

## Reihendüngung im Mais

### Pflanzenbaulich sinnvoll und technisch möglich

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

In einer zweijährigen Untersuchung wurde die N-Reihendüngung im stehenden Mais unter die Lupe genommen. Die pflanzenbaulichen Versuche zeigten, dass auf eher leichten Böden die Applikation des N-Düngers zu den Maisreihen auch im fortgeschrittenen Stadium (6-8-Blatt) durchaus von Vorteil sein kann. Im zweiten Versuchsjahr waren sowohl

die Ertragswirkung als auch die N-Ausnutzung im Vergleich zu breitflächiger Düngung deutlich besser. Mit den auf dem Markt erhältlichen Reihenstreugeräten zu Schleuderstreuern ergeben sich im praktischen Einsatz keine grösseren Probleme. Beim Einsatz am Hang befriedigen die Geräte allerdings nur teilweise, sei es wegen mässiger

Verteilgenauigkeit (Geräte mit Verteilkasten), sei es wegen ungenauer Düngerplatzierung durch seitliche Abdrift. Die Anschaffung eines Reihenstreuers ist dann gerechtfertigt, wenn die eingesparten Düngerkosten die jährlichen Fixkosten mindestens decken.

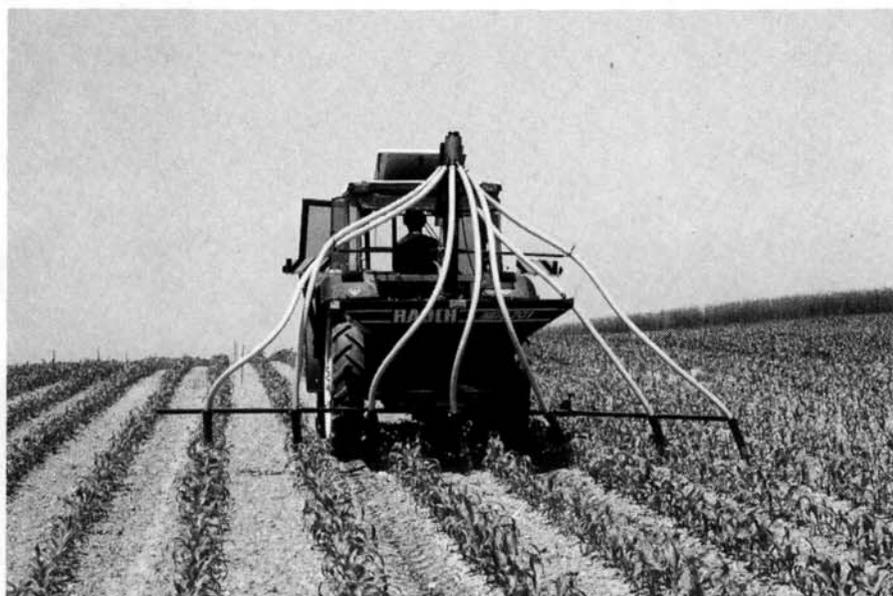


Abb. 1. Lässt sich durch Verwendung eines Reihenstreugerätes die N-Düngung im Mais noch gezielter durchführen?

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Pflanzenbauliche Aspekte	2
Versuchsaufbau	2
Ergebnisse	2
Technische Aspekte	4
Bauart der Geräte	4
Untersuchungsprogramm	4
Prüfstandergebnisse	4
Praxiseinsatz	6
Wirtschaftlichkeit	7
Literatur	7

**Problemstellung**

Soll der Stickstoff (N) in Kulturen mit grossen Reihenabständen wie Mais auch im fortgeschrittenen Wachstum breitflächig oder zu den Reihen appliziert werden? Während die Reihendüngung zur Saat in der Praxis schon fast Standard ist, wird die zweite Gabe im 6-Blatt-Stadium ausser auf Betrieben, die mit Reihenhackgeräten arbeiten, meist breitflächig ausgebracht. Verschiedene Hersteller von Schleuderstreuern bieten heute als Zusatz Reihenstreugeräte an, mit denen der Dünger gezielt zu den Maisreihen plaziert werden kann. Rechtfertigt sich aber deren Anschaffung? Bringt die Reihendüngung im fortgeschrittenen Stadium wirklich Vorteile? Und wie eignen sich die Geräte technisch und im praktischen Einsatz? Diesen Fragen gingen wir in einer zweijährigen Untersuchung nach.

