

DLG-Merkblatt 410

Technik zur Ausbringung fester Mineraldünger



DLG-Mitgliedschaft. Wir geben Wissen eine Stimme.



Jetzt Mitglied werden!

Die DLG ist seit mehr als 130 Jahren offenes Netzwerk, Wissensquelle und Impulsgeber für den Fortschritt.

Mit dem Ziel, gemeinsam mit Ihnen die Zukunft der Land-, Agrar- und Lebensmittelwirtschaft zu gestalten.

www.DLG.org/Mitgliedschaft



DLG-Merkblatt 410

Technik zur Ausbringung fester Mineraldünger

Autoren

- DLG-Ausschuss für Technik in der Pflanzenproduktion
- Prof. Dr.-Ing. Bernd Scheufler, Hochschule Osnabrück
- Dr. agr. Norbert Uppenkamp, LWK Nordrhein Westfalen

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung

Herausgeber:

DLG e.V.
Fachzentrum Landwirtschaft
Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main

1. Auflage, Stand: 10/2017

© 2017

Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder – auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung – nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e.V., Servicebereich Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main, Tel. +49 69 24788-209, M.Biallowons@DLG.org

Inhalt

1. Einleitung	5
2. Bauformen	5
2.1 Zentrifugalstreuer	6
2.1.1 Zentrifugalstreuer in Dreipunktausführung	7
2.1.2 Zentrifugalstreuer in gezogener Ausführung	8
2.1.3 Sonderausführungen	8
2.2 Pneumatikstreuer	8
3. Baugruppen der Zentrifugalstreuer	9
3.1 Vorratsbehälter	9
3.2 Dosiervorrichtung	10
3.3 Rührwerk	11
3.4 Streuwerk	11
3.5 Grenzstreueinrichtung	13
3.6 Teilbreitenschaltung	15
4. Steuer- und Regeleinrichtungen	15
4.1 Kontrolle der Durchflussmenge	16
4.1.1 Wiegevorrichtung	16
4.1.2 Elektronische Massenstrom-Regelung	16
4.2 Anpassung der Durchflussmenge	17
4.3 Automatisierte Schalt- und Regelvorgänge	18
5. Baugruppen der Pneumatikstreuer	18
5.1 Gestängetechnik	19
5.2 Dosiervorrichtung	19
5.3 Besonderheiten	19
6. Literatur	19

1. Einleitung

Von den Gesamtkosten für einen Ackerbaubetrieb betragen die Ausgaben für die Düngemittel über 20%. Werden die Maschinen- und Lohnkosten noch hinzugerechnet, dann werden allein für diese Maßnahme ca. $\frac{1}{3}$ der Gesamtkosten aufgewendet (Abbildung 1).

Die Düngungskosten für 1.000 ha Getreide betragen ca. 200.000 bis 220.000 €/Jahr. Für die Beschaffung des Düngers werden 90% der Ausgaben verwendet, für Schlepper und Fahrer lediglich 8% und nur 2% für die Düngetechnik (Abbildung 2).

Die mineralische Düngung spielt in der Pflanzenproduktion eine zentrale Rolle. Der Landwirt muss dabei betriebswirtschaftliche Erfordernisse sowie umweltpolitische Gesichtspunkte in Einklang bringen. Daraus ergeben sich Forderungen an die Düngetechnik. Grundsätzlich sollte die Düngergabe so erfolgen, dass sie dem Nährstoffbedarf der Pflanzen angepasst wird. Dabei ist vor allem die Technik für die Verteilung und Dosierung gefordert. Vor allem in Großbetrieben spielt zusätzlich noch die Schlagkraft eine wesentliche Rolle, damit die Düngung innerhalb der oftmals kurzen Zeitfenster sichergestellt ist.

