t/ha exakt auszubringen. Getrockneter Klärschlamm liess sich in Mengen von 2 bis 2,5 t/ha nur mit dem Grossraumstreuer (Amazone ZG-B) präzise ausbringen. Beim zusätzlich eingesetzten Kompoststreuer mit Breitstreuerwerk und Kratzboden (Heywang Miro ABH 41) resultierten Streumengen, die weit über dem Soll lagen. Mit dem Schleuderstreuer (Vicon Duoflow) dagegen konnte die Zielmenge von mindestens 2 t/ha nur bei maximal geöffneter Schieberöffnung erreicht werden; zudem durfte die Fahrgeschwindigkeit höchstens zirka 4 km/h betragen.

Streubreite und nutzbare Arbeitsbreite

Tabelle 7 vermittelt die wichtigsten Unterschiede der verschiedenen Streuwerke hinsichtlich Streubreite und nutzbarer Arbeitsbreite. Die nutzbare Arbeitsbreite ergibt sich aus der Streubreite abzüglich der erforderlichen Überlappung der Streubilder auf jeder Seite des Streubildes (siehe Streudiagramme im Anhang).

Der mit liegenden Walzen versehene Jeantil Epanдор 2 erzielte eine Arbeitsbreite von rund 4 m, die damit 1 bis 2 m grösser ist als bei herkömmlichen Schmalstreuern. Dies ist auf die spezielle Bauart des Streuwerkes (Windung der Schnecken, nach hinten versetzte zentrale Streuwalze) zurückzuführen. Die beiden Streuer mit stehenden Schneckenwalzen (Jeantil Epanдор 5 und Bergmann M 700) erreichten nutzbare Arbeitsbreiten von rund 6 bis 7 m. Wegen der ausser flach abfallenden Streuflanken muss mit diesen Streuwerken für eine optimale Verteilung relativ stark überlappt werden. Dies führt dazu, dass frisch gestreutes Streugut bei der anschliessenden Durchfahrt überfahren wird, was bei hohen Gaben nachteilig ist. Beim Mist- und Kompoststreuer Jeantil Epanдор 3 mit Tellerstreuwerk betragen die nutzbaren Arbeitsbreiten beim Streuen von Mist, Kompost und Dickstoff zwischen 11 und 13 m. Damit ist es möglich, diese Dünger fahrgassentauglich in wachsende Bestände auszubringen.

Mit dem Seitenstreuer Gafner A-Vario lässt sich die Streubreite von wenigen Metern bis maximal 20 m ändern. In den Streuversuchen stellten wir die Streuweiten auf zirka 12 m ein. Bei gleicher Einstellung der Streuweitenbegrenzung ist die Wurfweite mit Kompost geringer als bei Mist und Dickstoff.

Beim Streuen von Ricokalk sind die Streu- und Arbeitsbreiten deutlich geringer als mit den übrigen Streugütern. Der Kalkstreuer von Bredal kommt auf eine nutzbare Arbeitsbreite von 9 Metern. Beim getrockneten Klärschlamm sind die erzielten Streubreiten je nach Qualität des Streuproduktes sehr unterschiedlich. Während mit dem gekörnten Granulat aus dem Trommelrockner (Produkt 1) Arbeitsbreiten ähnlich wie bei Mineraldüngern erzielt werden, sind dieselben beim mehligem Produkt 2 (Spiralrockner) deutlich kleiner. Stimmt die Granulatqualität, lässt sich Trockenschlamm sowohl

Tab. 6: Klassierung der Variationskoeffizienten (VK) zur Beurteilung der Querverteilgenauigkeit

VK in %	VK in %	Beurteilung
Mist, Kompost, Dickstoff, Ricokalk	Klärschlamm-Granulat	
< 15 %	< 10 %	sehr gut
15 - 20 %	10 - 15 %	gut
20 - 25 %	15 - 20 %	befriedigend
25 - 35 %	20 - 30 %	mangelhaft
> 35 %	> 30 %	ungenügend

Tab. 7: Zusammengefasste Ergebnisse der Streuversuche

Streuer	Streubreite m	Nutzbare Arbeitsbreite m	Erforderliche Überlappung ¹⁾ m	Variationskoeffizient ²⁾ %
<i>Laufstallmist, Kompost, Klärschlamm-Dickstoff:</i>				
Jeantil EP Epanдор 2	7,5 - 8,5	3,5 - 4,5	1 - 2	18,2 - 18,8
Jeantil EVV Epanдор 5	11 - 13	5,5 - 7	2,5 - 3	13,1 - 23,2
Bergmann M 700 SX	12 - 13,5	6,5 - 7	3 - 3,5	5,1 - 9,1
Jeantil EP Epanдор 3	16 - 19	11 - 13	2 - 3	13,4 - 15,5
Gafner 5.5 A-Vario	11,5 - 13,5	10 - 11	1 - 1,5	11,2 - 38,7
<i>Ricokalk:</i>				
Bredal B80 L	14	9	2,5	6,8
Gafner 5.5 A-Vario	9,5	7	1	23,6
Jeantil EP Epanдор 3	13	10,5	1,5	17,8
<i>Klärschlamm-Granulat:</i>				
Vicon Duoflow DS 751	20	13	3,5	6,7
Amazone ZG-B 16001 TR	22	12	5	15,4
Amazone ZG-B 16001 TR mit Streuschnecke	12	12	0	6,3
Heywang Miro ABH 41	15	7	4	20,2

¹⁾ Auf jeder Seite ²⁾ Vgl. Tabelle 6

Tab. 8: Längsverteilgenauigkeit bei drei Miststreuern mit und ohne Stauklappe (Jeantil EP und EVV) bzw. mit Schiebewand (Gafner)

Streuer	Dosier-vorrichtung	VK in % ohne Überlappung	VK in % mit Überlappung ¹⁾
Jeantil EP 2060 Epanдор 2	keine	40,6	13,4
Jeantil EVV 10000 Epanдор 5	Stauklappe	25,2	16,2
Gafner 5.5 A-Vario	Schiebewand	18,8	12,1

¹⁾ Bewertungsskala für die Längsverteilgenauigkeit: VK-Werte < 15 % werden als sehr gut, VK-Werte zwischen 15 und 20 % als gut eingestuft.

mit dem Grossraumstreuer als auch mit dem Schleuderstreuer fahrgassentauglich streuen.

Streugenauigkeit quer zur Fahrtrichtung

Die Beurteilung der Querverteilgenauigkeit erfolgt aufgrund des Variationskoeffizienten (VK).

Der VK ist ein Mass für Ungleichmässigkeiten in der Querverteilung. Je kleiner der VK, desto besser ist die Streugenauigkeit. Er berechnet sich aus der Gesamtverteilung, die nach Überlappung der Streubilder resultiert. Bei optimaler Überlappung der Streukurven ergibt sich der kleinste VK-Wert. Bei der Ermittlung der optimalen Überlappung geht man davon aus, dass beim Streuen

auf dem Feld immer in derselben Richtung gefahren wird.

Um die errechneten VK-Werte einordnen zu können, kann man eine Klassierung gemäss Tabelle 6 vornehmen. Da die Anforderungen bei granulierten Düngern (Trockenklärschlamm) höher zu gewichten sind als bei Mist und feuchten Abfalldüngern, werden die VK-Werte für diese beiden Kategorien unterschiedlich bewertet.

Die Ergebnisse zur Streugenauigkeit sind in Tabelle 7, in Abbildung 4 und im Anhang (Streudiagramme) dargestellt. Bis auf wenige Ausnahmen erzielten die eingesetzten Streuer gute bis sehr gute Streugenauigkeiten. Für die beiden Streuer mit stehenden Walzen (Jeantil Eparator 5 und Bergmann M 700) fielen die Ergebnisse bei Mist und Kompost sehr gut aus. Auffallend ist die hohe Streuqualität des Bergmann M 700 mit VK-Werten von deutlich unter 10 % bei allen drei Streugütern (Mist, Kompost und Dickstoff). Mit dem Tellerstreuwerk des Kompoststreuers (Jeantil Eparator 3) sind die Ergebnisse ebenfalls durchwegs gut und fallen auch beim Ricokalk noch befriedigend aus. Das Seitenstreuwerk (Gafner A-Vario) zeigte je nach Streugut grosse Unterschiede und konnte besonders beim Mist nicht überzeugen. Allerdings sind die ermittelten VK-Werte mit den anderen Streusystemen nicht direkt vergleichbar, weil sich die bei konventionellen Streuern angewandte Methode zur Bestimmung der Streugenauigkeit beim Seitenstreuer nur bedingt eignet.

Der Bredal-Kalkstreuer überzeugt ebenfalls durch eine sehr gute Streugenauigkeit mit einem VK-Wert weit unter 10 %, den die anderen eingesetzten Streuer nicht erreichen können. Beim Klärschlamm-Granulat schneiden der Schleuderstreuer (Vicon Duoflow) sehr gut, der Grossraumstreuer mit Scheibenstreuwerk (Amazone ZG-B) noch knapp gut ab. Wird derselbe Streuer mit einer Streuschnecke ausgerüstet, resultiert eine hohe Streupräzision. Durch die konstante Arbeitsbreite des Streubalkens bestehen zudem keine Überlappungsprobleme.

Längsverteilgenauigkeit

Eine gleichmässige Entladung des Streugutes von Streubeginn bis -ende hat für eine ausgeglichene Düngerverteilung im

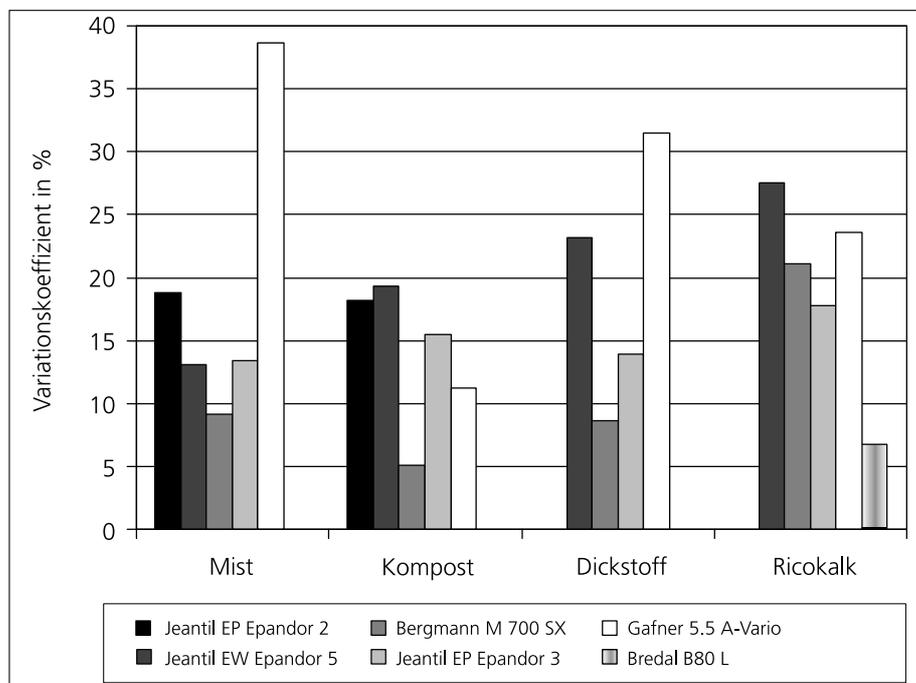


Abb. 4: Variationskoeffizienten (VK) in Prozent als Mass für die Querverteilgenauigkeit bei den eingesetzten Streuern und Streugütern. Der Grossraumstreuer Bredal wurde nur für Ricokalk, der Jeantil Eparator 2 (Miststreuer mit liegenden Walzen) nur für Mist und Kompost eingesetzt. Beurteilungsschema VK-Werte vgl. Tabelle 6. Je tiefer der VK, desto besser die Streugenauigkeit.

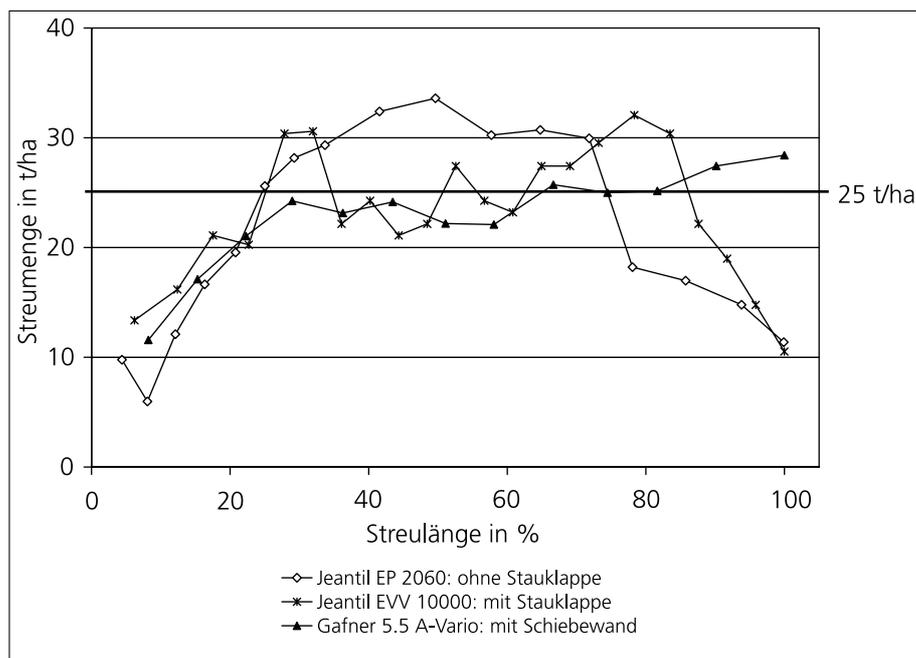


Abb. 5: Längsverteilgenauigkeit bei Kompost (Sollmenge 25 t/ha) bei drei Miststreuern mit und ohne Stauklappe (Jeantil) und mit Schiebewand (Gafner).

Feld grosse Wichtigkeit. Die Beurteilung der Längsverteilung erfolgt wie bei der Querverteilgenauigkeit aufgrund des Variationskoeffizienten (VK). Für die Berechnung des VK wird zwischen Längsverteilung ohne und mit Überlagerung der Abladekurven unterschieden. Die

Berücksichtigung der Überlappung, wie sie die europäische Norm (prEN 13080) vorgibt, macht allerdings wenig Sinn, da in der Praxis die einzelnen Fahrten in Längsrichtung nicht überlagert werden. Der VK ohne Überlappung hat deshalb mehr Aussagekraft (Tab. 8).

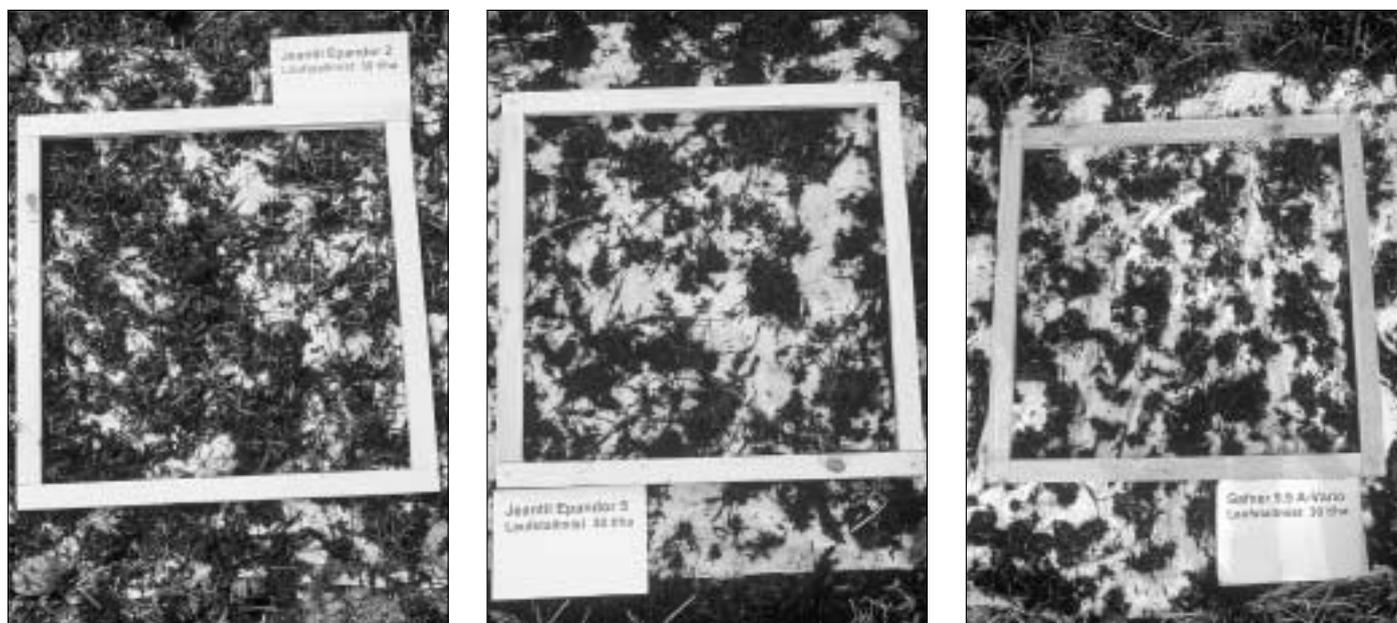


Abb. 7: Im Feld erfasste Feinverteilung beim Streuen von Laufstallmist in einer Menge von zirka 30 t/ha. Links: Streuwerk mit liegenden Walzen (Jeantil Epandor 2); Mitte: Streuwerk mit zwei stehenden Walzen (Jeantil Epandor 5); Rechts: Seitenstreuwerk (Gafner A-Vario).