**Pflanzenbauliche Aspekte**

Mais wächst während der Jugendentwicklung sehr langsam und braucht in dieser Phase allgemein wenig N. Wegen der grossen Reihenabstände wird zunächst nur der Boden unterhalb der Maisreihen durchwurzelt. Die jungen Pflanzen holen deshalb den N nach der Saat vor allem aus dieser Zone aus dem Boden. Der zwischen den Maisreihen vorhandene N ist somit bei den gegebenen Bedingungen (durchlässiger Boden, viel Niederschlag) der Gefahr der Auswaschung ausgesetzt. Die erste Gabe zur Saat (maximal ein Drittel der gesamten N-Menge) sollte deshalb zu den Reihen gestreut werden. Weil aber die Wurzelmasse im Reihenzwischenraum selbst nach einem Drittel der Vegetationszeit (Mitte Juni) nur etwa 10% jener in den Maisreihen erreicht (MAIDL, 1989), ist zu vermuten, dass der Mais auch im fortgeschrittenen Stadium den N mehrheitlich unter den Reihen entnimmt. Daraus stellt sich die Frage, ob nicht auch die zweite Gabe (Kopfdüngung im 6–8-Blatt-

Stadium) besser zu den Reihen anstatt breitflächig gestreut wird.

**Versuchsaufbau**

In den Jahren 1993 und 1994 erfolgte auf zwei Standorten mit eher leichtem Boden (sandiger Lehm) ein zweifaktorieller N-Düngungsversuch im Mais. Die Faktoren umfassten die N-Menge (zwei bzw. drei Düngungsstufen) und die Düngerplazierung (breitflächig, zur Reihe). Die Parzellen wurden als Splitplot mit vierfacher Wiederholung angelegt.

Die gesamte N-Menge wurde als Ammonsalpeter (27% N) im 6-Blatt-Stadium ausgebracht. Zur Saat erfolgte keine N-Düngung. Die N-Gaben wur-

den auf den  $N_{min}$ -Gehalt des Bodens im 3–4-Blatt-Stadium abgestimmt (oberste Düngungsstufe =  $220 \text{ kg} - N_{min}$ ). 1993 resultierten zwei Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha), 1994 drei Stufen (0, 60, 120, 180 kg N/ha).

Erhoben wurden der TS-Ertrag der ganzen Pflanze (Silomais) und der N-Gehalt der Pflanzen bei der Ernte (Kjehldal-Analyse FAG). Daraus liessen sich die Ertragswirkung und die N-Ausnutzung ermitteln.

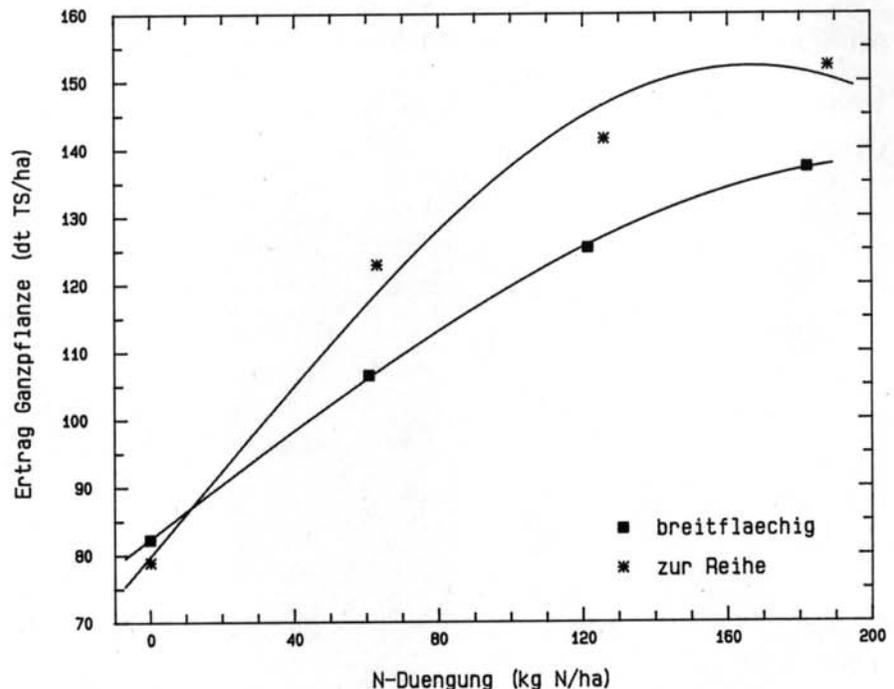
**Ergebnisse**

Der erste Versuch von 1993 war insofern problematisch, als der  $N_{min}$ -Gehalt im Boden wegen des warmen Spätwinters bis im Juni auf Werte von na-