2. Bauformen

Grundsätzlich lassen sich Mineraldüngerstreuer in Wurfstreuer und Streuer mit Zwangsverteilung unterscheiden. Bei Wurfstreuern ist die Arbeitsbreite größer als die Gerätebreite, bei Auslegerstreuern ist die Arbeitsbreite an die Länge der Ausleger gebunden und bei Kastenstreuern entspricht die Arbeitsbreite der Gerätebreite.

In der landwirtschaftlichen Praxis werden heutzutage fast nur noch Zentrifugalstreuer und Pneumatikstreuer eingesetzt. Pendelrohrstreuer und Kastenstreuer sind wegen der begrenzten Arbeitsbreite nur noch selten im Einsatz.

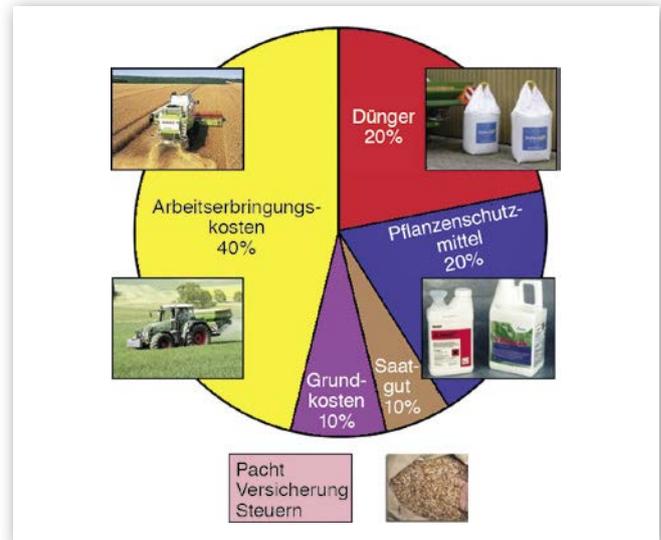


Abbildung 1: Betriebskosten für einen Ackerbaubetrieb – Richtwerte (Quelle: Scheufler)

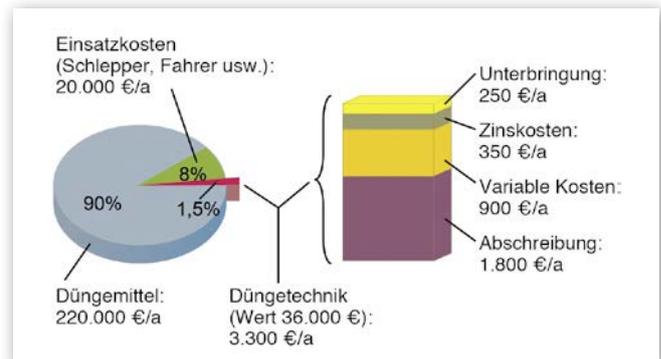


Abbildung 2: Kostenaufstellung für die Düngung von 1.000 ha Weizen – Richtwerte (Quelle: Scheufler)

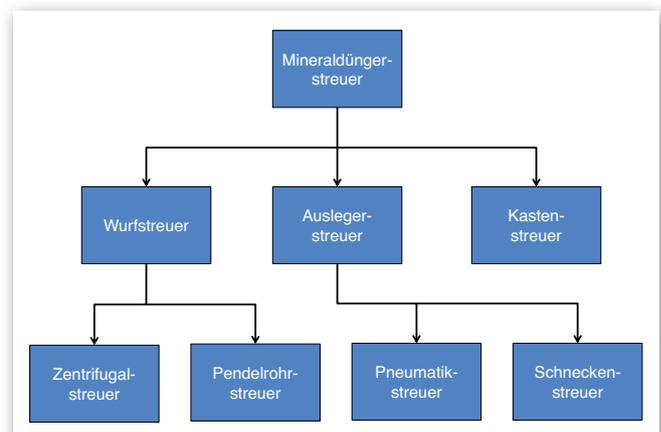


Abbildung 3: Systematik der Mineraldüngerstreuer (Quelle: Scheufler)

2.1 Zentrifugalstreuer

Zentrifugalstreuer sind einfach in der Handhabung und weisen eine hohe Schlagkraft auf. Deren Marktanteil beträgt ca. 90%. Es dominieren die Zweischeibenstreuer, Einscheibenstreuer kommen in der professionellen Landwirtschaft kaum noch zum Einsatz.