Es interessierte der Vergleich von Miststreuern, die mit oder ohne Stauklappe ausgerüstet sind (Abb. 3) sowie der mit einer Schiebewand arbeitende Seitenstreuer (Abb. 19). Abbildung 5 zeigt die Längsverteilkurven für die drei Streuer Jeantil EP Epandor 2 (ohne Stauklappe), Jeantil EVV Epandor 5 (mit Stauklappe) und Gafner 5.5 A-Vario (mit Schiebewand) für Kompost bei einer Sollmenge von 25 t/ha. Das Ergebnis bestätigt die für herkömmliche Miststreuer typische Erscheinung der recht ungleichen Verteilung in Längsrichtung, indem zu Beginn und gegen Ende der Entladung verglichen zur Soll-Ausbringung zu wenig Streugut ausgebracht wird. Ist der Streuer mit einer hydraulischen Stauklappe ausgerüstet, wird das Material schon deutlich gleichmässiger dosiert, auch wenn die Längsverteilung noch nicht ideal ist. Mit 25,2 % liegt der errechnete VK-Wert aber schon deutlich tiefer als beim Streuer ohne Stauklappe (VK von 40,6 %). Die Stauklappe bewirkt ein gleichmässiges Abstreichen des Ladegutes. Voraussetzung ist, dass die Stauklappe genügend tief abgesenkt ist. Bei der Messung war die Stauklappe bei einer Ladehöhe von 90 cm auf 80 cm oberhalb des Kratzbodens abgesenkt. Die deutlich beste Längsverteilung resultierte bei dem mit Schiebewand und Stauklappe ausgerüsteten Seitenstreuer. Der VK ohne Überlappung liegt unter 19 % (Tab. 8). Lediglich zu Beginn der Entladung (bis zirka 25 % der Streulänge)

Tab. 9: Beurteilung der Streuwerke hinsichtlich Streufeinheit bei Laufstallmist, Soll-Ausbringungsmenge von 30 t/ha

Streuer	Streuwerk	Streuereinheit
Jeantil EP 2060 Epandor 2	Liegende Walzen	ziemlich gut
Jeantil EP 2060 Epandor 3	4-Tellerstreuwerk	gut
Jeantil EVV Epandor 5	2 Vertikalwalzen	gut
Bergmann M 700 SX	4 stehende Walzen	sehr gut
Gafner 5.5 A-Vario	Seitenstreuwerk	sehr gut

wird die Sollmenge nicht erreicht (Abb. 5).

In der Praxis lässt sich die Längsverteilung nur dadurch verbessern, indem zu Beginn und gegen Ende der Entladung die Fahrgeschwindigkeit reduziert oder der Kratzbodenvorschub erhöht wird. Bedingung dafür ist, dass der Kratzboden hydraulisch angetrieben ist und die Vorschubregelung im Traktor vorgenommen werden kann. Der Ausgleich des Durchsatzes braucht aber viel Gefühl und Erfahrung.

Streuereinheit von Mist

Das Feinstreuen der verschiedenen Streuwerke wurde nur beim Laufstallmist beurteilt, da eine feine Verteilung nur bei Mistanwendung und hier vor allem im Futterbau wichtig ist. Fein gezetteter Mist

begünstigt die rasche Verrottung. Für einen einwandfreien Vergleich der Streuwerke hinsichtlich Feinstreuverhalten müsste die angestrebte Hektargabe überall genau identisch sein, was sich aber im Feld nur annäherungsweise realisieren lässt. Es ist deshalb nur eine grobe Beurteilung möglich.

Alle fünf untersuchten Miststreuer erzielten eine hohe Streufeinheit. Kein Streuwerk hinterliess beim Streuen grössere Mistklumpen. Abbildung 7 zeigt die im Feld aufgenommenen Streubilder von drei ausgewählten Streuwerken.

Die festgestellten Unterschiede zwischen den Streuwerken sind gering. Der Jeantil Epandor 2 (liegende Walzen) streut etwas weniger fein als die beiden anderen Jeantil-Streuer Epandor 3 (Tellerstreuwerk) und Epandor 5 (Vertikalwalzen). Im Vergleich zu anderen Streuern mit liegenden

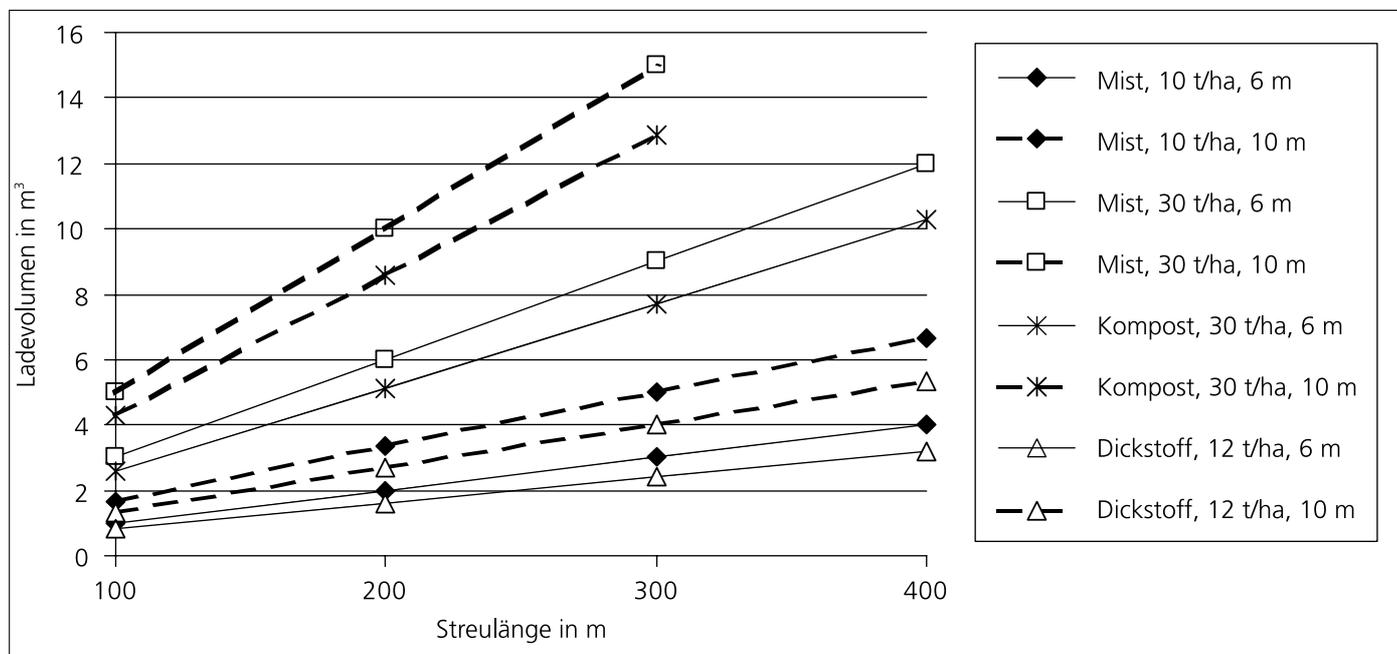


Abb. 8: Erforderliches Ladevolumen bzw. mögliche Streulängen bei Ausbringung von Mist, Kompost und Klärschlamm-Dickstoff bei unterschiedlichen Streumengen und Arbeitsbreiten des Streuers.

Walzen ist die Feinheit aber markant besser. Unter den Streuwerken mit stehenden Walzen schneidet das Vierwalzenstreuwerk des Bergmann M 700 SX besser ab als das Zweiwalzenstreuwerk des Jeantil Ebandor 5. Die beste Streufeinheit erzielt der Gafner-Seitenstreuer. Die Beurteilung der fünf Streuwerke geht aus Tabelle 9 hervor.

Streulängen und Streuergrösse

Damit umständliche Anschlussfahrten in Längsrichtung vermieden werden können, muss das Fassungsvermögen des Streuers auf die auf dem Betrieb vorhandenen Feldlängen abgestimmt sein. Ideal ist, wenn mit einer Ladung eine ganze Feldlänge mit der angestrebten Ausbringungsmenge bedient werden kann.

Ausbringungsmenge, Arbeitsbreite und Ladevolumen des Streuers bestimmen, wie weit man mit einer Ladung streuen kann. Gibt man die gewünschte Ausbringungsmenge, die nutzbare Arbeitsbreite und das Schüttgewicht des Streugutes vor, hängt die mögliche Streulänge einzig vom Ladevolumen des Streuers ab. Aus Abbildung 8 ist ersichtlich, welche Streuergrösse bei einer bestimmten Feldlänge erforderlich ist bzw. welche Streulängen bei gegebenem Ladevolumen möglich sind, dies bei Arbeitsbreiten von 6 und 10 m für die Ausbringung von Mist (10 und

Tab. 10: Erreichbare Streulängen und dazugehörige Ausbringungsmengen in Abhängigkeit von Fahrgeschwindigkeit und Kratzboden-Vorschub bei einem Raumgewicht des Streugutes von 700 kg/m³

Fahrgeschwindigkeit km/h	Kratzboden-Vorschub m/min	Resultierende	
		Streulänge m	Streumenge t/ha
<i>Jeantil EP 2060 Ebandor 2; nutzbare Arbeitsbreite 4 m:</i>			
3	1,2	167	71
3	0,6	337	35
6	0,6	675	18
<i>Jeantil EVV 10000 Ebandor 5; nutzbare Arbeitsbreite 6 m:</i>			
3	1,2	173	53
3	0,6	346	27
6	0,6	692	13
<i>Bergmann M 700 SX; nutzbare Arbeitsbreite 6,5 m:</i>			
3	1,2	192	46
3	0,6	383	23
6	0,6	767	12
<i>Jeantil EP 2060 Ebandor 3; nutzbare Arbeitsbreite 12 m:</i>			
3	1,2	159	25
3	0,6	317	13
6	0,6	633	6
<i>Gafner 5.5 A-Vario; nutzbare Arbeitsbreite 12 m:</i>			
3	1,8	86	30
3	1,2	129	20
3	0,6	258	10
6	0,6	517	5

30 t/ha), Kompost (30 t/ha) und Klärschlamm-Dickstoff (12 t/ha). Die dabei zugrundegelegten Streugutdichten sind für Mist 600 kg, für Kompost 700 kg und für Dickstoff 900 kg pro Kubikmeter.

Die Darstellung zeigt, dass für Dünger mit geringem Raumgewicht (Stallmist) grossvolumige Streuer notwendig sind, wenn hohe Hektargaben, wie sie im Ackerbau üblich sind, das Ziel sind. Für diese Fälle sind eher Streuwerke mit geringer Arbeitsbreite zu wählen. Bei Streugütern wie beispielsweise Klärschlamm-Dickstoff kommt man auch mit mittelgrossen Streuergössen aus. Zudem empfehlen sich Breitstreuwerke, mit denen die relativ tiefen Soll-Mengen besser realisierbar sind.

In der Praxis stellt man in der Regel Kratzbodenvorschub und Fahrgeschwindigkeit so ein, dass mit dem vorhandenen Streuer das Entleeren einer Ladung mit der gegebenen Feldlänge aufgeht. Häufig entspricht dann die resultierende Ausbringmenge nicht der empfohlenen Sollmenge. Wie sich die fünf eingesetzten Miststreuer diesbezüglich verhalten, geht aus Tabelle 10 hervor. Schmalstreuwerke (Jeantil Epandor 2) ermöglichen bei gleichem Ladevolumen grosse Streulängen. Tiefe Ausbringmengen unter 20 t/ha sind allerdings nur mit sehr tiefen Vorschubwerten am Kratzboden möglich. Bei Streuwerken mit grossen Arbeitsbreiten (Jeantil Epandor 3, Gafner A-Vario) dagegen ergeben sich schon bei mittleren Hektargaben kurze Streulängen, dafür lassen sich geringe Ausbringmengen auch bei normaler Fahrgeschwindigkeit problemlos verwirklichen.

Zuladungen

Um die Gefahr der Überschreitung des zulässigen Gesamtgewichtes beim Laden des Streuers abschätzen zu können, bestimmte man für die fünf eingesetzten Mist- und Kompoststreuer die Zuladungen bei Mist, Kompost, Klärschlamm-Dickstoff und Ricokalk. Die ermittelten Zuladungen der einzelnen Streugüter sind Mittelwerte aus mehreren Wägungen bei vollem Streuer, aber nicht maximaler Beladung (Abb. 9).

Die maximal zulässige Zuladung hängt vom zulässigen Gesamtgewicht des jeweiligen Streuers ab. Das vom Hersteller garantierte zulässige Gesamtgewicht beträgt beim Bergmann M 700 SX 7 t,

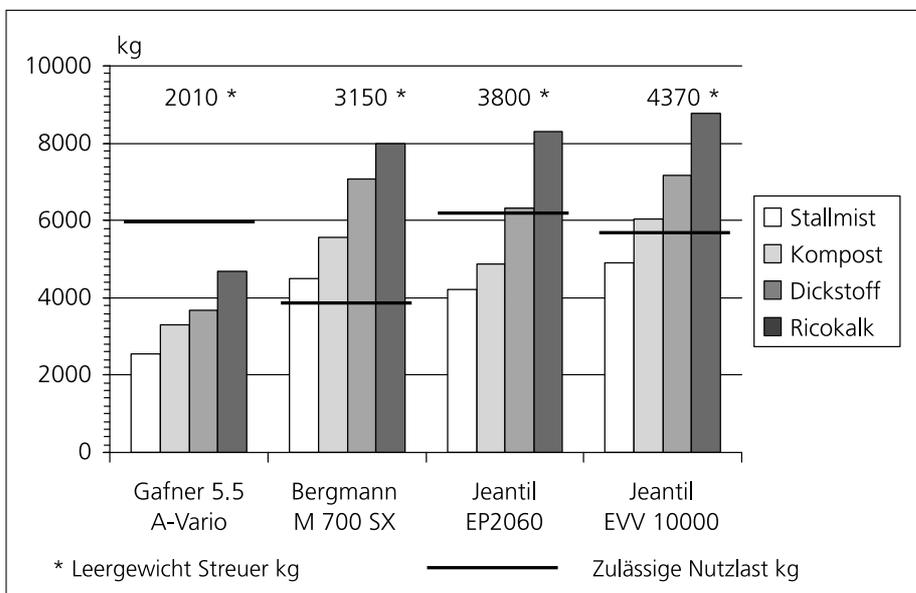


Abb. 9: Mittlere Zuladungen bei verschiedenen Streugütern. Die zulässige Nutzlast des Streuers ergibt sich aus dem zulässigen Gesamtgewicht abzüglich dem Leergewicht des Streuers.

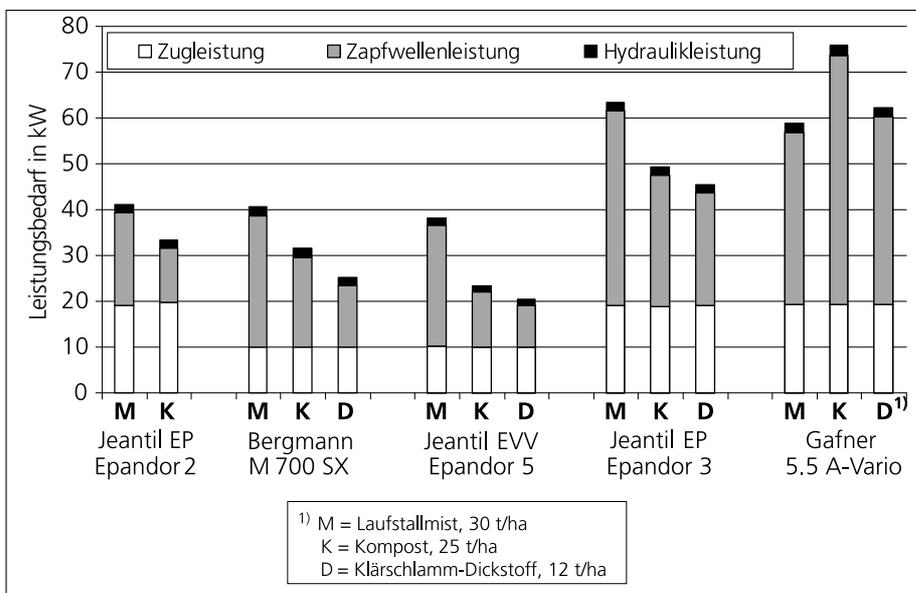


Abb. 10: Ermittelter Gesamtleistungsbedarf bei Ausbringung von Laufstallmist (30 t/ha), Kompost (25 t/ha) und Klärschlamm-Dickstoff (12 t/ha).

beim Gafner 5.5 A-Vario 8 t und bei den Jeantil-Streuern 11,4 t (EP 2060) und 11,6 t (EVV 10000). Zieht man vom zulässigen Gesamtgewicht das Leergewicht des Streuers ab, ergibt sich die zulässige Nutzlast. Für deren Berechnung wurde bei den Jeantil-Streuern das gemäss Strassenverkehrsrecht geltende maximale zulässige Gesamtgewicht von 10 t, bei den beiden anderen Streuern das Garantiegewicht des Herstellers berücksichtigt.

Bei den Streugütern mit hohem Raumgewicht (vgl. Tab. 5) ergeben sich hohe

Zuladungen. Bei Ricokalk und Dickstoff ist das Risiko, dass das zulässige Gesamtgewicht überschritten wird, deutlich grösser als bei Mist und Kompost. Die Überladegefahr ist besonders bei jenen Streuern gross, die entweder ein hohes Eigengewicht (Jeantil EVV 10000) oder ein geringes Garantiegewicht (Bergmann M 700 SX) haben, und bei denen folglich eine geringe zulässige Nutzlast resultiert. Bei Streuern mit relativ geringem Ladevolumen (Gafner 5.5 A-Vario) dagegen ist die Gefahr des Überladens selbst bei Düngern mit hohem Raumgewicht

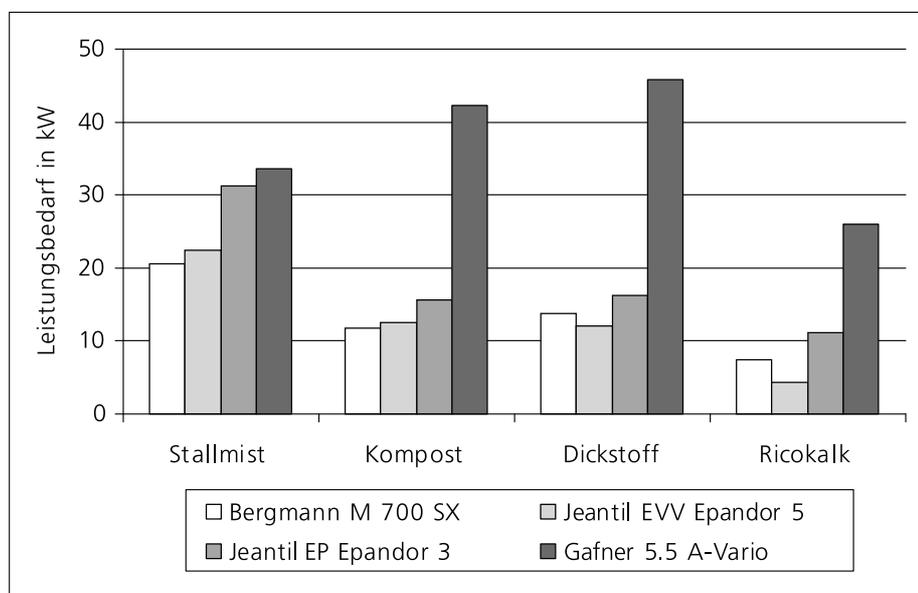


Abb. 11: Ermittelte Zapfwellenleistung bei einheitlichem Durchsatz von 1 t/min.