**Tabelle 1. TS-Erträge von Mais (Durchschnitt aus vier Wiederholungen) bei Breit- und Reihendüngung im 6-Blatt-Stadium; Versuch 1994**

Düngungsstufe	kg N pro ha	TS-Ertrag in dt/ha		Ertragsunterschied in %	Signifikanz
		breitflächig	zur Reihe		
Null	0	82,3	78,9	-	-
1	60	106,6	122,9	13,3	*
2	120	125,4	141,5	11,4	*
3	180	137,3	152,3	9,8	*

\* Gesicherter Unterschied mit Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5 %; KGD (95%) = 11,3



**Abb. 2. Ertragsentwicklung von Mais bei Breit- und Reihendüngung im 6-Blatt-Stadium. Versuch 1994, vier Wiederholungen.**

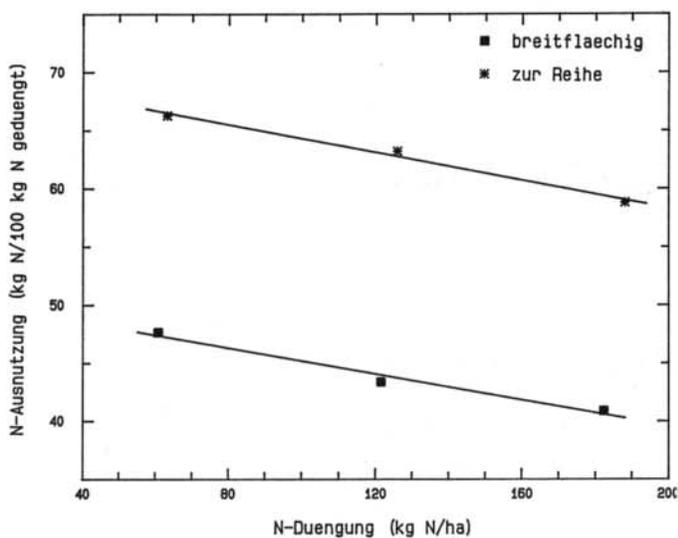
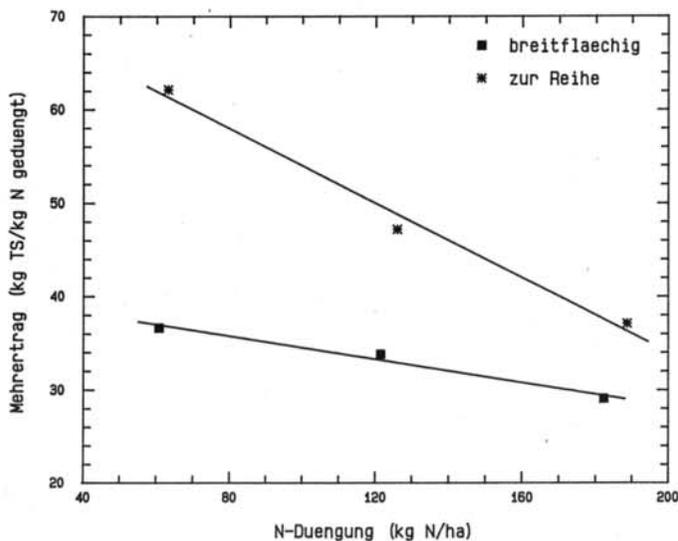


Abb. 3. Mehrertrag (kg TS pro kg gedüngter N) und N-Ausnutzung (kg N in den Pflanzen pro 100 kg gedüngter N) im Mais bei unterschiedlicher N-Düngung und Düngerapplikation im 6-Blatt-Stadium. Versuch 1994, vier Wiederholungen.

hezu 140 kg N/ha anstieg. Obwohl in der Folge nur zwei Düngungsstufen plaziert wurden, resultierten zwischen den verschiedenen Verfahren mit Ausnahme der Nullparzellen keine Unterschiede. Auf die Ergebnisse dieses Versuchs wird deshalb im folgenden nicht weiter eingegangen.