Bei den Zentrifugalstreuern wird der Dünger auf rotierende Streuscheiben aufgegeben. Der Dünger fließt dabei infolge der Schwerkraft durch eine Auslauföffnung mit variablem Querschnitt. Auf den Streuscheiben befestigte Wurfschaufeln beschleunigen den Dünger, so dass er beidseitig weit nach außen geworfen wird. Die Ausdehnung des Streufächers ist deutlich größer als die Arbeitsbreite.

Innerhalb der Feldflächen spielt diese Ausdehnung kaum eine Rolle, es sei denn, es herrscht starker Seitenwind. Schwieriger werden die Verhältnisse in den Randbereichen, den Vorgewenden und den keilförmigen Feldausläufern.

Die Luftaufnahme (Abbildung 4) veranschaulicht diese Verhältnisse. Es wurde einseitig im Stand gestreut und der Grenzbereich des Streufächers mit weißen Papierblättern gekennzeichnet. Der Dünger verteilt sich auf einer nierenförmig abgegrenzten Fläche. Wenn beide Streuscheiben im Einsatz sind, ergibt sich der blau umrandete Streufächer. Die Wurfweite ist in diesem speziellen Fall genau doppelt so groß wie die Arbeitsbreite.

Je nach Einstellung bzw. Drehrichtung der Streuscheiben verschieben sich diese Überlappungszonen in den Außenbereichen aber auch im Innenbereich der sich überlagernden Einzelfächer. Innerhalb dieser nierenförmigen abgegrenzten Fläche ist der Dünger ungleichmäßig verteilt. Im Nahbereich des Streuers liegt mehr Dünger als im Außenbereich. Bei der Vorwärtsfahrt summiert sich dieser 3-dimensionale Streufächer streifenweise zu einem 2-dimensionalen Streubild (Abbildung 5) auf. Bei der Hin- und Rückfahrt geschieht eine Überlappung und bei einer korrekten Einstellung am Streuer ergibt sich eine gleichmäßige Verteilung auf der Ackerfläche.

Die Qualität der Querverteilung hängt ab von der Einstellung des Streuers (Scheibendrehzahl, Aufgabepunkt usw.), physikalischen Eigenschaften des Düngers (Kornoberfläche, Korngrößen-spektrum usw.) und Fremdeinflüssen (Seitenwind, ungenaue Fahrgassenabstände usw.).



Abbildung 4: Ausdehnung des Streufächers auf der Feldfläche – Arbeitsbreite $b = 24 \text{ m}$ (Quelle: Scheufler)

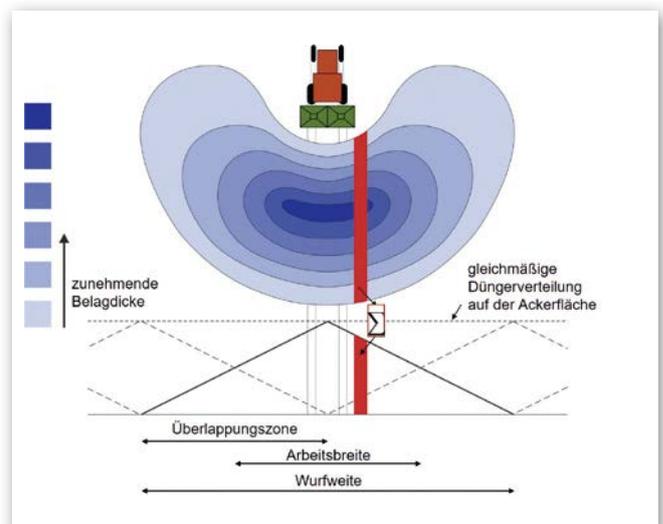


Abbildung 5: Streufächer streifenweise aufsummiert zum Streubild – schematisierte Darstellung (Quelle: Scheufler)