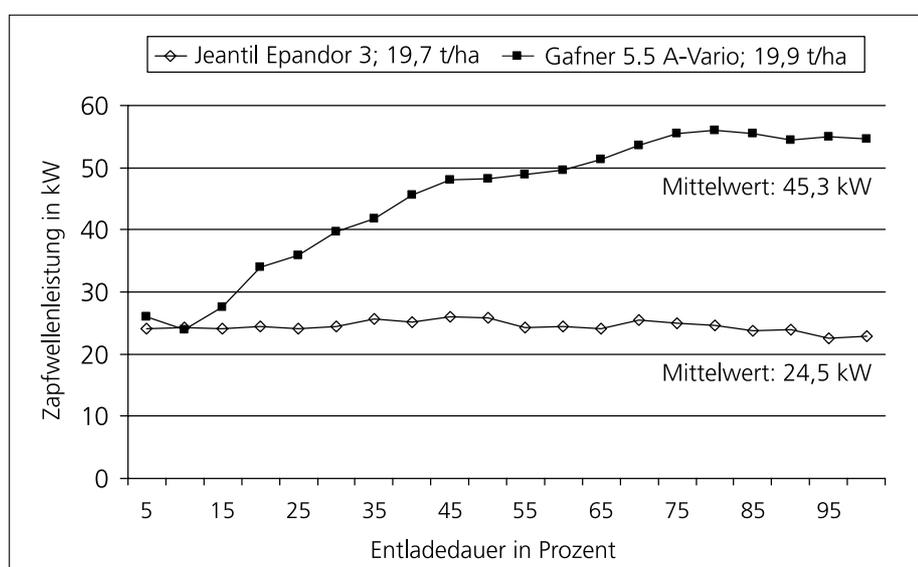


Abb. 12: Verlauf der Zapfwellenleistung beim Ausbringen von Kompost (20 t/ha): Vergleich zwischen Kompoststreuer mit Tellerstreuerwerk (Jeantil Epanдор 3) und Seitenstreuer (Gafner A-Vario).

gering. Zu erwähnen ist, dass es die Bergmann-Streuer mit Einfachachse auch in Ausführungen bis 11 t Garantiegewicht gibt.

Leistungsbedarf

Der Leistungsbedarf bei Mist- und Kompoststreuern setzt sich aus der Zapfwellenleistung (Streuerwerktrieb), der Hydraulikleistung (Kratzbodenantrieb) und der Zugleistung zusammen. Den grössten Anteil am gesamten Leistungsbedarf hat die Zapfwellenleistung. Im Mittel der fünf eingesetzten Streuer und der drei

Streugüter Mist, Kompost und Dickstoff nimmt der Antrieb des Streuerwerkes 57 % der erforderlichen Gesamtleistung in Anspruch. Für die Zugkraft werden im Durchschnitt 38 % der Gesamtleistung benötigt. Die für den Kratzbodenantrieb erforderliche Hydraulikleistung liegt in einem Bereich von 1,5 bis 2 kW und macht im Mittel aller Streuer lediglich 5 % des Gesamtleistungsbedarfes aus. Abbildung 10 vermittelt den gesamten Leistungsbedarf (Zapfwellen-, Hydraulik- und Zugleistung), der für die Ausbringung von Laufstallmist, Kompost und Dickstoff bei den vorgegebenen Soll-Ausbringungsmengen gemessen wurde. Bei

Laufstallmist mit einer Ausbringungsmenge von 30 t/ha resultierte der höchste **Gesamtleistungsbedarf**. Die Streuer mit liegenden oder stehenden Walzen (Jeantil Epanдор 2, Jeantil Epanдор 5 und Bergmann M 700 SX) erfordern zirka 40 kW, der Kompoststreuer mit Tellerstreuerwerk (Jeantil Epanдор 3) und der Seitenstreuer (Gafner A-Vario) total 60 kW Gesamtleistung. Für die Eigenbewegung des Zugfahrzeuges sind zur gemessenen Gesamtleistung noch rund 20 kW dazuzurechnen. Demnach erfordern die Streuer Jeantil EP Epanдор 2, Bergmann M 700 SX und Jeantil EVV Epanдор 5 rund 60 kW, der Jeantil EP Epanдор 3 und der Gafner 5.5 A-Vario etwa 80 kW Traktorleistung.

Die erforderliche **Zapfwellenleistung** ist je nach Streuerwerk und Streugut sehr unterschiedlich. Die Streuer mit liegenden und stehenden Walzen benötigen rund 10 bis 30 kW Antriebsleistung, während die Streuer mit Tellerstreuerwerk (Jeantil Epanдор 3) oder Seitenstreuerwerk (Gafner A-Vario) mit 25 bis über 40 kW deutlich höher liegen (Abb. 10). Der höhere Leistungsbedarf dieser beiden Streuer erklärt sich vor allem dadurch, dass die Streuerwerke mit grosser Arbeitsbreite – gleiche Fahrgeschwindigkeit vorausgesetzt – für die gleiche Ausbringungsmenge einen höheren Durchsatz benötigen als Streuer mit geringer Arbeitsbreite. Für die eingestellten Soll-Ausbringungsmengen wurden je nach Streugut Durchsätze zwischen 0,8 und 1,75 t/min ermittelt. Um die Streuerwerke untereinander vergleichen zu können, wurde zusätzlich der Leistungsbedarf bei einheitlichem Durchsatz von zirka 1 t/min gemessen. Vergleicht man die Werte bei gleichem Durchsatz, fallen die Unterschiede zwischen den Streuerwerken weniger deutlich aus, abgesehen vom Seitenstreuer (Gafner A-Vario), der besonders bei Kompost und Dickstoff einen markant höheren Leistungsbedarf aufweist. Dieser erklärt sich einerseits mit dem engen Streuerwerkdurchlass, andererseits mit der hohen Verdichtung des Streugutes gegen Ende der Entladung (Abb. 11).

Streuerwerke mit liegenden und stehenden Walzen sowie Tellerstreuerwerke haben einen konstanten Drehmomentverlauf und folglich einen gleichmässigen Leistungsbedarf von Anfang bis Ende der Entladung. Beim Seitenstreuer dagegen nimmt das Drehmoment im Laufe des Streuvorganges, bedingt durch die zunehmende Verdichtung des Streugutes

Tab. 11: Gemessene Zugkraft an fünf Streuern und ermittelte Zugleistung bei der effektiven Fahrgeschwindigkeit und bei 4 km/h

Streuer	Bereifung Dimension	Anhängergesamtgewicht kg	Fahrgeschwindigkeit km/h	Gemessene Zugkraft kN	Zugleistung effektiv kW	Zugleistung bei 4 km/h kW
Gafner 5.5 A-Vario	16.0/70-20	5260	3,3	17,6	15,9	19,5
Jeantil EP 2060 Epandor 2	550/45-22.5	7390	4,4	17,5	21,5	19,5
Bergmann M 700 SX	550/60-22.5	8330	5,3	9,1	13,4	10,1
Jeantil EP 2060 Epandor 3	600/50-22.5	8920	4,0	17,2	19,0	19,0
Jeantil EVV 10000 Epandor 5	18.4/15-34	9970	4,8	9,2	12,3	10,2

durch die Schiebewand, kontinuierlich zu (Abb. 12). Besonders markant ist der Anstieg beim Streuen von Dickstoff und Kompost, was auf den hohen Wassergehalt dieser Streugüter zurückzuführen ist. Folglich resultiert bei diesem Streuer auch ein hoher mittlerer Leistungsbedarf über die ganze Entladedauer.

Leistungsmessungen an der Zapfwelle mit Stapelmist wurden nicht durchgeführt. Aus früheren Messungen an der FAT mit Miststreuern mit liegenden und stehenden Walzen (Bisang 1986) ergaben sich bei Stapelmistausbringung (Durchsatz 1 t/min) Zapfwellenleistungen von 12,5 bis 17 kW. In den jetzigen Messungen erforderten die Streuer mit liegenden und stehenden Walzen bei gleichem Durchsatz (Jeantil Epandor 2, Jeantil Epandor 5 und Bergmann M 700 SX) zwischen 20 und 24 kW Antriebsleistung. Der im Vergleich zu Stapelmist wesentlich kompaktere und schwerere Laufstallmist verursacht demnach einen um rund 7 kW höheren Leistungsbedarf für den Streuerantrieb.

Die Ergebnisse für die Zugkraft und die Zugleistung sind in Tabelle 11 aufgeführt. Die gemessenen Zugkräfte betragen je nach Streuer, Anhängergewicht und Fahrgeschwindigkeit zwischen 9 und 17,5 kN. Die auf gleiche Fahrgeschwindigkeit von 4 km/h umgerechnete Zugleistung beträgt rund 10 bis 20 kW. Es ist zu beachten, dass bei höheren Fahrgeschwindigkeiten und bei Bergauffahrt Zugkraftwerte resultieren können, die einiges höher liegen als in den Versuchen gemessen. Der Gafner 5.5 A-Vario weist trotz tiefstem Anhängergesamtgewicht einen vergleichsweise hohen Zugkraftbedarf auf. Der Streuer Jeantil EVV 10000 dagegen überrascht durch einen sehr tiefen Zugleistungsbedarf von 10 kW,

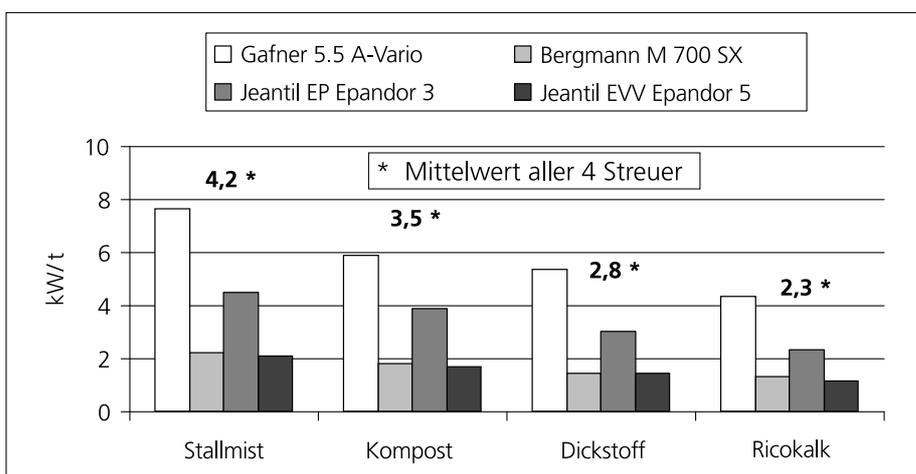


Abb. 13: Spezifischer Zugleistungsbedarf in kW pro Tonne Zuladung.

obwohl das Gesamtgewicht im Vergleich zum Gafner fast doppelt so hoch ist. Für die erforderliche Zugkraft ist folglich weniger das Gewicht des Streuers als viel mehr dessen Bereifung entscheidend. Wie das Ergebnis des Tiefgang-Muldenstreuers beweist, vermindern grosse Rad-durchmesser den Rollwiderstand erheblich.

Der spezifische Zugleistungsbedarf (Abb. 13) gibt den Leistungsbedarf in kW pro t Zuladung an. Im Durchschnitt aller vier Streuer (ohne Jeantil Epandor 2) beträgt dieser bei Stallmist 4,2 kW, bei Kompost 3,5 kW, bei Dickstoff 2,8 kW und bei Ricokalk 2,3 kW pro t Ladegut. Einen sehr tiefen spezifischen Zugleistungsbedarf haben der Bergmann M 700 SX und der Jeantil EVV 10000.

Beladehöhe

Für die rationelle Beschickung der Streuer kommen heute vermehrt Traktorfrontlader oder Hof- und Kompaktlader zum



Abb. 14: Bei Streumaschinen mit grosser Bauhöhe müssen die zum Einsatz gelangenden Front- und Hoflader genügend Hubhöhe haben, damit eine rationelle Beschickung möglich ist.

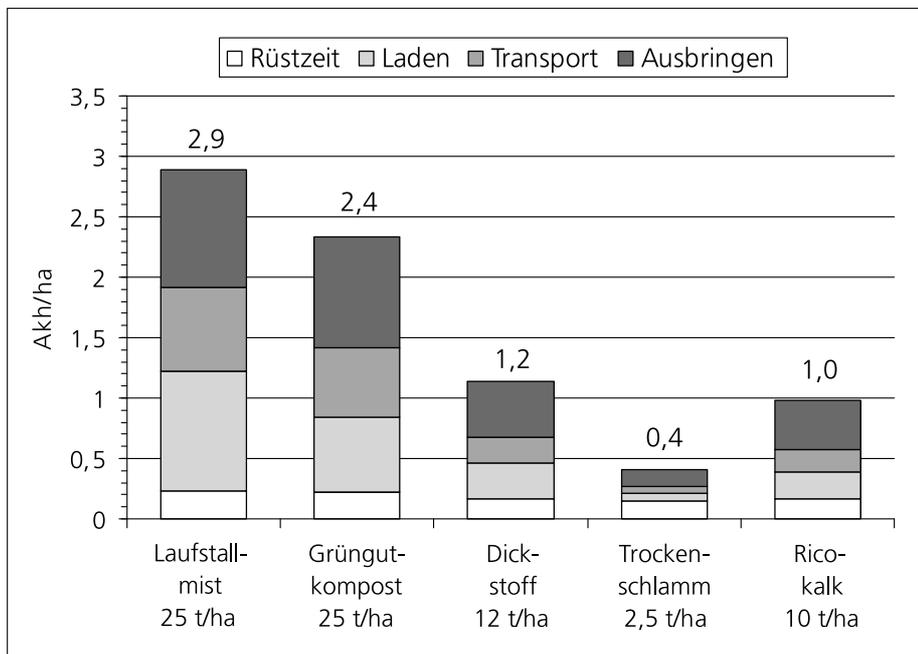


Abb. 16: Arbeitszeitbedarf in Akh/ha für die Mist- und Abfalldüngerenausbringung bei vorgegebener Soll-Ausbringungsmenge. Transportdistanz 1 km, Ladevolumen Streuer 8 m³.

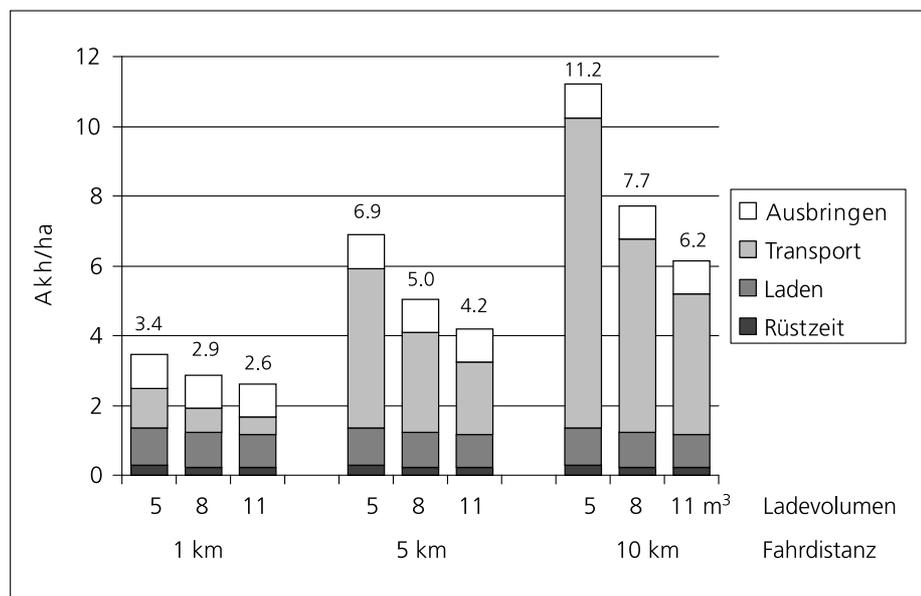


Abb. 17: Arbeitszeitbedarf in Akh/ha bei Laufstallmistausbringung in Abhängigkeit der Fahrdistanz zwischen Hof und Feld und des Ladevolumens des Streuers. Arbeitsbreite Streuwerk 6 m, Raumgewicht Mist 600 kg/m³, Streumenge 25 t/ha.

Abb. 15: Für die Ausbringung von Trockenklärschlamm in kleinen bis mittleren Mengen bewährt sich das Handling in Grosssäcken (sogenannte Big-Bags). Ein Kranbau auf dem Chassis gezogener Düngestreuer ermöglicht ein zügiges Beladen.



Einsatz. Um die Ladeleistung möglichst gut ausnutzen zu können, müssen die Bauhöhe des Streuers (obere Höhe der Bordwände) und die Hubhöhe des Ladegerätes aufeinander abgestimmt sein (Abb. 14). Mittelgrosse Hoflader und Kompaktlader haben in der Regel bei horizontaler Schaufel- bzw. Gabelstellung eine maximale Hubhöhe von 240 cm. Bei abgekippter Schaufel beträgt dieselbe noch zirka 180 cm. Eine rationelle Beladung des Streuers ist folglich nur möglich, wenn die Bordwandhöhe 200 cm nicht übersteigt. Beim Jeantil EVV und Bergmann M 700 beträgt die Bordwandhöhe ab Boden 230 cm. Bei diesen beiden Streuern ist eine ungehinderte, zügige Beladung bereits erschwert. Es erweist sich als Vorteil, wenn Streuer mit grosser Bauhöhe herunterklappbare Aufsatzwände haben, damit sich die Bordwandhöhe vor dem Laden verringern lässt.

Handling von getrocknetem Klärschlamm

Getrockneter Klärschlamm wird entweder lose oder in sogenannten Big-Bags (Grosssäcke à zirka 1 Kubikmeter) manipuliert. Die Losebeschickung erfolgt in der Regel mit einem Frontlader am Traktor oder mit einem Radlader. Für kleinere Mengen hat sich das Handling in Big-Bags durchgesetzt. Das Verladen für den Transport erfolgt mit Kran oder Hubstapler. Auf dem Landwirtschaftsbetrieb lassen sich die Big-Bags auf Paletten lagern und mit Palettrolly manipulieren. Zum Beschicken des Streuers können die Säcke an ihren Schlaufen hochgehoben und unten über eine Öffnung entleert werden (Abb. 15). Die meisten Traktor-Frontlader und Mistladekrane sind in der Lage, die 700 bis 800 kg schweren Säcke zu heben. Wird mit einem Schleuderstreuer gestreut, sollte dieser ein Fassungsvermögen von 1000 l haben, um den Inhalt eines Sackes aufnehmen zu können.