Der Versuch von 1994 ergab bezüglich Ertragsleistung deutliche und statistisch gesicherte Unterschiede zwischen Breit- und Reihendüngung (Tab. 1). Je nach Düngungsstufe lagen die Erträge mit Reihendüngung um 10–13% höher als jene mit breitflächiger Plazierung. Betrachtet man den Ertragsverlauf (Abb. 2), brauchten die zu den Maisreihen gedüngten Parzellen für den gleichen Ertrag bis zu 40% weniger Dünger.

Abbildung 3 zeigt die Unterschiede bezüglich Mehrertrag (TS-Ertrag pro gedüngte N-Menge) und N-Ausnutzung (in den Pflanzen vorhandene N-

Menge pro gedüngte N-Menge). Mit der Reihendüngung resultierte je nach Düngungsstufe ein Mehrertrag von 10 bis 25 kg TS pro kg gedüngter N. Ähnlich sind die Verhältnisse bei der N-Ausnutzung. Während der N bei den breitflächig gedüngten Verfahren nur zu 41–48% wiederauffindbar war, betragen bei der Reihendüngung die Ausnutzungsraten 59–66%.

Beide Darstellungen zeigen die an sich bekannte Tatsache, dass sowohl Ertragswirkung als auch N-Verwertung mit steigender N-Zufuhr deutlich abnehmen. Allfällige Vorteile durch Reihendüngung kommen deshalb nur zur Geltung, solange das optimale Ertragsniveau nicht überschritten wird.

**Fazit:**

Auch wenn die Aussagekraft eines einjährigen Versuchs sicher beschränkt ist, deuten die Ergebnisse dennoch an, dass der Mais den N auch bei fortgeschrittenem Wachstum besser in Ertrag umsetzen kann, wenn dieser direkt zu den Pflanzenreihen gestreut wird. Zumindest auf eher leichten Böden mit tiefem N-Angebot im Frühjahr, wie das im Versuch 1994 mit einem  $N_{min}$ -Wert von 42 kg N/ha im 4-Blatt-Stadium der Fall war, scheint dieser Vorteil bestätigt. Auf schweren Böden mit hohem N-Nachlieferungsvermögen dagegen dürfte die Reihendüngung weniger günstig abschneiden. Dies bestätigen mehrere im Ausland durchgeführte Versuche mit Rüben (Van der Beek, 1991).



Abb. 4. Ablage des N-Düngers zu den Pflanzenreihen: bessere N-Ausnutzung, dadurch weniger Düngeraufwand und geringere Gefahr der N-Auswaschung.



Abb. 5. Blattverbrennungen durch breitwürfige Düngerverteilung: Auch wenn diese in den meisten Fällen den Ertrag nicht beeinflussen, ist die Unterblatt-Reihendüngung auch aus dieser Sicht sinnvoll.

## Technische Aspekte

Verschiedene Hersteller von Schleuderstreuer (Amazone, Bögballe und Rauch) haben Zusatzgeräte für die Unterblatt-Reihendüngung im Angebot. Diese als Reihenstreuer verkauften Geräte untersuchte man 1994 auf ihre technische und praktische Eignung. Miteinbezogen wurde das Gerät von Vicon, welches zwar neu nicht mehr vertrieben wird, da und dort aber noch zum Einsatz gelangt. Nicht berücksichtigt wurden die für die Reihendüngung ebenfalls verwendbaren Reihenhackgeräte.

## Bauart der Geräte

In Tabelle 2 sind die wichtigsten technischen Daten der untersuchten Reihenstreuer zusammengestellt. Das Grundgerät besteht bei Vicon aus einem Pendelrohrstreuer, bei den übrigen Fabrikaten aus einem Zweischiebenstreuer.

Bei den Reihenstreuer **Amazone** und **Bögballe** wird ein Blechkasten, der die Streuscheiben abdeckt, unten an der Streuwanne befestigt. In diesem verteilen die rotierenden Streuscheiben den Dünger auf vier Streuschläuche. Mit zwei (Amazone) bzw. vier (Bögballe) Stellhebeln kann die Düngerverteilung auf die vier Abläufe reguliert werden.