2.1.1 Zentrifugalstreuer in Dreipunktausführung

Zentrifugalstreuer werden überwiegend als angebaute Variante eingesetzt. Es lässt sich eine Einteilung in 3 Leistungsklassen vornehmen (Abbildung 6):

	Untere Leistungsklasse	Mittlere Leistungsklasse	Obere Leistungsklasse
Arbeitsbreite [m]:	12 – 18	18 – 36	30 – 48 (54)
Behältergröße [l]:	1.000 – 1.500	1.500 – 2.000	2.000 – 4.200
Leergewicht [kg]:	200 – 300	400 – 600	650 – 750
Preis von ... bis ... [€]:	3.000 – 6.000	5.000 – 12.000	10.000 – 20.000



Abbildung 6: Streuer der unteren, mittleren und oberen Leistungsklasse (Quelle: Scheufler)

Die Abgrenzung zwischen diesen Leistungsklassen ist fließend.

Durch Zusatzausrüstungen wie z.B. elektronisch geregelte Mengendosierung, Wiegevorrichtung usw. (Abbildung 7) können die Preise erheblich ansteigen. Auch Streuer der unteren Leistungsklasse lassen sich entsprechend hochwertig ausrüsten, dadurch erklärt sich die große Preisspanne.

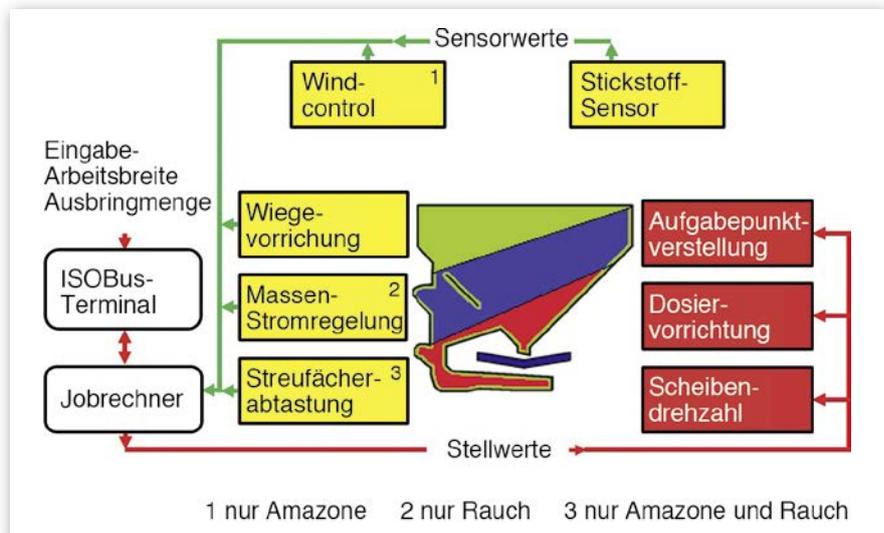


Abbildung 7: Zusatzausrüstungen für Zentrifugalstreuer (Quelle: Scheufler)

2.1.2 Zentrifugalstreuer in gezogener Ausführung

Die gezogenen Streuer werden meist auf Großbetrieben oder im überbetrieblichem Einsatz genutzt. Der Marktanteil beträgt ca. 15% und ist zunehmend.