Arbeitswirtschaftliche Aspekte

Für den arbeitswirtschaftlichen Vergleich wurden die Verfahrensketten für die vier Abfalldünger Kompost, Klärschlamm-Dickstoff, Trockenklärschlamm und Rikalk sowie für Laufstallmist bei den entsprechenden Soll-Ausbringungsmengen herangezogen. Die in Abbildung 16 dargestellten Verfahrenszeiten umfassen

den Arbeitszeitbedarf, der zum Streuen einer Hektare erforderlich ist (Laden, Transport zum Feld, Ausbringen im Feld und Bereitstellen der Geräte und Traktoren).

Den Berechnungen sind folgende Annahmen zugrundegelegt: Ladevolumen des Streuers 8 m³, Feldgrösse 1 ha, Transportdistanz zwischen Hof bzw. Düngelager und Feld 1 km, mittlere Transportgeschwindigkeit 18 bis 20 km/h. Das Laden erfolgt mit einem mittelgrossen Frontlader am Traktor (Fassungsvermögen der Zange bzw. Ladeschaufel 0,7 m³). Die Arbeitsbreite der Streuer beträgt 6 m beim Stallmiststreuer, 9 m beim Kalkstreuer und 12 m bei den übrigen Streugütern.

Wie die Darstellung zeigt, ist die Ausbringung von Laufstallmist und Kompost im Vergleich zu den übrigen Streugütern mit einem deutlich höheren Zeitaufwand verbunden. Dies ist zum einen auf die grössere Ausbringmenge pro Hektare, zum anderen auf die tiefere Ladedichte von Mist und Kompost zurückzuführen.

Abbildung 17 zeigt am Beispiel der Laufstallmistausbringung auf, dass der Arbeitszeitbedarf bzw. die Verfahrensleistung sehr stark von der Distanz abhängt, die vom Stall bis zum Feld mit dem Streuer zurückzulegen ist. Mit zunehmender Entfernung nimmt der Zeitbedarf überproportional zu. Von Bedeutung ist auch die Grösse des Streuers. Mit grossen Ladevolumen lässt sich der relative Zeitaufwand für den Hof-Feld-Transport merklich verringern. Bei grossen Transportdistanzen ist es deshalb sinnvoll, Streuer mit hoher Ladekapazität einzusetzen. Ein grosser Zeitgewinn ist zudem möglich, wenn man zwei Ausbringfahrzeuge verwendet.

Die Ladeleistung kann je nach Art und Grösse des Ladefahrzeuges (Motorleistung, Wendigkeit, Grösse der Ladeschaufel) stark variieren. Auch das Material und die Lagerungsart sind von Bedeutung. Bei losen Schüttgütern resultieren mit dem Frontlader deutlich höhere Ladeleistungen (bis 45 t/Akh) als beim Entmisten von Laufställen (rund 25 t/Akh). Die Leistung beim Ausbringen wird durch die Arbeitsbreite des Streuers nur unwesentlich beeinflusst, weil sich die Vorschubgeschwindigkeit des Kratzbodens nicht beliebig erhöhen lässt. Bei Streuern mit Breitstreuerwerken muss deshalb in der Regel entsprechend langsam gefahren werden, will man die gewünschte Streumenge beibehalten.



Abb. 18: Die mit Tiefgangachse gebauten Muldenstreuer sind dank ihres robusten Streuerwerkes mit zwei grossen Vertikalwalzen für die Ausbringung von Laufstallmist konzipiert. Sie haben aber ein beträchtliches Leergewicht.



Abb. 19: Seitenstreuer ergeben dank der Schiebewand eine gute Längsverteilung, sind hangtauglich und eignen sich für verschiedenste Streumaterialien. Der Leistungsbedarf für den Antrieb des Streuerwerkes ist allerdings recht hoch.



Abb. 20: Für die exakte Dosierung und Verteilung von Ricokalk eignen sich spezielle Grossraumstreuer mit Bandboden und Zweischeibenstreuerwerk am besten.

Folgerungen und Empfehlungen

Eignung der verschiedenen Streuer und Streuwerke

In Tabelle 14 sind einige wichtige Merkmale (Streuergrösse, Dosierung, Arbeitsbreite, Streugenauigkeit) der verschiedenen Streusysteme sowie deren Eignung für die verschiedenen Mist- und Abfalldüngerformen zusammengestellt. Fettgedruckte Angaben bedeuten, dass sich der Streuer bzw. das Streuwerk für die Ausbringung des betreffenden Düngers gut eignet; Angaben in Normaldruck sind mit bedingter Eignung gleichzusetzen. Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Miststreuer mit **liegenden Walzen** eignen sich nur für die Ausbringung von Stallmist. Für das Streuen von Kompost muss das Streuwerk so gebaut sein, dass der Abstand zwischen Kratzbodenende und Streuwalzen möglichst klein ist, ansonsten das Streugut teilweise zu Boden fällt, ohne von der unteren Streuwalze erfasst zu werden. Weil die Dosierung kleiner Streumengen schwierig zu realisieren ist, sind sie für Dünger mit hohem Nährstoffgehalt nicht zu empfehlen. Interessant sind liegende Walzen bei sehr grossen Feldlängen für die Mistausbringung im Ackerbau.
- Miststreuer mit **stehenden Walzen** sind gegenüber solchen mit liegenden Walzen für die Mistanwendung vorzuziehen, da sich die Ausbringmenge einfacher variieren lässt und die Streugenauigkeit in der Regel besser ist. Zudem lassen sie sich vielseitiger einsetzen. Besteht das Streuwerk aus vier tiefgesetzten Streuwalzen, können auch feinkrümelige Streugüter exakt gestreut werden.
- Die **Tiefgang-Muldenstreuer mit Zweiwalzenstreuwerk** eignen sich aufgrund ihrer stabilen Konstruktion und ihrer hohen Ladekapazität vor allem für Betriebe, auf denen jährlich grössere Mengen Laufstallmist anfallen (Abb. 18). Auch Kompost kann gut gestreut werden.
- **Kompoststreuer** mit Zwei- oder Viertellerstreuwerk lassen sich für verschiedenste Streugüter einsetzen. Wegen der grossen Streubreite müssen diese Streuer ein ausreichend grosses Fas-

sungsvermögen haben, ansonsten die Streulängen zu kurz geraten. Dank der nutzbaren Arbeitsbreite von zirka 12 m ermöglichen sie auch das Streuen in Fahrgassen für die Kopfdüngung in wachsenden Kulturen.

- **Seitenstreuer** sind ebenfalls sehr vielseitig einsetzbar, da fast sämtliche Mistarten und Abfalldünger gestreut werden können (Abb. 19). Einzig zum Streuen von Rübenkalk sind sie nicht zu empfehlen, da sich das feuchte Material in den Führungsschienen festsetzt und die Schiebewand blockieren kann. Beim Streuen von entwässertem Klärschlamm und nassem Kompost besteht auch das Problem eines hohen Kraftbedarfes am Streuwerk. Aufgrund der tiefen Schwerpunktlage sind Seitenstreuer sehr hangtauglich; zudem können steile, nicht befahrbare Flächen dank der grossen Streuweite bestreut werden. Auch im Ackerbau sind Seitenstreuer für die Kopfdüngung gut gebräuchlich.
- **Grossraumstreuer** mit Gummibandboden und Zweischeidenstreuwerk sind für das Streuen von Kalken und getrocknetem Klärschlamm prädestiniert (Abb. 20). Sie ermöglichen eine exakte Dosierung der gewünschten Streumenge mit einer hohen Streugenauigkeit sowohl quer als auch längs zur Fahrtrichtung. Beim Streuen von Feuchtkalken muss der Auslauf mit einer speziellen Trichterrutsche versehen sein, damit der Dünger problemlos auslaufen kann. Für die Ausbringung sehr trockener Streugüter, die beim Streuen mit Scheibenstreuwerk viel Staub entwickeln, ist die Ausrüstung mit einer zusätzlichen Streuschnecke für die bodennahe Applikation sehr zu empfehlen. Für erdfeuchten Kalk funktioniert dieses Streusystem allerdings nicht.
- **Schleuderdüngerstreuer** eignen sich für getrockneten Klärschlamm ebenfalls. Wegen des geringen Fassungsvermögens und der daraus resultierenden geringen Flächenleistung können sie allerdings nur für den sporadischen Einsatz und bei Ausbringung relativ geringer Mengen empfohlen werden. Um die empfohlene Sollmenge erreichen zu können, müssen die Dosierschieber ganz offen sein mit Fahrgeschwindigkeiten von maximal 5 km/h. Der Behälter sollte mindestens 1000 l fassen. Die Staubemission ist ebenfalls beträchtlich, besonders wenn Produkte mit schlechter Granulierung gestreut werden.

Anforderungen an die Streuer...

Für die Ausbringung von Stallmist und Abfalldüngern sollten die Streuer folgende Voraussetzungen erfüllen:

- **Streuwerk**, das sich für die zum Einsatz gelangenden Streugüter eignet und hinsichtlich Arbeitsbreite und Verteilgenauigkeit befriedigt (vgl. Tab. 14).
- Bei Miststreuern muss der **Kratzboden** hydraulisch angetrieben und stufenlos regulierbar sein. Die Vorschubgeschwindigkeit sollte unter 0,5 m/min eingestellt werden können. Für schwere Streugüter ist ein doppelter Kratzboden mit vier Stahlrundketten und versetzt angeordneten Kratzbodenleisten vorteilhaft. Feinkrümelige Streugüter bedingen kurze Abstände zwischen den einzelnen Kratzbodenleisten. Trockene, stark rieselnde Streugüter erfordern Streuer mit hydraulisch angetriebenem **Gummibandboden** mit mindestens zwei Vorschubgeschwindigkeiten. Bei Schleuderdüngerstreuern mit Dosierschiebern müssen die **Auslauföffnungen** genügend gross sein.
- Mist- und Kompoststreuer, die zum Ausbringen von nicht klumpendem Kompost und Dickstoff eingesetzt werden, sollten mit einer **Stauklappe oder einem Stauschieber** ausgerüstet sein.
- Ausreichendes, auf Feldlängen und Transportdistanzen abgestimmtes **Ladevolumen**. Streuer mit Breitstreuwerk (Tellerstreuer, Seitenstreuer) erfordern ein höheres Fassungsvermögen als Streuer mit geringer Arbeitsbreite.
- **Stabile Bauweise** von Fahrwerk, Chassis und Streuwanne.
- Bodenschonende **Bereifung** mit genügend hoher Tragfähigkeit, damit im Feld mit angepasstem Reifendruck gefahren werden kann.
- Ausrüstung hinsichtlich **Arbeitssicherheit** (SN EN 690) und **Strassenverkehrstauglichkeit** (maximale Breite, zulässiges Gesamtgewicht, Bremsen, Streuwerkschutz, Beleuchtung).

Tab. 12: Anforderungen an Abfalldünger und Mist hinsichtlich Streuqualität

Dünger bzw. Streugut	Kriterium
Stapel- und Laufstallmist	<ul style="list-style-type: none"> • Möglichst gleichmässige Beladung des Streuers
Grüngutkompost	<ul style="list-style-type: none"> • Guter Verrottungsgrad • Frei von Fremdstoffen und Steinen • Gesiebt (Seitenstreuer)
Klärschlamm-Dickstoff	<ul style="list-style-type: none"> • TS-Gehalt mindestens 30%
Getrockneter Klärschlamm	<ul style="list-style-type: none"> • TS-Gehalt mindestens 80% • Gute Körnung (Granulat) • Geringer Staubanteil • Keine Klumpen
Rübenkalk	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Klumpen

...und an die Streugüter

Auch an die Streugüter sind zur Erzielung befriedigender Streuergebnisse gewisse Anforderungen zu stellen (Tab 12).

Voraussetzung für sämtliche Streugüter ist eine möglichst **gleichmässige Beladung** der Streuer. Bei feinkrümeligen Streugütern (Kompost, Dickstoff, Kalk) ist dies in der Regel kein Problem, sofern der Streuer mit Dosierklappe oder -schieber ausgerüstet ist. Schwieriger ist die gleichmässige Beschickung von Stallmist, besonders dann, wenn Front- oder Hoflader eingesetzt werden (Abb. 21).

Direkt aus den Buchten entnommener **Laufstallmist** hat zudem den Nachteil, dass die Streuwerke durch die sehr kompakte Struktur des Mistes übermässig beansprucht werden. Es ist deshalb empfehlenswert, den Mist nach der Entnahme aus den Buchten zwischenzulagern und den Streuer in einem zweiten Arbeitsschritt zu beladen. Dabei können

grössere Blöcke auseinandergerissen werden. Noch besser ist es, den Mist an einen Haufen oder an Miete zu legen und während ein bis zwei Monaten verrotten zu lassen. Bei Miststreuern mit schwach gebauten Streuwerken ist dieses Vorgehen wärmstens zu empfehlen.

Grüngutkompost sollte keine gröberen Fremdstoffe (Steine, Holzstücke, Metall, Glas usw.) enthalten. Von Streuwerken wegfliegende Steine bergen eine hohe Unfallgefahr für Passanten. Grössere Holzbengel können das Streuaggregat beschädigen. Bei Seitenstreuern sollte nur gesiebter Kompost verwendet werden. Komposte mit sehr hohem Wassergehalt belasten die Streuwerke (besonders die Seitenstreuer) ebenfalls relativ stark. Im Freien angelegte Mieten sollten deshalb bei häufigem Regen besser abgedeckt werden.

Klärschlamm-Dickstoff sollte mindestens 30 % Trockensubstanz enthalten. Aufgekalkter Schlamm eignet sich zum



Abb. 21: Die direkte Beschickung der Streuer beim Entmisten der Buchten ist sicher die rationellste Methode der Laufstallmistausbringung, doch hat sie den Nachteil, dass das Streuwerk sehr stark beansprucht wird. Auch ist ein gleichmässiges Beladen mit Hof- oder Frontlader kaum möglich.

Ausbringen besser als die nur entwässerte Form. Bei ungenügend entwässertem Schlamm besteht das Problem, dass der Kratzboden unter der Ladung durchgleitet und so diesen nicht Richtung Streuwerk befördern kann. Das Problem zu tiefer TS-Gehalte besteht auch beim Hühnerkot aus Kotbandentmistung.

Beim **getrockneten Klärschlamm** beeinflussen die physikalischen Eigenschaften des Produktes die Streuqualität (Staub, Streuenaugigkeit) mit Wurfstreuern erheblich. Die Granulate sollten ein günstiges Korngrössenspektrum mit einem möglichst hohen Anteil an Körnern mit 2 bis 4 mm Durchmesser aufweisen. Der Anteil an Feinpartikeln unter 2 mm Durchmesser sollte weniger als 20 % der Gesamtfraktion ausmachen. Zudem sollte das Schüttgewicht mindestens 700 kg/m³ betragen. Schlecht gekörnte, mehlig Produkte sollten nur mit Grossflächenstreuern, die zusätzlich mit einer Streuschnecke ausgerüstet sind, ausgebracht werden (Abb. 22).



Abb. 22: Getrockneter Klärschlamm verursacht beim Streuen mit Scheibenstreuern eine hohe Staubentwicklung, besonders wenn das Streugut eine ungünstige Korngrössenverteilung aufweist (Bild links). Mit einer Streuschnecke ausgerüstete Grossraumstreuer dagegen können auch mehlig Dünger weitgehend staubfrei und mit exakter Querverteilung ausbringen.



Tab. 13: Empfohlene Ausbringungsmengen für einige Mistarten und Abfalldünger aufgrund der durchschnittlichen Gehalte an N und P₂O₅

Dünger	N _{tot}	P ₂ O ₅	Empfohlene Höchstgabe ¹⁾ t/ha
	kg/t FS	kg/t FS	
Rindviehmist	4,5-5,5	2,2-3,2	25-30
Schweinemist	7,8	7	20
Hühnerkot	12	11,5	11
Geflügelmist	28-30	19-23	5-6
Klärschlamm-Dickstoff	7-7,5	13-15	8-10
Klärschlamm getrocknet	33	51	2-2,5
Grüngutkompost	6	3,2	25
Carbokalk	3,3	12	5-10

¹⁾ Bei einer jährlichen Zufuhr von ca. 150 kg N und 120 kg P₂O₅ pro ha



Abb. 23: Einachsige Streuer mit grossem Ladevolumen ergeben hohe Stützlasten. Für die korrekte Untenanhängung muss der Traktor mit einer geeigneten Vorrichtung (zum Beispiel Piton-fix) ausgerüstet sein.

Empfohlene Ausbringungsmengen

Hof- und Abfalldünger haben je nach Tierart, Herkunft und Form sehr unterschiedliche Nährstoffgehalte. Entsprechend bewegen sich die empfohlenen Ausbringungsmengen in einem weiten Bereich. Um schädliche Auswirkungen für Umwelt und Pflanzen zu vermeiden, sind die empfohlenen Streumengen unbedingt einzuhalten.

Aus den mittleren Gehalten an Phosphat (P₂O₅) und Stickstoff (N) lassen sich die jährlich empfohlenen Gaben in t/ha ableiten (Tab. 13). Für die empfohlene Höchstgabe wird von einem jährlichen Nährstoffbedarf von rund 120 kg P₂O₅ und 150 kg N pro Hektare ausgegangen.

Während die möglichen Gaben bei Grüngutkompost sowie Schweine- und Rindviehmist 20 bis 30 t/ha betragen, liegen diese bei den übrigen Düngern zum Teil deutlich unter 10 t/ha. Insbesondere getrockneter Klärschlamm, aber auch Kalk, Dickstoff, Hühnerkot und Geflügelmist stellen hohe Anforderungen an eine exakte Dosierung beim Ausbringen und damit auch an das Streusystem. Für Ricokalk, Klärschlamm-Dickstoff und -granulat hat sich heute der Beizug von Lohnunternehmern oder Maschinenringen etabliert. Diese verfügen über die geeigneten Spezialstreuer, mit welchen sich der Dünger in exakter Streuarbeit ausbringen lässt.