Ähnlich ist das Prinzip beim Reihenstreuer von **Vicon**. In einem Kasten mit Abdeckplane verteilt das hin- und herbewegende Streurohr den Dünger auf vier Ausläufe, welche mit je zwei Streuschläuchen aus Gummi bestückt sind. Somit werden im Gegensatz zu den anderen Geräten die Pflanzenreihen von beiden Seiten mit Dünger bedient.

Grundsätzlich verschieden ist das Verteilsystem beim 7reihigen Reihenstreuer von **Rauch**. Eine von der Rührwerkelle angetriebene Förderschnecke fördert den Dünger zu einem Verteilerkopf, welcher die sieben Streuschläuche beschickt. Im Überschuss beförderter Dünger fällt via Überlauf in den Behälter zurück. Mit kleinen Prallblechen, die man an den Enden der Schläuche anschraubt, kann der Dünger anstatt zu den Reihen auch breitflächig gestreut werden.

Die Reihenabstände können durch seitliche Verschiebung der Streurohre bzw. durch Verdrehen der Halterung (Vicon) angepasst werden. Die Regulierung der Streumenge erfolgt über die Dosieröffnungen und die Fahrgeschwindigkeit, bei Rauch zusätzlich über die Zapfwellendrehzahl.

## Untersuchungsprogramm

Auf einem Prüfstand mit Messschalen wurde die Düngerverteilung auf die einzelnen Schläuche in der Ebene und am Hang quer zur Fahrtrichtung ermittelt. Am Hang erfolgten die Messungen auf

einer Kippbühne mit 20% Neigung. Zusätzlich erfasst wurde die Verteilung bei unterschiedlicher Zapfwellendrehzahl.

Um die Praxiseignung beurteilen zu können, kamen die Geräte in stehendem Mais (3–6-Blatt-Stadium) auf einer Fläche von insgesamt 9 ha zum Einsatz.

## Prüfstandergebnisse

Die Düngerverteilung in der Ebene (Abb. 7) ist bei allen Fabrikaten sehr gut (VK unter 5%). Allerdings waren bei den Geräten von Amazone und Bögballe auf dem Prüfstand mehrere Durchgänge nötig, um die für eine exakte Verteilung richtige Position der Stellschieber herauszufinden. Da auch die zentrale Schieberöffnung einen Einfluss auf die optimale Stellung dieser Schieber hat, kommt man bei diesen Geräten auch in der Praxis nicht darum, vor der Streuarbeit die Verteilung auf die vier Schläuche zu messen. Bei Vicon ist die Verteilungsgenauigkeit stark drehzahlabhängig (vgl. Tab. 4). Die beste Verteilung wird mit eher tiefen Drehzahlen erzielt (ca. 250 U/min).

**Am Hang** fielen die Ergebnisse unterschiedlich aus (Abb. 7). Mit dem Reihenstreuer von Rauch bleibt die Verteilungsgenauigkeit auch bei 20% Neigung sehr gut, was aufgrund der Zwangsförderung des Förderschneckensystems nicht überrascht. Bei Amazone, Bögballe und Vicon dagegen ist die

**Tabelle 2. Reihenstreugeräte zu Schleuderstreuer: Technische Daten und Preise**

Marke + Typ Grundgerät <sup>1)</sup>	Rauch RFZ 7 MDS 701	Amazone ZA-OC 700	Bögballe DZ 700	Vicon PS 450
Verteilsystem	Förderschnecke	Verteilkasten	Verteilkasten	Verteilkasten
Reihenzahl	7	4	4	4
Reihenweite cm	40 - 80	40 - 80	40 - 90	60 - 90
Arbeitsbreite m	2,8 - 5,6	1,6 - 3,2	1,6 - 3,6	2,4 - 3,6
Düngerzuteilung	einseitig/breit	einseitig	einseitig	zweiseitig
Ø Schläuche mm	45	75	45	55
Höhenverstellung	Hydraulik	Kette	Stecksplinten	Hydraulik
Importeur	Ott, 3052 Zollikofen	Bucher, 8166 Niederweningen	Haruwyl, 1032 Romanel	neu nicht mehr erhältlich
Preis (1995) Fr.	2700.--	1230.--	2050.--	

<sup>1)</sup> Die Reihenstreuer sind auch mit anderen Grundmaschinentypen kombinierbar

Düngerverteilung am Hang ungenügend.