Arbeitsbreite: 18 m bis 36 m (48 m)

Behältergröße: 5.000 l bis 12.000 l

Leergewicht: 2.000 kg bis 5.000 kg



www.guestrower-lmb.de.de



www.bredal.de

Abbildung 8: Gezogene Streuer (Quelle: Scheufler)

2.1.3 Sonderausführungen

Neben der angebauten und der gezogenen Ausführung wird auch die Kombination angeboten, d. h. der 3-Punktstreuer wird an einen Vorratswagen mit Überladeschnecke angebaut (Abbildung 9).

Düngerstreuer, aufgebaut auf einem Fahrgestell, werden nur vereinzelt eingesetzt. Ab 3 t Gesamtgewicht muss beim Fahren im öffentlichen Straßennetz das Fahrgestell mit einer Bremsanlage ausgerüstet sein.

Selbstfahrende Streuer gibt es nur als Aufbaueinheit auf einem Trägerfahrzeug (Abbildung 10).



Abbildung 9: Kombination von Vorratswagen und Dreipunktstreuer (Quelle: Scheufler)



Abbildung 10: Düngerstreuer auf einem Trägerfahrzeug (Quelle: Scheufler)

2.2 Pneumatikstreuer

In der Zeit von ca. 1973 bis 1990 wurden Pneumatikstreuer in der Bundesrepublik (alte Bundesländer) und im westlichen Europa vorzugsweise auf den größeren Betrieben (70 ha bis 150 ha) eingesetzt. Vorrangiges Argument war die präzise Querverteilung, insbesondere bei der Ausbringung von Harnstoff. Es waren Maschinen in Dreipunktausführung mit Arbeitsbreiten von 12 m bis 24 m. Hersteller waren Nodet (Abbildung 11), Amazone und Rauch.

Nach dem Fall des „Eisernen Vorhangs“ traten andere Betriebsverhältnisse in den Vordergrund.



Abbildung 11: Pneumatikstreuer der Firma Nodet – 1973 (Quelle: www.landtechnik-historisch.de)

Deutlich größere Betriebe mussten mit Düngerstreuern ausgerüstet werden, große Flächenleistung stand im Vordergrund. Die Pneumatikstreuern waren für solche Betriebsverhältnisse nicht ausgelegt. Die verschiedenen Hersteller stellten die Produktion ein.

2003 stellte die Firma Rauch auf der Agritechnica eine Neuentwicklung vor – ein gezogener Pneumatikstreuer mit 36 m Arbeitsbreite (Abbildung 12). Dieser ist für die großen Betriebe im Osten ausgelegt.

Die Streubreite von Pneumatikstreuern ist nur geringfügig größer als die Arbeitsbreite. Der gesamte Streufächer weist in Fahrtrichtung nur eine geringe Breite auf.

Pneumatikstreuern werden nur noch als gezogene Variante angeboten. Es ergibt sich dadurch ein akzeptables Gewichtsverhältnis vom Leergewicht GE und zugefüllter Düngermenge GD. Dieses Gewichtsverhältnis bewegt sich im Bereich von $GE : GD = 1 : 1$ bei 36 m Arbeitsbreite



Abbildung 12: Gezogener Pneumatikstreuer mit 36 m Arbeitsbreite (Quelle: www.rauch.de)

3. Baugruppen der Zentrifugalstreuer

Die angebauten Zentrifugalstreuer bestehen im Wesentlichen aus den Baugruppen

- Behälter mit eingelegtem Sieb
- Dosiervorrichtung mit Rührwerk
- Streuwerk
- Antriebssystem
- Abdreivorrichtung.

Bei den gezogenen Zentrifugalstreuern kommen noch hinzu

- Deichsel
- Fahrwerk
- Fördereinrichtung.

3.1 Vorratsbehälter

Beim Zweischeidenstreuen im Dreipunktanbau bestehen die Vorratsbehälter aus einem Hauptbehälter mit zwei Trichterspitzen. Durch Behälteraufsätze lässt sich das Füllvolumen vergrößern.