Verwendungs-Einschränkungen

Für den Mist- und Abfalldüngereinsatz sind diverse Gesetze und Verordnungen (u.a. Stoffverordnung 1986, Gewässerschutzgesetz 1991, Gewässerschutzverordnung 1998) massgebend. Zu beachten sind im Wesentlichen folgende Einschränkungen:

- Mist und die meisten Abfalldünger sind N-haltige Dünger, die nur ausgebracht werden dürfen, wenn die Pflanzen den Stickstoff aufnehmen können. Während der Vegetationsruhe sollte deshalb die Ausbringung unterbleiben.
- Abfalldünger dürfen nur eingesetzt werden, wenn die auf dem Betrieb anfallenden Hofdünger zur Deckung des Nährstoffbedarfes nicht ausreichen (einzelbetriebliche Nährstoffbilanz).
- Für Kompost und Klärschlamm gelten die folgenden Mengenbeschränkungen:
 - Kompost: höchstens 25 t Trockensubstanz pro ha innert drei Jahren
 - Klärschlamm: höchstens 5 t Trockensubstanz pro ha innert drei Jahren
- In folgenden Gebieten und Zonen besteht ein generelles Düngeverbot: Naturschutzreservate, Riedgebiete und Moore, Hecken und Feldgehölze, oberirdische Gewässer, Grundwasserschutzzonen (Zone S1), Pufferstreifen von 3 m Breite entlang von Waldrändern, Hecken und oberirdischen Gewässern.

Arbeitsicherheit und Strassenverkehrsausrüstung

Streumaschinen für Mist- und Abfalldünger müssen so ausgerüstet sein, dass sie bei ihrem Einsatz weder Bedienungspersonen noch Strassenverkehrsbenutzer gefährden. Ausserdem müssen die beteiligten Personen über mögliche Gefahren beim Laden, auf der Strasse und beim Ausbringen instruiert werden. Die Beratungsstelle für Unfallverhütung in der Landwirtschaft (BUL) hat die an der FAT eingesetzten Streumaschinen begutachtet und weist auf folgende Punkte hin:

Arbeitsicherheit

- Die sicherheitstechnischen Anforderungen sind in der **Norm SN EN 690** festgehalten. Der Inverkehrbringer muss die Einhaltung dieser Vorschriften mit der Konformitätserklärung bestätigen. Dazu gehört auch eine in unseren Landessprachen abgefasste Bedienungsanleitung. Sicherheitshandbuch und Betriebsanleitung müssen vor Inbetriebnahme des Streuers aufmerksam gelesen werden.
- Streumaschinen mit Heckstreuerwerk müssen an der Frontseite mit einem **Streuschutzgitter** ausgerüstet sein, das vom Boden gemessen 2,6 m hoch ist. Dieses hat den Zweck, den Fahrer vor nach vorne geschleuderten Gegenständen zu schützen. Erfahrungsgemäss ist dies besonders bei Streuwerken mit liegenden Walzen wichtig.

- Befindet sich die obere Bordwandhöhe mehr als 1,5 m über Boden, muss der Streuer an der Aussenseite einen Aufstieg in Form einer **Leiter** oder von **Stufen** haben.
- Das Streuwerk darf von vorne her nicht erreicht werden können. Wo dies nicht durch die Bordwände geschieht, müssen **Seitenbleche** mit einem Mindestabstand von 85 cm die Erreichbarkeit zu den Streuwalzen verhindern.
- Weil die Streuwerkorgane (Walzen, Teller, Streurotor) seitlich oder von hinten zugänglich sind, darf die Bedienungsperson den Fahrersitz nur verlassen, wenn die **Zapfwelle** ausgeschaltet ist. Zudem müssen unbefugte Drittpersonen vor Streubeginn konsequent weggeleitet werden.

Strassenverkehrsausrüstung

- Für Transportanhänger gilt grundsätzlich nach wie vor die zulässige **Höchstbreite** von 2,55 m. Seit der letzten VTS-Revision vom Oktober 2000 darf diese Höchstbreite bei Ausrüstung mit Breitreifen zur Bodenschonung auch überschritten werden (bis maximal 3 m), allerdings nur bis zur Breite des Zugfahrzeuges. In diesen Fällen gilt der Streuer als Ausnahmefahrzeug und benötigt ein braunes Kontrollschild.
- Das nach VTS (Art. 7 Abs. 2) **zulässige Gesamtgewicht** für Anhänger mit Einzelachse beträgt maximal 10 t. Seit Oktober 2000 (Neuerung VRV Art. 67) dürfen einachsige Anhänger eine Achslast von maximal 10 t (zusätzlich maximal 3 t Stützlast) haben. Bei Anhängern mit Doppelachsen ist die Achslast auf maximal 16 t (Achsabstand unter 130 cm) bzw. 18 t (Achsabstand 130 bis 180 cm) begrenzt. Bedingung ist, dass die auf dem Herstellerschild angegebene Achslast höher als die gesetzlich maximal zulässige Achslast ist.
- Die zulässige **Stützlast** darf höchstens 40 % des Gesamtgewichtes des Anhängers betragen und ist auf maximal 3 t begrenzt. Bei grossen Stützlasten ist es empfehlenswert, anstelle der Anhängung am Zugmaul von der Untenanhängung Gebrauch zu machen. Das Zugfahrzeug muss entsprechend ausgerüstet sein (Piton-fix, Hitch); das Zugpendel eignet sich für die Untenanhängung nicht (Abb. 23).
- Die Heckstreuerwerke müssen bei Strassenfahrt mit einem **Streuerwerkschutz** (Schutzgitter oder -wand) abgedeckt

sein. Die vorstehenden Teile der Ausbringwerkzeuge sind gemäss VRV Art. 58 «Spitzen, Schneiden und Kanten, die bei Kollision gefährlich sein können». In der Praxis haben sich hydraulisch bedienbare Heckklappen am besten bewährt. Diese sollten zur Grundausrüstung des Streuers gehören. Von Hand klappbare Heckklappen sind nicht sinnvoll, da der Fahrer vor der Rückfahrt zum Hof jedesmal vom Traktor absteigen muss.

- Die **Schlusslicht- und Blinkanlage** muss vor Strassenfahrten gereinigt werden. Sie soll an einem möglichst vor Verschmutzung geschützten Ort, idealerweise an der Heckklappe, montiert sein. Die Streuer müssen ausserdem hinten und vorne mit Rückstrahlern versehen sein.
- Für Strassenfahrt mit **40 km/h** muss der Streuer typengeprüft sein (grünes Kontrollschild). Neben der hydraulischen Bremse ist auch eine Abreissbremse erforderlich. Die Reifen müssen eine genügend hohe Tragfähigkeit aufweisen. Am Streuer muss ein Schild für die Höchstgeschwindigkeit 40 km/h angebracht sein.

Erläuterungen zu den Streudiagrammen

Im Anhang sind die Streubilder für die untersuchten Streuer und Streugüter aufgeführt. Streuerwerke, die sich für ein bestimmtes Streugut nicht eignen, sind nicht dargestellt. Die Grafik zeigt das im Feld ermittelte Grundstreubild (hell) und das bei optimaler Überlappung resultierende Gesamtstreubild (dunkel). Die Berechnung der Überlappung unterliegt der Annahme, dass die einzelnen Durchfahrten im Feld immer in der gleichen Richtung durchgeführt werden. Die Einzelwerte der Gesamtverteilung sind der Soll-Ausbringmenge entsprechend auf Prozent umgerechnet. In der Mitte über der Grafik ist die nutzbare Arbeitsbreite eingezeichnet. Unter der Grafik finden sich die Angaben zu Streubreite, Links-/Rechtsverteilung, Streugenauigkeit (Variationskoeffizient), eingestellte Fahrgeschwindigkeit und Kratzbodenvorschub beim Streuen.

Literatur

Bisang M., 1986. Miststreuer: Vergleich verschiedener Streuerwerke. FAT-Berichte Nr. 300.

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), 1995. Kompost- und Stallungstreuer. Sammelband mit DLG-Prüfberichten.

FAC-Liebefeld, 1995. Kompost und Klärschlamm. Weisungen und Empfehlungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrilkulturchemie und Umwelthygiene (FAC) im Bereich der Abfalldünger.

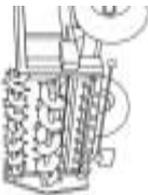
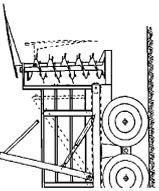
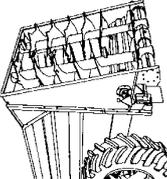
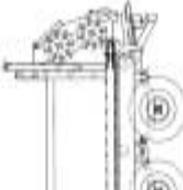
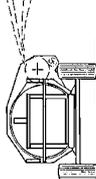
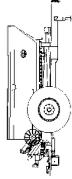
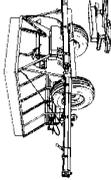
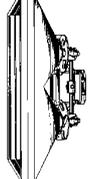
Hessisches Landesamt für Ernährung, Landwirtschaft und Landentwicklung Kassel, 1991. Festmistausbringung in der Praxis. Stallmistuntersuchung in Hessen 1989/90. IfB Information für Beratung und Verwaltung, Heft 123/91.

Meier U., 1998. Klärschlamm in getrockneter Form. Trocknen, Lagern, Ausbringen und Zerfallseigenschaften. FAT-Berichte Nr. 513.

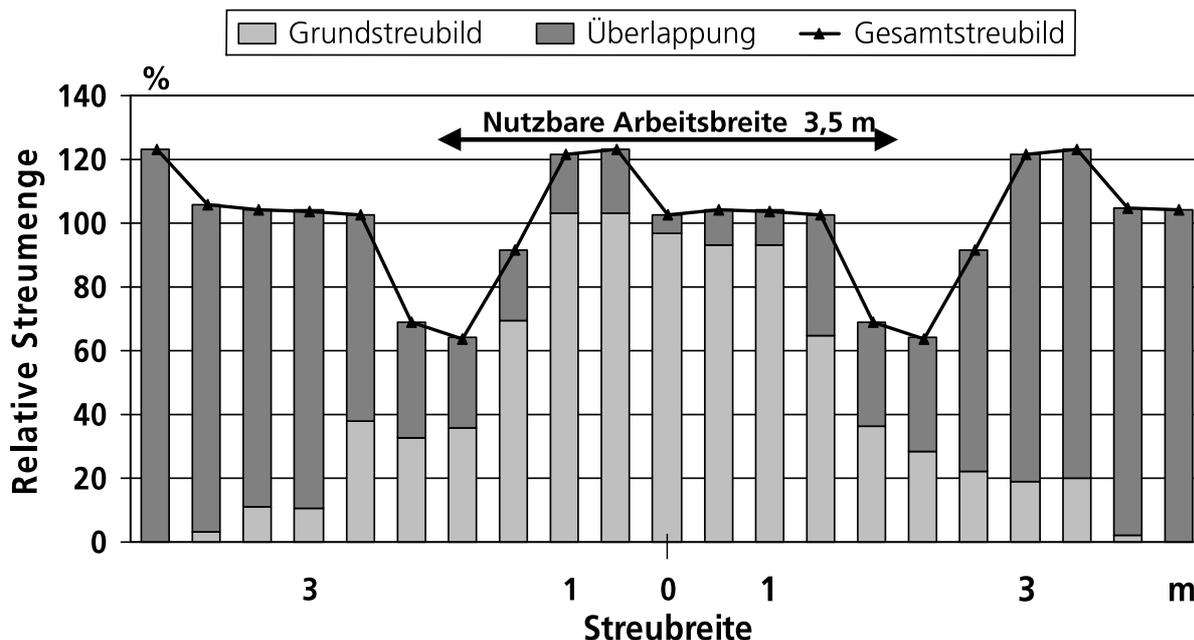
prEN 13080:1999. Stallungstreuer – Festlegungen für den Umweltschutz – Anforderungen und Prüfmethode.

SN EN 690:1995. Landmaschinen – Stallungstreuer – Sicherheit. Schweizerische Normen-Vereinigung, 8008 Zürich.

Tab. 14: Zusammenfassung im Überblick

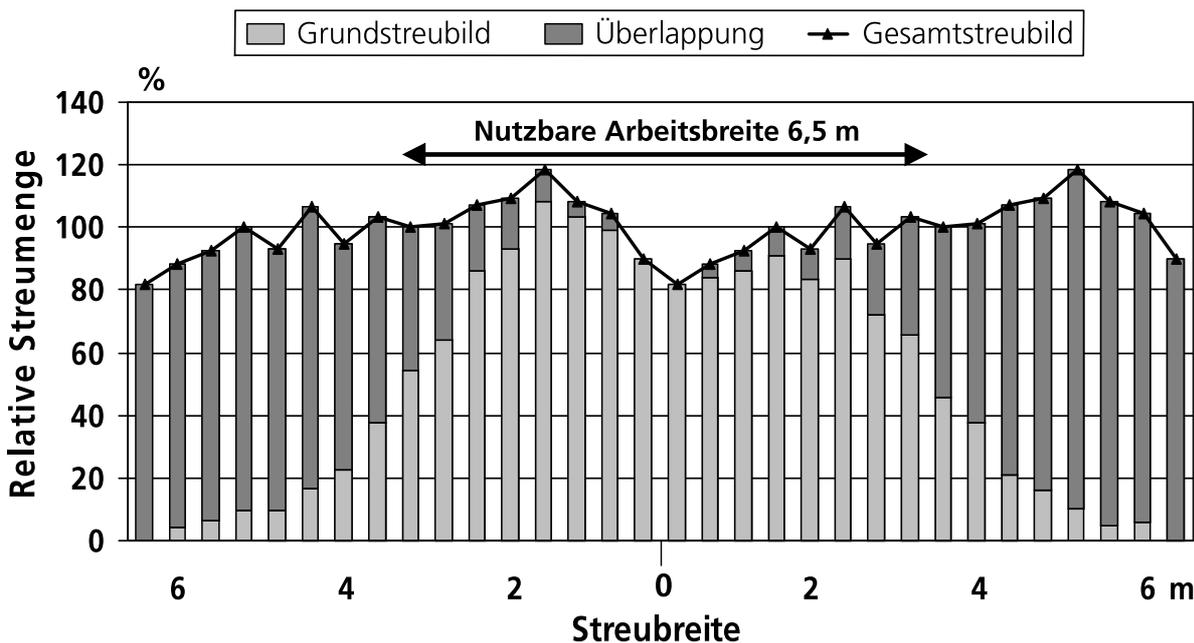
Streuertyp	Miststreuer	Miststreuer	Miststreuer	Mist- und Kompoststreuer	Seitenstreuer	Grossraumstreuer	Grossraumstreuer	Schleuderdüngerstreuer
								
Streuwerk	2 oder 3 liegende Walzen	4 stehende Walzen	2 grosse Vertikalwalzen	2 oder 4 Streuteller und 2 liegende Fräsrollen	Seitenstreuwerk mit Stern- und Streurotor	2-Scheibenstreuwerk	2-Scheibenstreuwerk	2-Scheibenstreuwerk
Streuergrössen (Ladevolumen)	3-12 m ³	3-12 m ³	6-14 m ³	7-16 m ³	1,5-3 m ³ (Aufbau) 1,5-7 m ³ (gezogen)	3-9 m ³	3-9 m ³	800-1500 Liter
Dosierung	Kratzboden mech./hydraulisch	Kratzboden mech./hydraulisch	Kratzboden hydraulisch	Kratzboden hydraulisch	Kratzboden hydraulisch	Bandboden hydraulisch, Dosierschieber	Bandboden hydraulisch, Dosierschieber	Dosierschieber
Arbeitsbreite	3-4 m	6-7 m	6 m	11-13 m	10-15 m	9 / 12 m	10-13 m	10-13 m
Streugenauigkeit quer	befriedigend	gut bis sehr gut	gut	gut	befriedigend	sehr gut	sehr gut	gut
Streugenauigkeit längs	ungenügend	mit Stauklappe befriedigend	mit Stauklappe befriedigend	mit Stauklappe befriedigend	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Besonderheiten	Für grosse Feldlängen im Ackerbau	Für feinkrümelige Streugüter muss Streuwerk tiefgesetzt sein	Tiefgang-Muldenstreuer; für Laufstallmist prädestiniert	mit Stauklappe befriedigend	Streuweite verstellbar (Vario-Ausführung)	Trichterrutsche für erdfeuchte Streugüter; Staubverfrachtung bei trockenen Streugütern	Für erdfeuchte Streugüter nicht geeignet	Staubverfrachtung bei trockenen Streugütern
Eignung Streugüter	Stallmist Kompost	Stallmist Kompost Dickstoff Hühnerkot Geflügelmist	Stallmist Kompost Dickstoff Hühnerkot Geflügelmist	Stallmist Kompost Dickstoff Hühnerkot Geflügelmist Feuchtkalk	Stallmist Kompost Dickstoff Hühnerkot Geflügelmist Feuchtkalk	Kalk Feuchtkalk Trockenschlamm	Kalk Trockenschlamm	Trockenschlamm

Streugut: Laufstallmist, 30 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit 2 liegenden Walzen
 Streuer: **Jeantil EP 2060 Epandor 2**



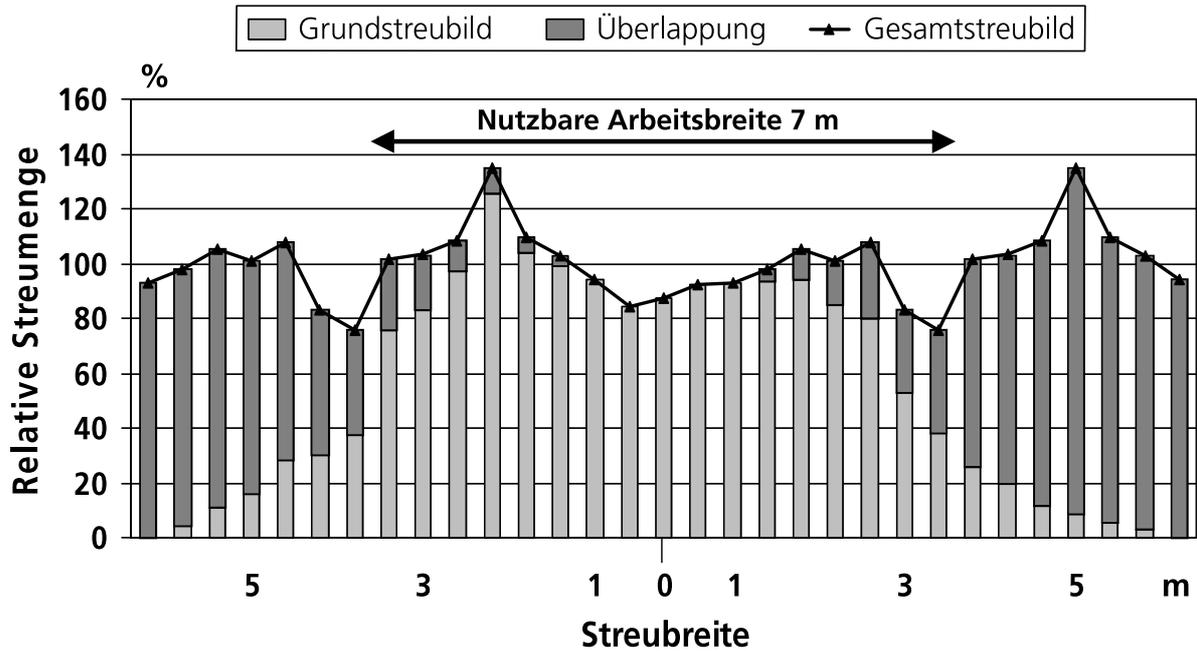
Streubreite: 7,5 m Fahrgeschwindigkeit: 4,7 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 51,7/48,3 % Kratzbodenvorschub: 0,8 m/min
 Variationskoeffizient: 18,8 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Laufstallmist, 30 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit 4 stehenden Walzen
 Streuer: **Bergmann M 700 SX**