Änderungen der **Zapfwelldrehzahl** haben mit Ausnahme von Vicon keinen bedeutenden Einfluss auf die Genauigkeit der Düngerverteilung (Tab. 4). Bei Amazone und insbesondere bei Bögballe bewirken hohe Drehzahlen ein Zerschlagen der Düngerkörner, weshalb die Drehzahl mit diesen Geräten nicht über 300 U/min liegen sollte. Für eine exakte Verteilung sind folgende Drehzahlen anzustreben:

Vicon: 250 U/min

Amazone, Bögballe: 300 U/min

Rauch: 300 bzw. 540 U/min, je nach Angabe in der Betriebsanleitung

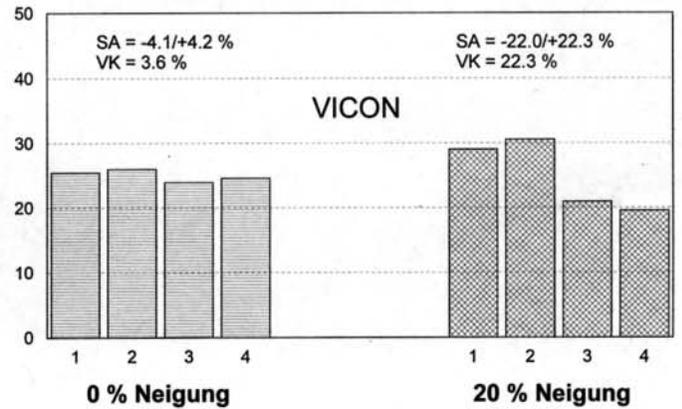
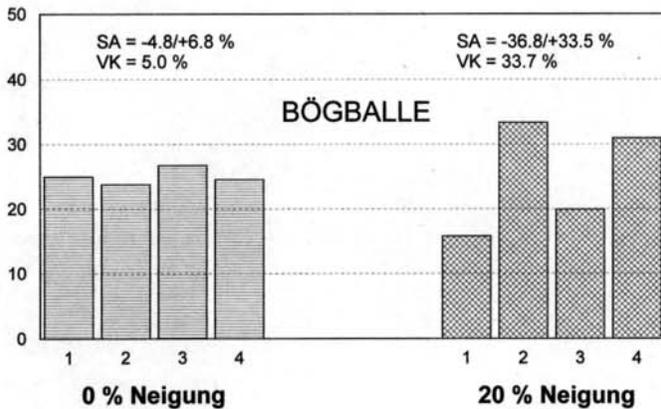
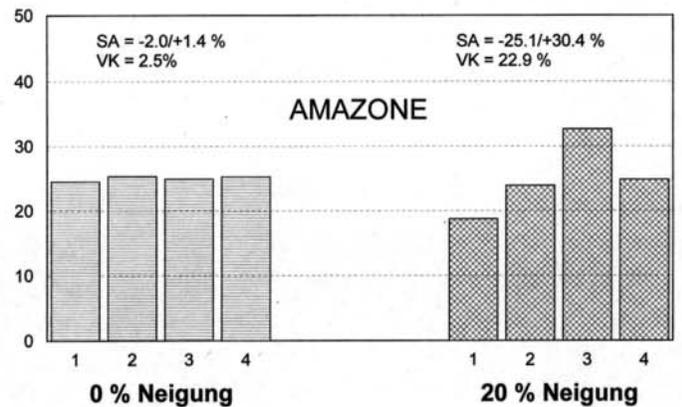
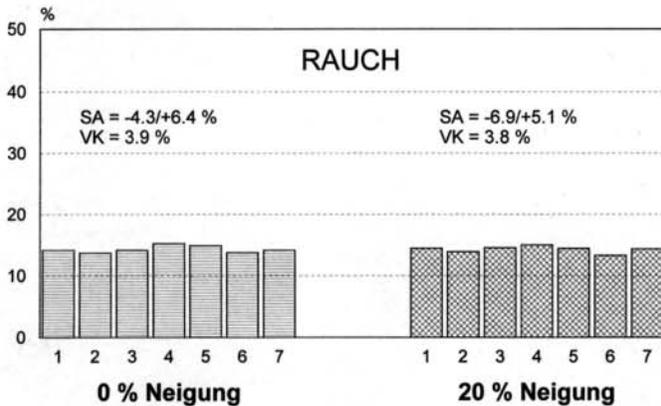
Bei allen Geräten vergrößert eine erhöhte Drehzahl die Streumenge. Eine konstante Zapfwelldrehzahl ist deshalb nicht nur für die exakte Düngerverteilung auf die einzelnen Reihen, sondern auch in bezug auf die Wahl des richtigen Getriebegangs von Bedeutung, damit die Ausbringmenge auf dem Feld schlussendlich stimmt. Zu beachten ist im weiteren, dass die