Einfüllsiebe sollen verhindern, dass große Düngerklumpen in den Behälter gelangen und möglicherweise die Auslauföffnung verstopfen. Praktisch ist es, wenn das Einfüllsieb im oberen Behälterbereich angebracht ist. Abgesiebte große Düngerklumpen können dann noch zerbröseln und durch das Sieb gedrückt werden. Bei tief liegenden Sieben besteht die Gefahr, dass es oberhalb des Siebes zur Brückenbildung kommt und der Dünger nicht mehr gleichmäßig nachrutscht.

Die Abdeckplane verhindert, dass Feuchtigkeit in die eingefüllte Düngerschüttung gelangt. Sie sollte deshalb mit dem Behälter gut abschließen.

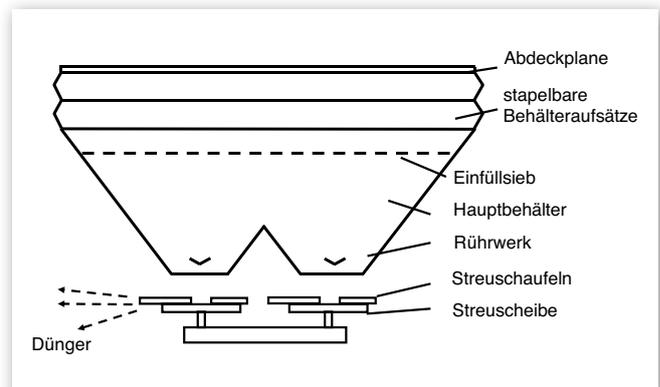


Abbildung 13: Baugruppen des Zentrifugalstreuers (Quelle: Scheufler)

Die Abdeckplanen werden in den Ausführungen handbetätigt und hydraulisch betätigt angeboten. Die Betätigung erfolgt per Hand und Hebelarm.

3.2 Dosiervorrichtung

Mit der Dosiervorrichtung wird die **Durchflussmenge (kg/s)** verändert. Bei der Ausbringung fließt der Dünger durch die Auslauföffnung auf die Streuscheibe. Die Auslauföffnung ist in der Bodenplatte der Trichterspritze platziert. Der Querschnitt der Auslauföffnung lässt sich entweder mechanisch, mit Hilfe eines Hydraulikzylinders, der gegen einen Anschlag fährt, oder mit einem elektrischen Stellmotor (Aktuator) einstellen. In letzterem Fall lässt sich die dosierte Düngermenge während der Ausbringung variieren.



Abbildung 14: Teilgeschlossene Dosiervorrichtung
(Quelle: Uppenkamp)

Die Dosiervorrichtung sollte aus hochwertigen Materialien – VA-Stähle oder Kunststoffe – hergestellt sein, um Korrosion zu verhindern.

Abweichend zu dieser Art der Dosierung bietet die Firma Unia Streuer mit einer Schneckendosierung und die Firma Bredal Streuer mit einer Banddosierung an.

Wenn die Veränderung der Durchflussmenge gleichzeitig zu einer Veränderung des Streubildes führt, dann spricht man vom **Mengeneffekt**. Dieser Mengeneffekt wirkt sich nachteilig aus, wenn mit wechselnden Fahrgeschwindigkeiten oder teilflächenspezifisch gedüngt wird.

Die Dosiervorrichtungen von hochwertigen Streuern sind konstruktiv so ausgelegt, dass dieser Mengeneffekt nicht auftritt. Dazu müssen Kontur der Auslauföffnung sowie Kontur und Bewegungsverlauf des Dosierschiebers genau aufeinander abgestimmt sein. So ist es möglich, dass sich bei kleinen und großen Durchflussmengen die Charakteristiken der Streubilder nicht verändern.

Bei gezogenen Streuern erfolgt die Dosierung durch die Vorschubgeschwindigkeit der Fördereinrichtung in Verbindung mit einer Querschnittsveränderung im Auslaufbereich.