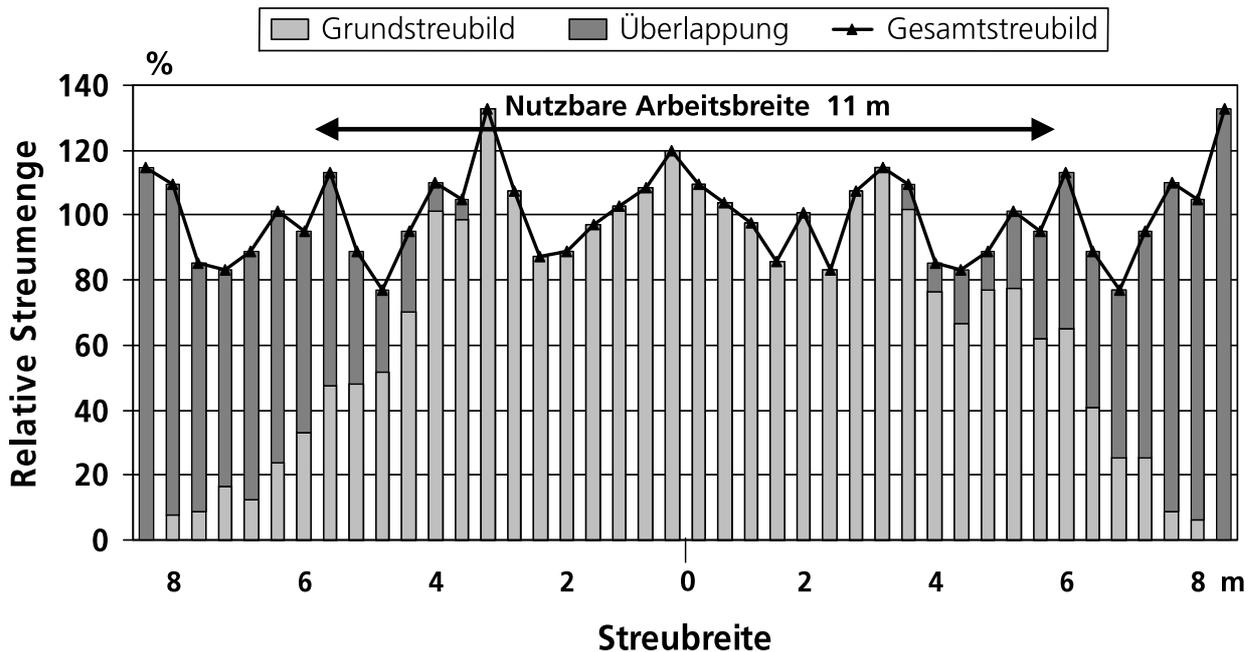
Streubreite: 12 m Fahrgeschwindigkeit: 5,1 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 50,3/49,7 % Kratzbodenvorschub: 1,5 m/min
 Variationskoeffizient: 9,1 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Laufstallmist, 30 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit 2 grossen Vertikalwalzen
 Streuer: **Jeantil EVV 10000 Epandor 5**



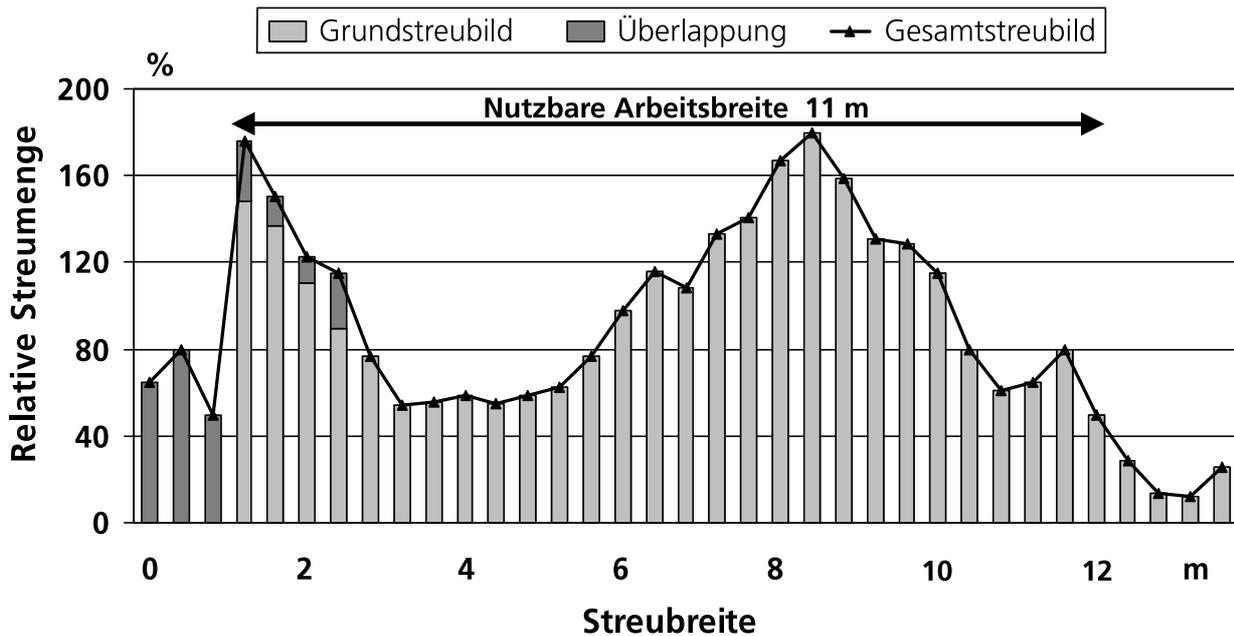
Streubreite: 11,5 m Fahrgeschwindigkeit: 3,4 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 55,5/44,5 % Kratzbodenvorschub: 1,0 m/min
 Variationskoeffizient: 13,1 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Laufstallmist, 30 t/ha
 Streusystem: Kompoststreuer mit Tellerstreuwerk
 Streuer: **Jeantil EP 2060 Epandor 3**



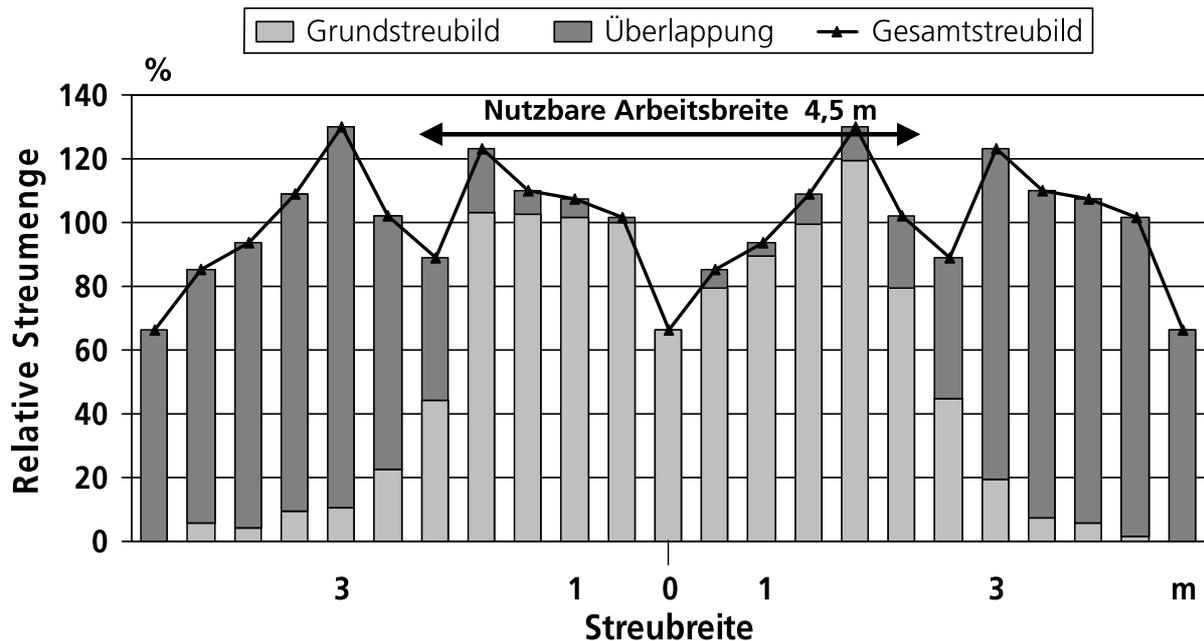
Streubreite: 16 m Fahrgeschwindigkeit: 3,1 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 48,7/51,3 % Kratzbodenvorschub: 1,6 m/min
 Variationskoeffizient: 13,4 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Laufstallmist, 30 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit Seitenstreuwerk
 Streuer: **Gafner 5.5 A-Vario**



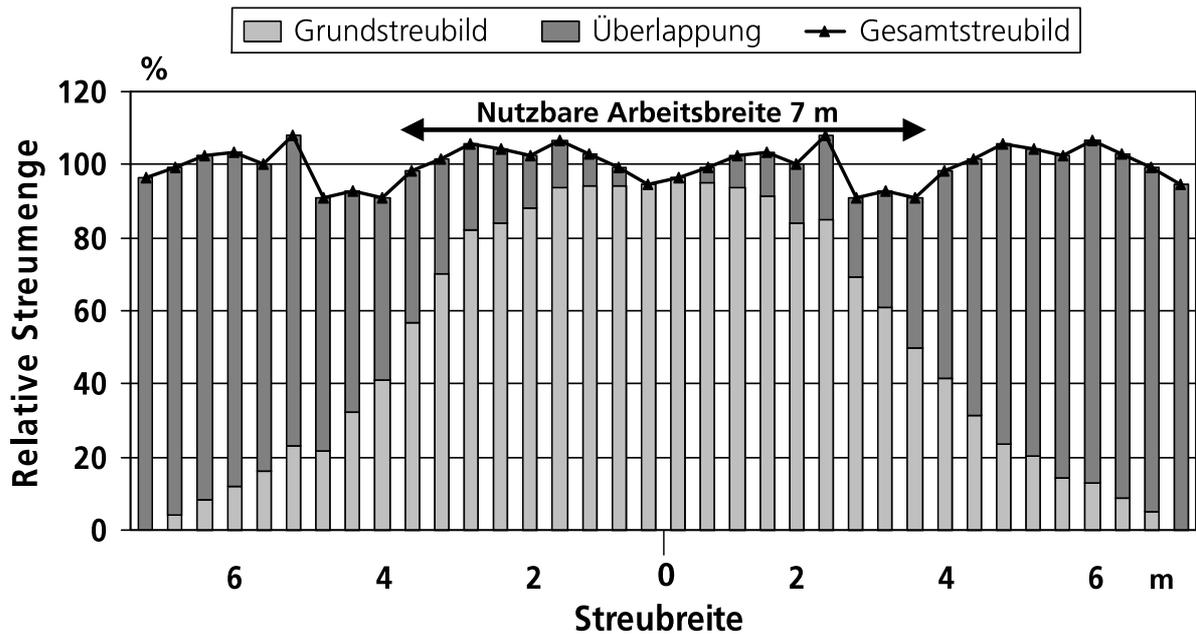
Streubreite: 13,5 m Fahrgeschwindigkeit: 3,1 km/h
 Variationskoeffizient: 38,7 % (vgl. Tab. 6) Kratzbodenvorschub: 1,6 m/min
 Distanz Hydraulikzylinder am Streurotor (Streuweitenverstellung): 17 cm

Streugut: Kompost, 25 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit 2 liegenden Walzen
 Streuer: **Jeantil EP 2060 Epandor 2**



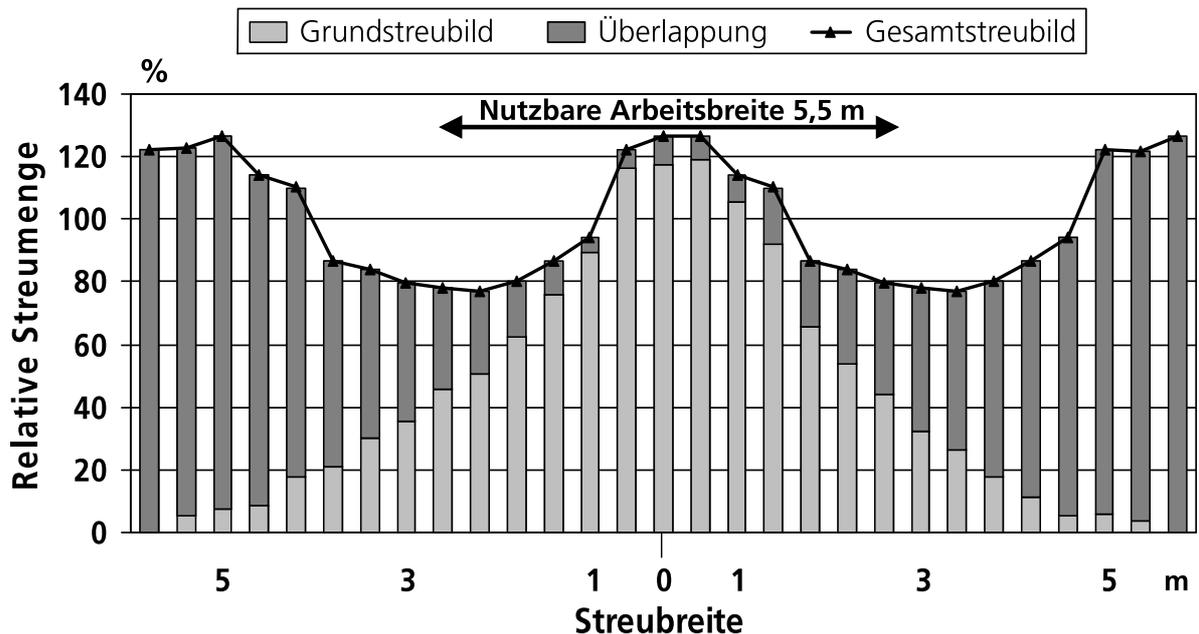
Streubreite: 8,5 m Fahrgeschwindigkeit: 5,1 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 48,0/52,0 % Kratzbodenvorschub: 1,0 m/min
 Variationskoeffizient: 18,2 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Kompost, 25 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit 4 stehenden Walzen
 Streuer: **Bergmann M 700 SX**



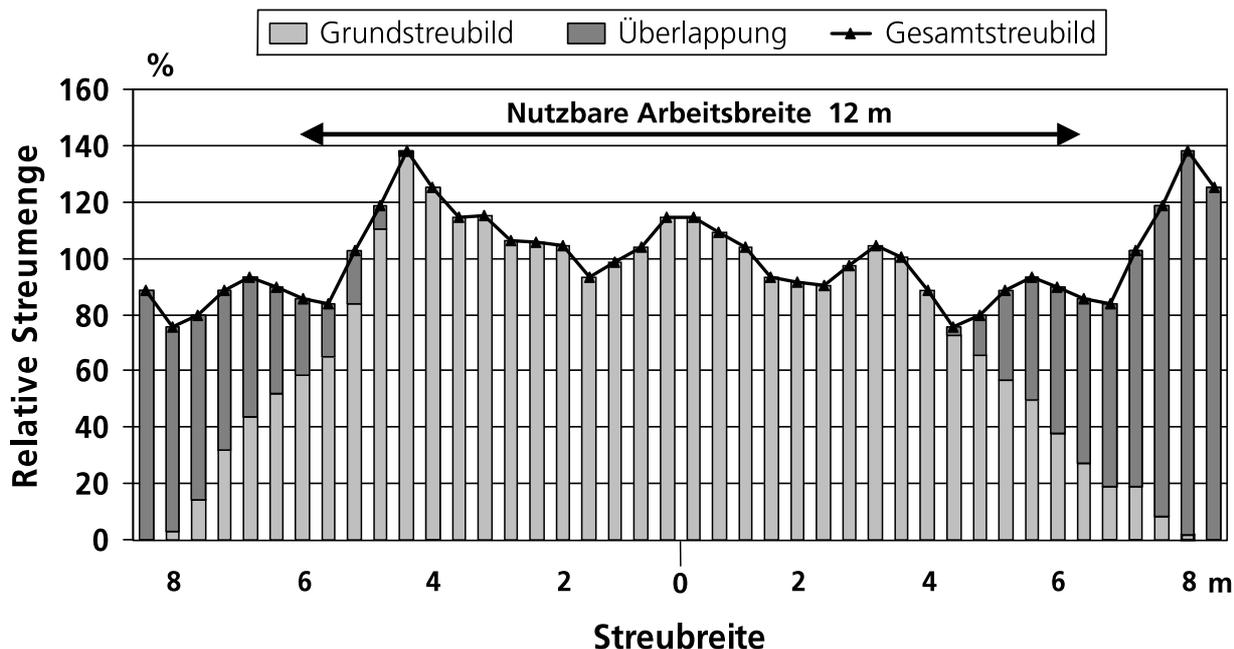
Streubreite: 13,5 m Fahrgeschwindigkeit: 5,3 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 50,9/49,1 % Kratzbodenvorschub: 1,3 m/min
 Variationskoeffizient: 5,1 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Kompost, 25 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit 2 grossen Vertikalwalzen
 Streuer: **Jeantil EVV 10000 Epandor 5**