Abb. 6. Bei den Reihenstreugeräten mit Verteilkasten wird die Verteilgenauigkeit am Hang relativ stark beeinträchtigt (Reihenstreuer Vicon).

**Tabelle 3. Beurteilung der Verteilgenauigkeit aufgrund des Variationskoeffizienten (VK in %) und der Spitzenabweichung (SA in %)**

VK in %	SA in %	Beurteilung
unter 5	unter 10	sehr gut
5-10	10-20	gut
10-20	20-30	ausreichend
über 20	über 30	ungenügend



SA: Spitzenabweichung VK: Variationskoeffizient

Abb. 7. Reihenstreugeräte zu Schleuderstreuern: Verteilgenauigkeit in der Ebene und bei 20% Neigung (quer zur Fahrtrichtung). Beurteilung der statistischen Werte siehe Tabelle 3.

**Tabelle 4. Maximale und mittlere Abweichungen der Streumenge der einzelnen Reihen vom Mittelwert in Abhängigkeit der Zapfwelldrehzahl**

Reihenstreuer	Zapfwelldrehzahl U/min	Ausbringmenge <sup>1)</sup> kg/ha	Abweichungen in %	
			Maximale	Mittlere
Rauch	300	285	6,4	3,1
	420	393	7,4	4,4
	540	459	5,6	3,2
Amazona	300	318	2,0	1,1
	420	428	4,8	4,3
	540	450	2,9	1,5
Bögballe	300	305	6,8	3,4
	420	352	6,9	3,5
	540 <sup>2)</sup>	--	--	--
Vicon	250	284	4,2	2,9
	420	322	24,7	15,6
	540	371	12,7	10,0

<sup>1)</sup> Umgerechnet bei einer Fahrgeschwindigkeit von 6 km/h und einer Reihenweite von 75 cm

<sup>2)</sup> Messung bei 540 U/min wegen zu starker Vermahlung des Düngers nicht möglich

Arbeitsbreite des Reihenstreuers wesentlich kleiner ist als beim normalen Streuen und die in der Streutabelle angegebene Einstellung für die Auslaufmenge entsprechend korrigiert werden muss. Zum Reihenstreuer von Rauch existiert für die Einstellung der Streumenge eine spezielle Streutabelle. Die angegebenen Werte stimmten mit den

überprüften Werten bis auf kleinere Abweichungen von  $\pm 5\%$  überein.

## Praxiseinsatz

Beim Reihendüngen am Hang (Saat in Schichtenlinie) besteht das Problem, dass der Dünger von den Streurohren

wegen der Abdrift zu weit neben den Maisreihen plaziert wird. Mit den Streuern von Amazona und Bögballe setzte sich der Dünger bei Abwärtsfahrt (Saat in Fallinie) im vordern Teil des Kastens teilweise fest. Diesem Problem kann abgeholfen werden, indem der Streuer leicht nach hinten geneigt angebaut wird.

Die Auslaufrohre müssen in der Höhe richtig eingestellt sein. Sind sie zu tief, können die Pflanzen durch die Hin- und Herbewegung des Streuers zu Schaden kommen. Bei zu hoher Stellung gelangen vereinzelt Düngerkörner in die Blattachseln der Pflanzen, was Verbrennungen zur Folge haben kann.

Bei der Arbeit mit dem 7reihigen Gerät von Rauch ist die Abstimmung mit der 4reihigen, praxisüblichen Maissaat häufig schlecht, besonders bei nicht exakter Saat oder am Hang. Eine ungenaue Düngerablage zu den Pflanzen ist die Folge. Dem Problem kann teilweise abgeholfen werden, indem nur 6reihig gestreut wird.