Bei der Betätigung der Dosiervorrichtung geht es um die Vorgänge „Öffnen“ oder „Schließen“. Die früher einmal technisch realisierte Handbetätigung wird heute im professionellen Bereich nicht mehr genutzt.

Bei der einfachen Ausführung erfolgt die Schieberbetätigung mit Hydraulikzylindern, die gegen verstellbare Anschläge fahren. Wenn die Schieber einzeln betätigt werden, kann auch halbseitig gestreut werden. Eine Variation der Ausbringmenge ist nicht möglich.

Mit elektrisch angetriebenen Stellmotoren lässt sich die Schieberöffnung und damit die Ausbringmenge während des Arbeitsgangs variieren (Abbildung 15).

Dadurch kann beim Grenzstreuen einseitig die Ausbringmenge reduziert werden und eine Teilbreitenschaltung ist möglich.



Abbildung 15: Elektrische Schieberbetätigung
(Quelle: Scheufler)

3.3 Rührwerk

In Verbindung mit der Dosiervorrichtung spielt das Rührwerk bzgl. der Funktion eine entscheidende Rolle. Grundsätzlich gilt:

- Das Rührwerk sollte möglichst düngerschonend arbeiten, damit kein Mahleffekt auftritt. Geringe Bewegungsgeschwindigkeiten sind deshalb vorteilhaft
- Die eingefüllte Düngermenge darf sich nicht verfestigen, weil es dann zur Brückenbildung kommt
- Das Rührwerk muss so wirken, dass ein gleichmäßiges Fließverhalten entsteht, unabhängig von der Füllhöhe des Düngers im Behälter. D. h.: Die Ausfließmengen dürfen bei unterschiedlichen Füllständen z. B. 2.000 l oder 3.000 l – nicht voneinander abweichen
- Gut ist es, wenn das Rührwerk die Auslauföffnung vollständig überstreicht, so dass mögliche Kluten durchgedrückt werden
- Ferner sollten Auslauföffnung und Rührwerk konstruktiv so aufeinander abgestimmt sein, dass nach der Entleerung keine Restmengen im Streuer verbleiben
- Das Rührwerk sollte so ausgelegt bzw. gesichert sein, dass bei fehlerhafter Handhabung keine Gliedmaßen eingequetscht werden können.



Abbildung 16: Spiralrührwerk von Amazone (links) und Rührkrone von Bogballe (rechts) (Quelle: Scheufler)



Abbildung 17: Oszillierendes Zinkenrührwerk von Sulky-Burel (links) und pulsierend-drehendes Rührwerk von Rauch (rechts) (Quelle: Scheufler)

Bei den Rührwerken gibt es angetriebene und selbstantreibende Systeme (siehe Abbildung 16 und 17).

Überwiegend werden die Rührwerke direkt angetrieben. Das kann geschehen in Verbindung mit einer horizontalen Rührwelle. Die Antriebe von Rührwerk und Streuwerk sind dann gekoppelt.

Die Streuer der Firma Bogballe haben selbstantreibende Rührwerke. Auf die verlängerten Achsen der Streuscheiben, die als Exzenterbolzen ausgelegt sind, sitzen freidrehende Rührkronen. Die rotierenden Exzenterbolzen und die Reibung in der Schüttung führen dazu, dass die Rührkronen ebenfalls rotieren.

3.4 Streuwerk

Der von der Dosiervorrichtung auf die Streuscheibe fließende Dünger wird von den Wurfschaufeln beschleunigt und weit nach außen geworfen. Es gibt zwei unterschiedliche Arbeitsweisen.

- Streuscheiben, die in Fahrtrichtung betrachtet, nach außen drehen
- Streuscheiben, die in Fahrtrichtung betrachtet, nach innen drehen.