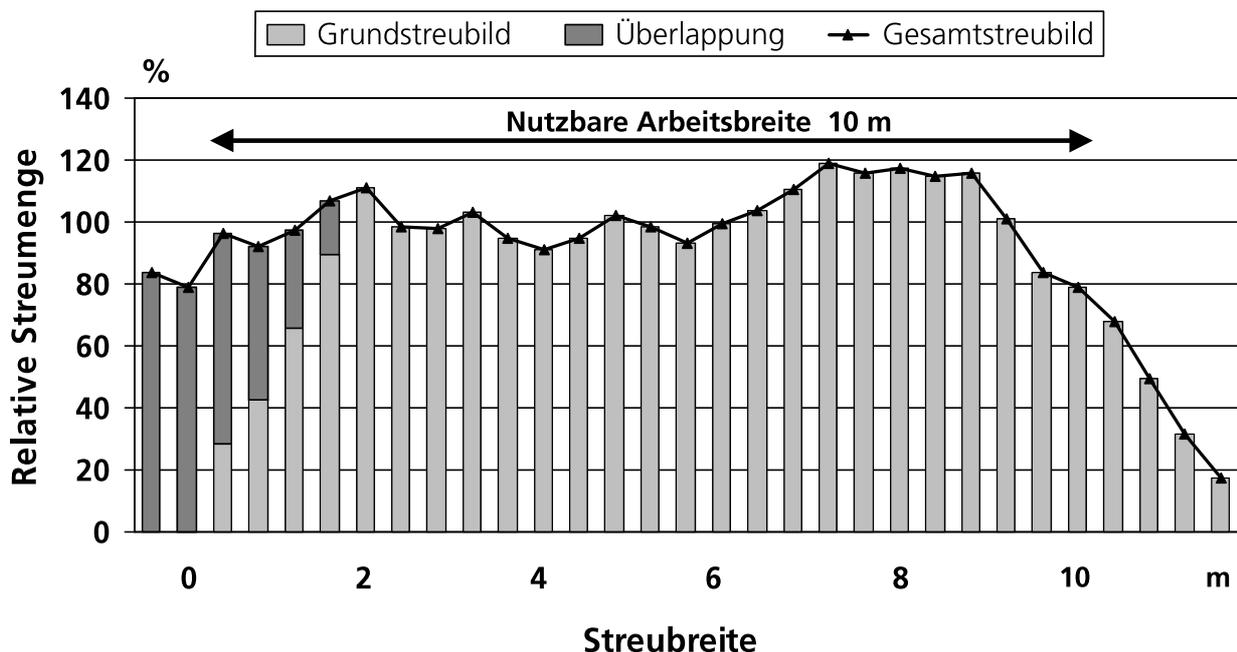
Streubreite: 11 m Fahrgeschwindigkeit: 5,1 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 49,3/50,7 % Kratzbodenvorschub: 1,0 m/min
 Variationskoeffizient: 19,3 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Kompost, 25 t/ha
 Streusystem: Kompoststreuer mit Tellerstreuwerk
 Streuer: **Jeantil EP 2060 Epandor 3**



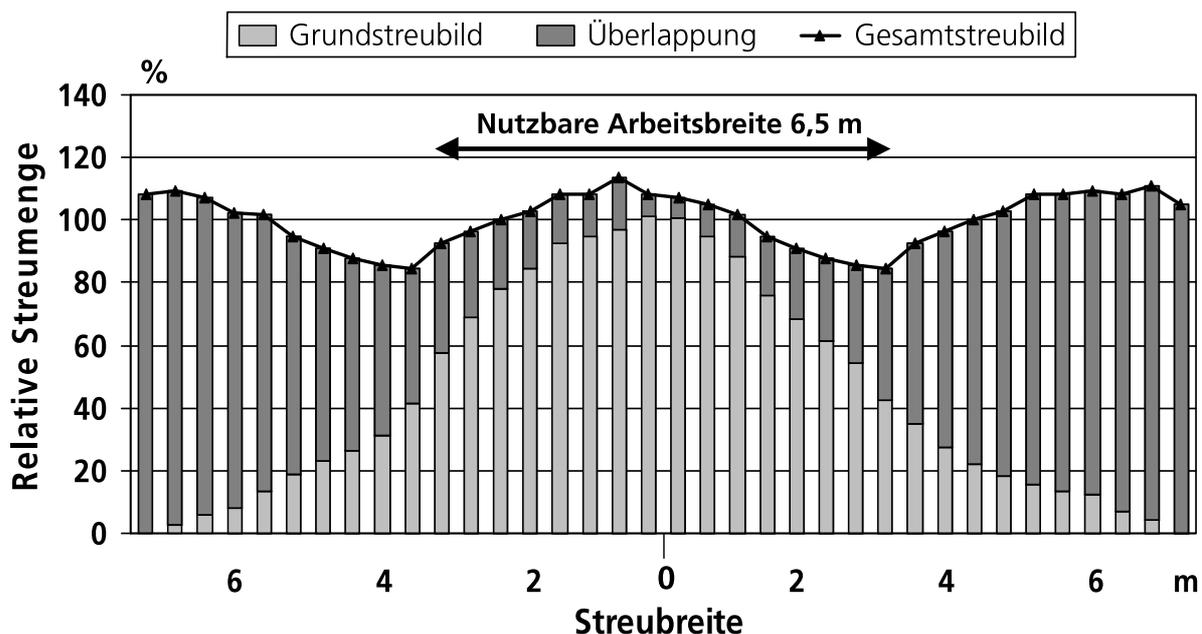
Streubreite: 16 m Fahrgeschwindigkeit: 4,6 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 55,4/44,6 % Kratzbodenvorschub: 1,6 m/min
 Variationskoeffizient: 15,5 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Kompost, 25 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit Seitenstreuwerk
 Streuer: **Gafner 5.5 A-Vario**



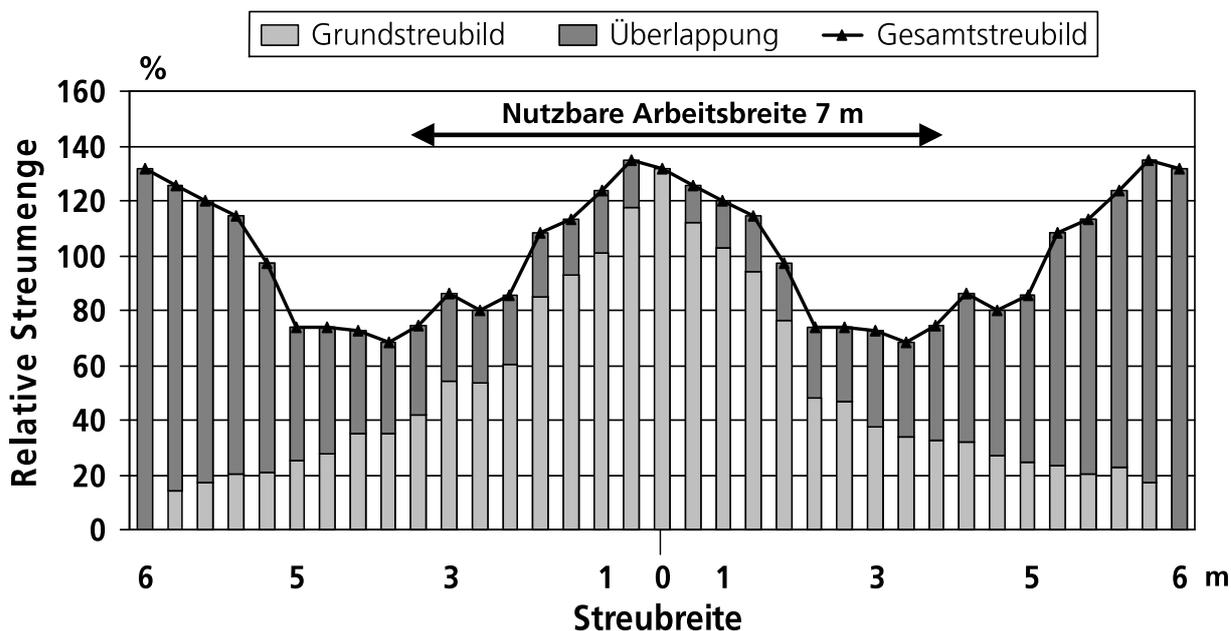
Streubreite: 11,5 m Fahrgeschwindigkeit: 3,2 km/h
 Variationskoeffizient: 11,2 % (vgl. Tab. 6) Kratzbodenvorschub: 1,1 m/min
 Distanz Hydraulikzylinder am Streurotor (Streuweitenverstellung): 15 cm

Streugut: Klärschlamm-Dickstoff, 16 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit 4 stehenden Walzen
 Streuer: **Bergmann M 700 SX**



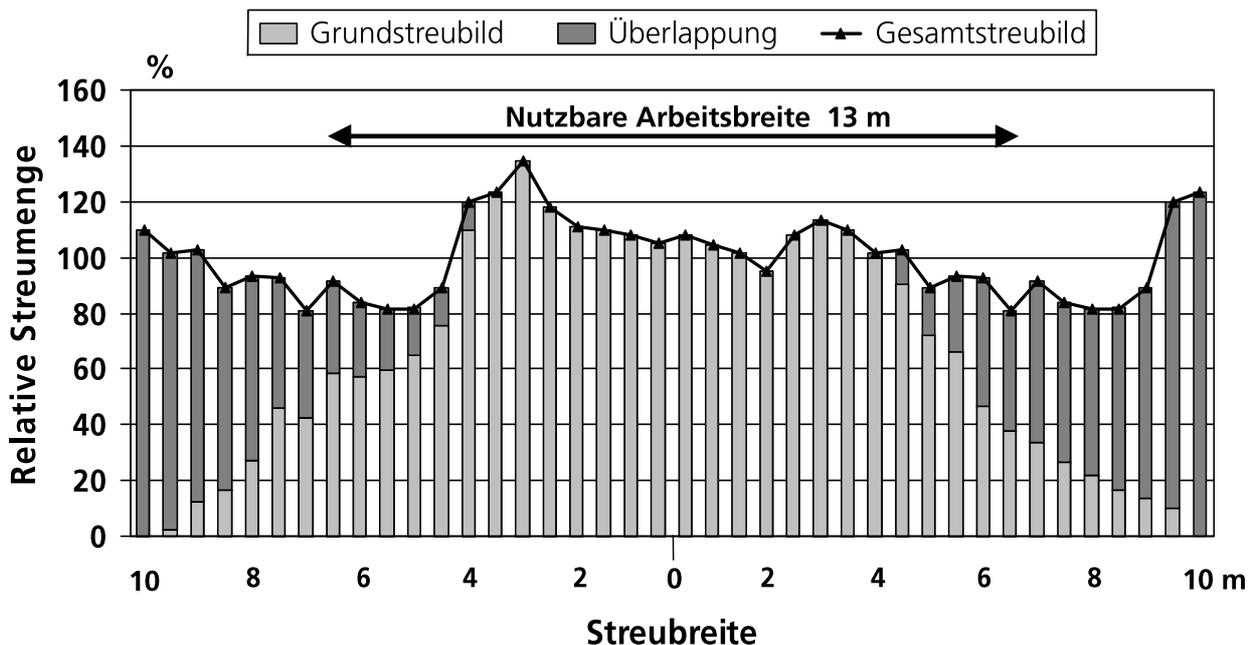
Streubreite: 13,5 m Fahrgeschwindigkeit: 4,9 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 53,2/46,8 % Kratzbodenvorschub: 0,7 m/min
 Variationskoeffizient: 8,6 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Klärschlamm-Dickstoff, 16 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit 2 grossen Vertikalwalzen
 Streuer: **Jeantil EVV 10000 Epandor 5**



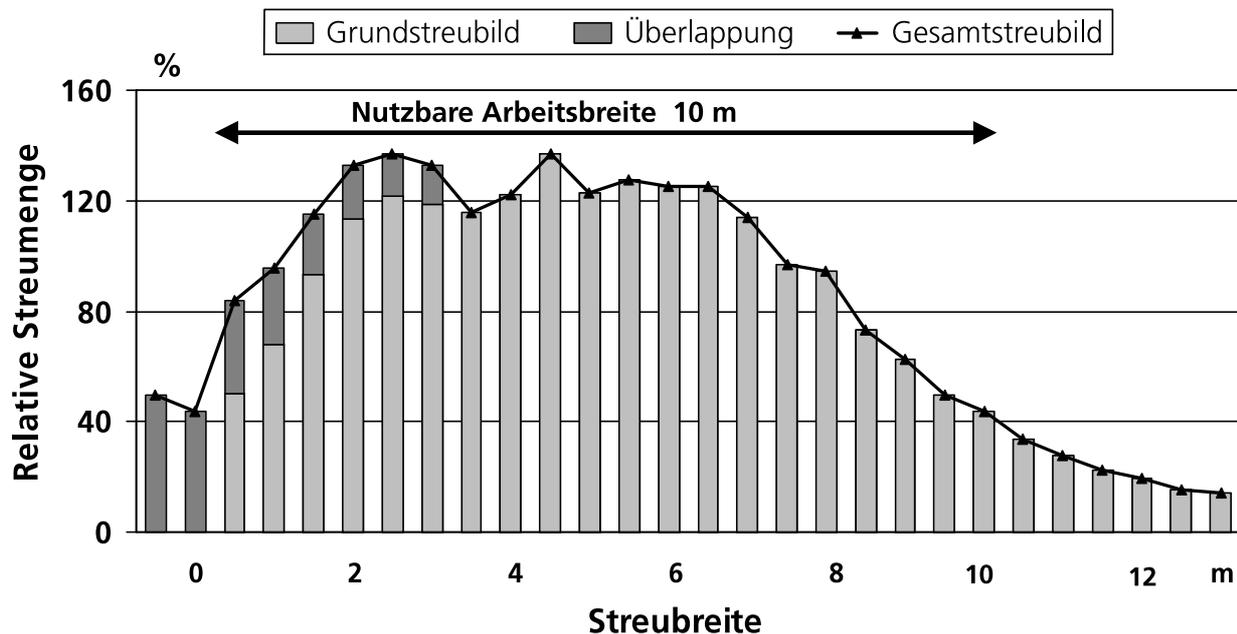
Streubreite: 13 m Fahrgeschwindigkeit: 5,1 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 51,5/48,5 % Kratzbodenvorschub: 1,0 m/min
 Variationskoeffizient: 23,2 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Klärschlamm-Dickstoff, 16 t/ha
 Streusystem: Kompoststreuer mit Tellerstreuwerk
 Streuer: **Jeantil EP 2060 Epandor 3**



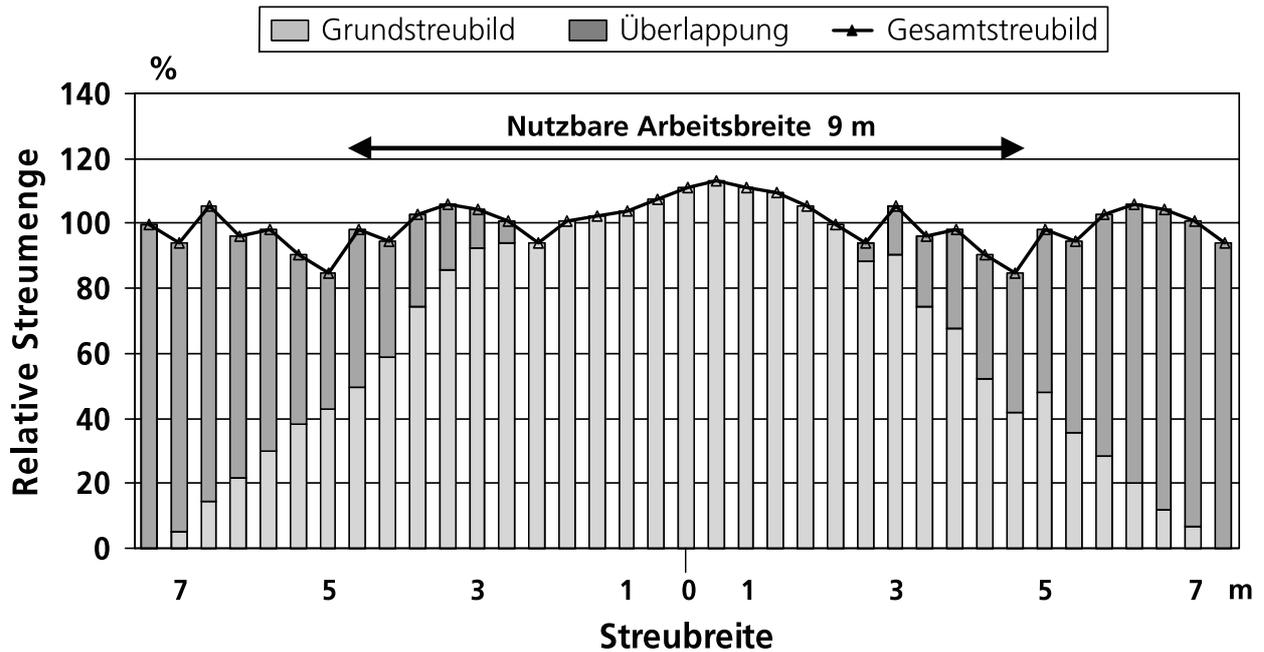
Streubreite: 19 m Fahrgeschwindigkeit: 4,3 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 52,0/48,0 % Kratzbodenvorschub: 0,8 m/min
 Variationskoeffizient: 13,9 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Klärschlamm-Dickstoff, 16 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit Seitenstreuwerk
 Streuer: **Gafner 5.5 A-Vario**



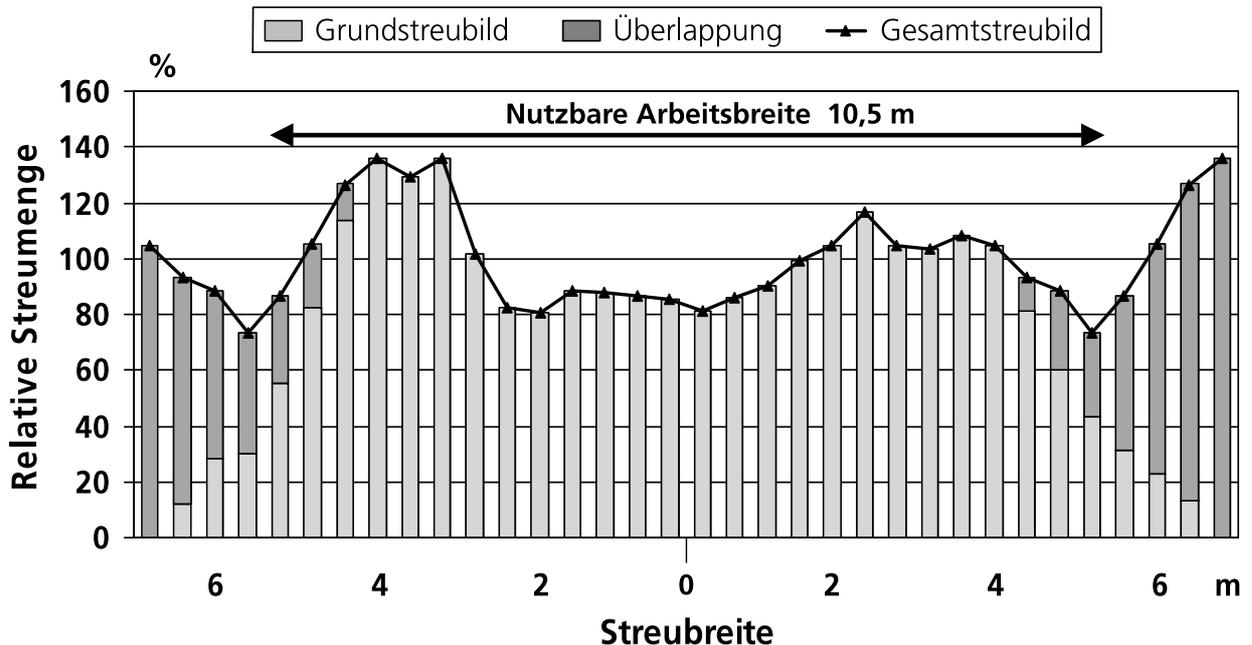
Streubreite: 13 m Fahrgeschwindigkeit: 3,1 km/h
 Variationskoeffizient: 31,5 % (vgl. Tab. 6) Kratzbodenvorschub: 1,0 m/min
 Distanz Hydraulikzylinder am Streurotor (Streuweitenverstellung): 16 cm