Bei Bögballe und Rauch traten bei feuchter Witterung vereinzelt Probleme mit Verstopfungen auf (Festkleben des Düngers in den Ablaufschläuchen). In dieser Hinsicht sind die Geräte von



Abb. 8. Die Flächenleistung ist besonders mit den 4reihigen Streuern eher mäßig und kann durch hohe Fahrgeschwindigkeiten nur teilweise kompensiert werden. Je schneller gefahren wird, desto ungenauer ist die Düngerablage (Reihenstreuer Bögballe).



Abb. 9. Flexible Ablaufschläuche mit grossem Durchmesser haben den Vorteil, dass die Pflanzen nicht zu Schaden kommen und der Dünger im Schlauch nicht stecken bleibt. (Reihenstreuer Amazona).



Abb. 10. Indem man die äusseren Schläuche in den Behälter legt, kann die Arbeitsbreite zum Beispiel beim Streuen am Feldrand angepasst werden (Reihenstreuer Rauch).

Amazone und Vicon dank der grossen Schlauchdurchmesser im Vorteil.

Die Flächenleistung beim Reihenstreuen ist eher unbefriedigend. Mit einem 4reihigen Gerät beträgt sie je nach Feldlänge 1–1,3 ha/h, mit einem 7reihigen 1,5–2 ha/h (Fahrgeschwindigkeit 6–8 km/h, Wende- und Düngerfüllzeiten eingeschlossen).

Für die Inbetriebnahme des Reihenstreugerätes sind an der Grundmaschine nur kleine Anpassungen notwendig. Der Auf- und Abbau nimmt zirka eine halbe bis eine Stunde in Anspruch.

### Wirtschaftlichkeit

Indem die Düngerkosten, die sich durch Reihendüngung einsparen lassen, mit den jährlichen Fixkosten verglichen werden, ist eine grobe Abschätzung möglich, ob sich die Anschaffung eines Reihenstreugerätes lohnt. Unter der Annahme, dass dank verbesserter Ertragswirkung rund 40 kg N pro ha und damit bei einem Preis von Fr. 1.50 pro kg Rein-N im Ammonsalpeter Düngerkosten von Fr. 60.– pro ha eingespart werden, müssten aufgrund der jährlichen Fixkosten zwischen 4 und 7 ha im Jahr gestreut werden, um die Anschaffung aus rein wirtschaftlicher Sicht rechtfertigen zu können (Tab. 5). Für die Berechnung der

Jahreskosten müssen die Fixkosten mit den variablen Kosten ergänzt werden; sie betragen je nach Fabrikat Fr. 1.70 bis Fr. 2.45 pro ha. Bei grösserer Düngereinsparung wäre die jährliche Mindesteinsatzfläche entsprechend kleiner.

**Fazit:**

Die untersuchten Reihenstreugeräte eignen sich grundsätzlich für die Praxis. Die Düngerverteilung auf die einzelnen Reihen ist in der Ebene bei allen Fabrikaten gut. Die Geräte mit Verteilkasten und Stellschieber setzen aber ein vorgängiges Abdrehen voraus. Am Hang befriedigt die Verteilgenauigkeit nur mit dem Förderschneckensystem. Bei den Geräten mit Verteilkasten sind tiefe Drehzahlen für eine gute Arbeitsqualität von Vorteil. Die Wirtschaftlichkeit eines Reihendüngerstreuers ist je nach Düngereinsparung, Preis und Jahreskosten ab einer Einsatzfläche von zirka 4 ha gegeben.

### Literatur

MAIDL F.X., FISCHBECK G., 1989: Neue Wege einer gezielteren Stickstoffdüngung zu Mais. VDLUFA-Schriftenreihe 30, 143-148.  
 VAN DER BEEK M.A., WILTING P., 1991: Rüben: weniger Stickstoff durch Reihendüngung? Top agrar 3/91.

**Tabelle 5. Mindestfläche, die aufgrund der Fixkosten und bei einer Düngereinsparung von Fr. 60.–/ha für den wirtschaftlichen Einsatz eines Reihenstreuers erforderlich ist. Zugrundegelegte Nutzungsdauer: 12 Jahre**

Reihenstreuer	Preis Fr.	Fixkosten pro Jahr Fr.	Düngereinsparung Fr./ha	Notwendige Jahresfläche ha
Amazone	1230.-	230.-	60.-	3,8
Bögballe	2050.-	357.-	60.-	6,0
Rauch	2700.-	436.-	60.-	7,3