Streugut: Ricokalk, 10 t/ha
 Streusystem: Grossraumstreuer mit 2-Scheibenstreuwerk
 Streuer: **Bredal B80 L**



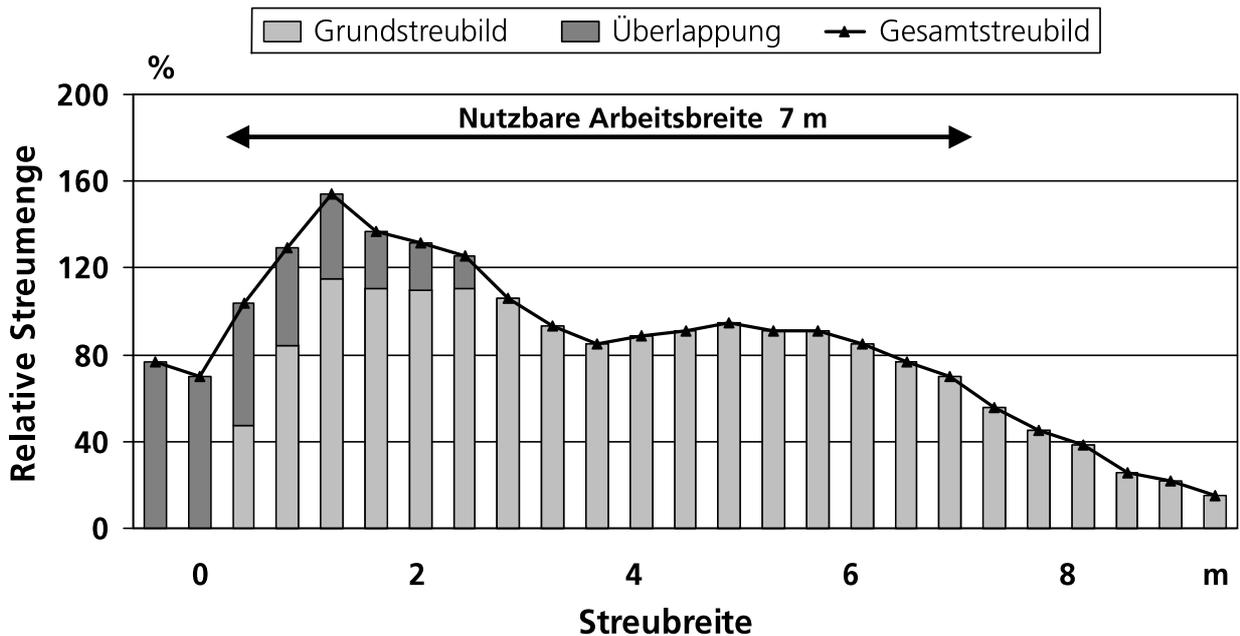
Streubreite: 14 m Fahrgeschwindigkeit: 6,0 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 50,2/49,8 % Kratzbodenvorschub: 0,5 m/min
 Variationskoeffizient: 6,8 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Ricokalk, 10 t/ha
 Streusystem: Kompoststreuer mit Tellerstreuwerk
 Streuer: **Jeantil EP 2060 Epandor 3**



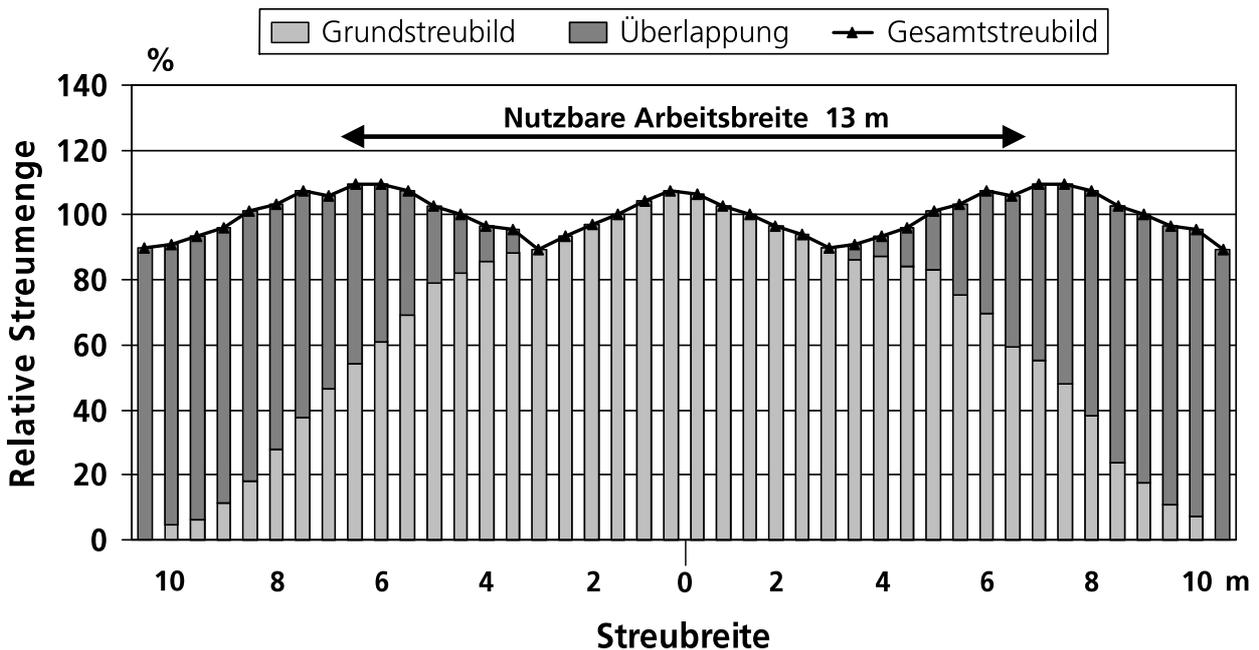
Streubreite: 13 m Fahrgeschwindigkeit: 4,5 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 51,6/48,4 % Kratzbodenvorschub: 0,8 m/min
 Variationskoeffizient: 17,8 % (vgl. Tab. 6)

Streugut: Ricokalk, 10 t/ha
 Streusystem: Miststreuer mit Seitenstreuwerk
 Streuer: **Gafner 5.5 A-Vario**



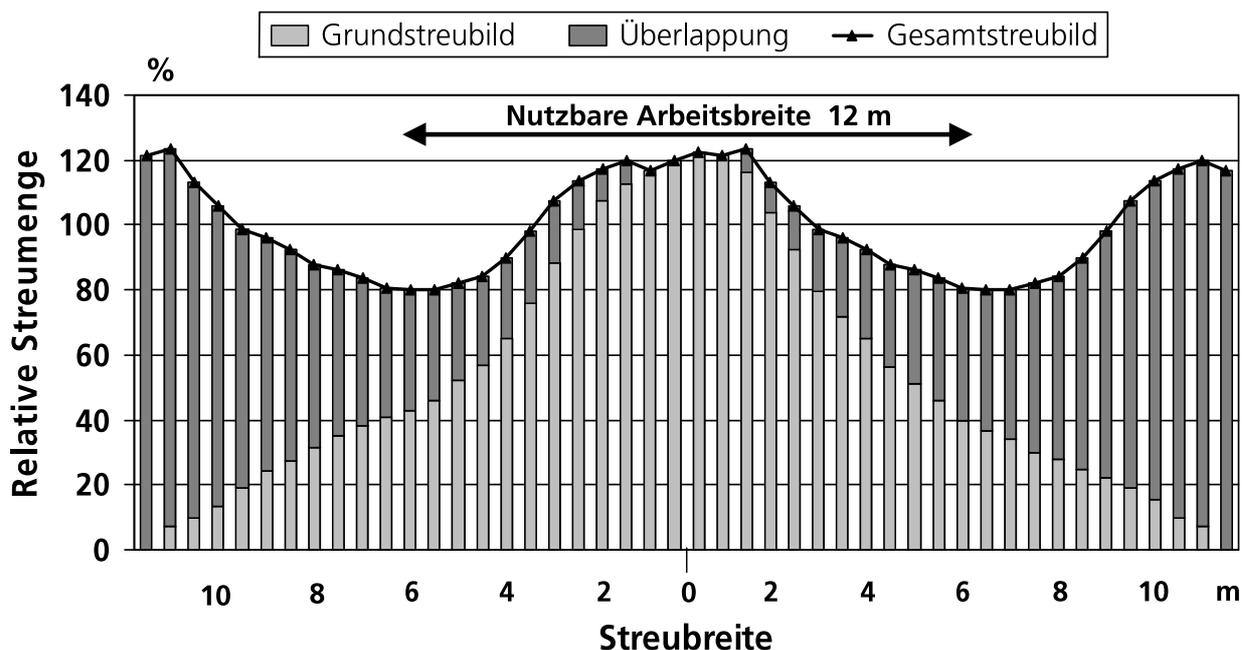
Streubreite: 9,5 m Fahrgeschwindigkeit: 4,5 km/h
 Variationskoeffizient: 23,6 % (vgl. Tab. 6) Kratzbodenvorschub: 1,2 m/min
 Distanz Hydraulikzylinder am Streurotor (Streuweitenverstellung): 17 cm

Streugut: Klärschlamm-Granulat, 2 t/ha
 Streusystem: Schleuderstreuer mit 2-Scheibenstreuwerk
 Streuer: **Vicon Duoflow DS 751**



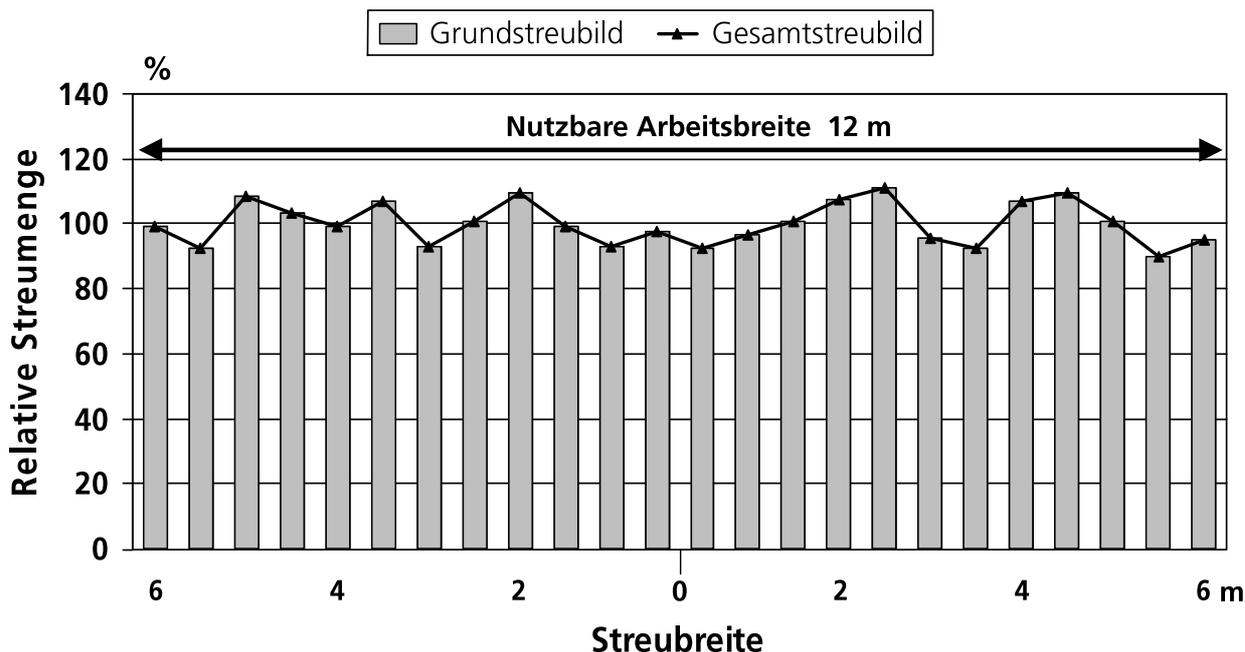
Streubreite: 20 m Fahrgeschwindigkeit: 3,4 km/h
 Links-/Rechtsverteilung: 48,6/51,4 % Position Dosierschieber: 57
 Variationskoeffizient: 6,7 % (vgl. Tab. 6) Anbauhöhe: 90 cm

Streugut: Klärschlamm-Granulat, 2 t/ha
 Streusystem: Grossraumstreuer mit 2-Scheibenstreuwerk
 Streuer: **Amazone ZG-B 16001 TR**



Streubreite:	22 m	Fahrgeschwindigkeit:	3,3 km/h
Links-/Rechtsverteilung:	50,8/49,2 %	Vorschub Bandförderer:	0,4 m/min
Variationskoeffizient:	5,4 % (vgl. Tab. 6)	Position Dosierschieber:	12

Streugut: Klärschlamm-Granulat, 2 t/ha
 Streusystem: Grossraumstreuer mit Front-Streuschnecke
 Streuer: **Amazone ZG-B 16001 TR**



Streubreite:	12 m	Fahrgeschwindigkeit:	3,3 km/h
Links-/Rechtsverteilung:	50,1/49,9 %	Vorschub Bandförderer:	0,4 m/min
Variationskoeffizient:	6,3 % (vgl. Tab. 6)	Position Dosierschieber:	12

Anfragen über das behandelte Thema und über andere landtechnische Probleme sind an die unten aufgeführten Berater für Landtechnik zu richten. Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei der FAT (CH-8356 Tänikon) angefordert werden. (Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90).

E-Mail: info@fat.admin.ch, Internet: <http://www.admin.ch/sar/fat>

- ZH** Kramer Eugen, LIB Strickhof,
8315 Lindau, Telefon 052 354 98 60
Blum Walter, LIB Strickhof,
8315 Lindau, Telefon 052 354 98 60
- BE** Jutzeler Martin, Inforama Berner Oberland,
3702 Hondrich, Telefon 033 654 95 45
Hügi Kurt, Inforama Seeland,
3232 Ins, Telefon 032 312 91 11
Marti Fritz, Inforama Rütli und Waldhof,
3052 Zollikofen, Telefon 031 910 52 10
Hofmann Hans Ueli, Inforama Schwand,
3110 Münsingen, Telefon 031 720 11 21
- LU** Moser Anton, LBBZ Schüpfheim,
6170 Schüpfheim, Telefon 041 485 88 00
Hodel René, LBBZ, Centralstr. 21,
6210 Sursee, Telefon 041 925 74 74
Marti Pius, LBBZ Schüpfheim,
6170 Schüpfheim, Telefon 041 485 88 00
Widmer Norbert, LMS,
6276 Hohenrain, Telefon 041 910 26 02
- UR** Landw. Beratungsdienst, Aprostr. 44,
6462 Seedorf, Telefon 041 871 05 66
- SZ** Landolt Hugo, Landw. Schule Pfäffikon,
8808 Pfäffikon, Telefon 055 415 79 22
- OW** Müller Erwin, BWZ Obwalden,
6074 Giswil, Telefon 041 675 16 16
Landwirtschaftsamt, St. Antonistr. 4,
6061 Sarnen, Telefon 041 666 63 58
- NW** Wolf Franz, Landwirtschaftsamt, Kreuzstr. 2,
6371 Stans, Telefon 041 618 40 07
- GL** Amt für Landwirtschaft, Poststr. 29,
8750 Glarus, Telefon 055 646 67 00
- ZG** Gut Willy, LBBZ Schluethof,
6330 Cham, Telefon 041 780 46 46
Furrer Jules, LBBZ Schluethof,
6330 Cham, Telefon 041 780 46 46
- FR** Krebs Hans, Landw. Institut Freiburg (IAG),
1725 Posieux, Telefon 026 305 58 50
- SO** Wyss Stefan, Landw. Bildungszentrum Wallierhof,
4533 Riedholz, Telefon 032 627 09 62
- BL** Ziörjen Fritz, Landw. Zentrum Ebenrain,
4450 Sissach, Telefon 061 976 21 21
- SH** Landw. Beratungszentrum Charlottenfels,
8212 Neuhausen, Telefon 052 674 05 20
- AI** Koller Lorenz, Gaiserstrasse 8,
9050 Appenzell, Telefon 071 788 95 76
- AR** Vuilleumier Marc, Landwirtschaftsamt AR,
9102 Herisau, Telefon 071 353 67 56
- SG** Haltiner Ulrich, Landw. Schule Rheinhof,
9465 Salez, Telefon 081 757 18 88
Steiner Gallus, Landw. Schule Flawil,
9230 Flawil, Telefon 071 394 53 53
- GR** Urwyler Hansueli, Grabenstrasse 1,
7000 Chur, Telefon 081 257 24 03
Föhn Josef, Landw. Schule Plantahof,
7302 Landquart, Telefon 081 307 45 25
- AG** Müri Paul, LBBZ Liebegg,
5722 Gränichen, Telefon 062 855 86 27
- TG** Herrmann Samuel, LBBZ Arenenberg, Fachstelle
Betriebsberatung und Landtechnik, Amriswilerstr. 50,
8570 Weinfelden, Telefon 071 622 10 22
- TI** Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola,
6501 Bellinzona, Telefon 091 814 35 53

Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Abt. Landtechnik, 8315 Lindau, Telefon 052 354 97 58

Die FAT-Berichte erscheinen in zirka 20 Nummern pro Jahr. – Jahresabonnement Fr. 50.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: FAT, CH-8356 Tänikon. Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90.

E-Mail: info@fat.admin.ch – Internet: <http://www.admin.ch/sar/fat> – Die FAT-Berichte sind auch in französischer Sprache als «Rapports FAT» erhältlich. – ISSN 1018-502X.