Die Überlappungszone der Grundstreubilder der Einzelscheiben (im Innenbereich) ist bei den nach außen drehenden Scheiben kleiner (max. 50%) als bei den nach innen drehenden Scheiben (max. 85%). Die größere Überlappungszone bewirkt, dass das Streubild weniger empfindlich auf wechselnde Stoffeigenschaften reagiert, allerdings lässt sich halbseitiges Streuen (einfache Teilbreitenschaltung) nicht so einfach realisieren.

Der Aufgabebereich für den Dünger sollte nahe am Mittelpunkt der Streuscheibe erfolgen. Die Umfangsgeschwindigkeit der Streuschaufeln ist hier noch relativ niedrig, so dass auf die Düngerkörner nur niedrige Beschleunigungskräfte wirken. Hohe Beschleunigungskräfte führen oftmals zur Kornerstörung, es kommt zur Staubbildung. Dieser staubförmige Dünger wird nicht weit geworfen und legt sich im Fahrgassenbereich ab.

Die **Einstellung der verschiedenen Arbeitsbreiten** geschieht durch Verändern der Einstellwinkel der Wurfschaufeln auf der Streuscheibe, oder durch Verdrehen der Dosieröffnung um die Vertikalachse oftmals in Kombination mit einer Veränderung der Scheibendrehzahl.

Große Arbeitsbreiten setzen voraus, dass die Düngerkörner den Streuer mit einer hohen Geschwindigkeit verlassen. Diese können durch eine hohe Scheibendrehzahl und lange Wurfschaufeln erzeugt werden. Deshalb haben viele Hersteller mehrere Streuscheiben mit unterschiedlichen Wurfschaufeln im Programm. Eine Streuscheibe deckt dabei einen definierten Arbeitsbreitenbereich ab.

Beim nach wie vor am häufigsten verwendeten **mechanischen Antrieb** ist die Streuscheibendrehzahl direkt an die Motordrehzahl gekoppelt. Schwankungen in der Motordrehzahl wirken sich daher auf das Streubild aus. Diese Methode ist einfach, störunanfällig und preiswert. Der Leistungsfluss erfolgt von der Zapfwelle über Gelenkwelle, Verzweigungsgetriebe und Winkelgetriebe hin zu den Streuscheiben.



Abbildung 18: Mechanischer Antrieb des Streuwerks
(Quelle: Scheufler)



Abbildung 19: Hydraulischer Antrieb des Streuwerks
(Quelle: Scheufler)

Die Zapfwellendrehzahl muss während der Arbeit konstant gehalten werden, entsprechend der Vorgabe in der Streutabelle.

Komfortabel ist das **hydraulische Antriebssystem**. Die Kopplung von Traktor und Maschine ist einfach. Motordrehzahlen und damit Fahrgeschwindigkeiten – in Verbindung mit der elektrischen Schieberbetätigung – lassen sich problemlos variieren. Die Drehzahlen der einzelnen Streuscheiben sind fernbedienbar einstellbar. Teilbreitenschaltung und Grenzstreuen ist einfach möglich.

Erforderlich sind:

- ein hochwertiges Bedienterminal in Verbindung mit einem Jobrechner
- eine traktorseitige Hydraulikanlage, die mindestens $Q = 60 \text{ l/min}$ bei $p = 170 \text{ bar}$ zur Verfügung stellen kann.

Auf der AGRITECHNICA 2007 stellte Rauch in Kooperation mit John Deere ein neues **elektrisches Antriebssystem** vor. Sie nahmen damit eine Vorreiterrolle bzgl. elektrischer Antriebe auf Maschinen und Geräten ein.

Gegenwärtig werden von den verschiedenen Traktorherstellern Konzepte erarbeitet, die von der ursprünglichen Lösung abweichen. Wie das endgültige System aussehen wird, ist noch offen. Lediglich für die Steckverbindung existiert bislang eine Normung, das Thema Arbeitssicherheit ist noch nicht geklärt.

3.5 Grenzstreueinrichtung

Die Düngeverordnung [1] schreibt vor, dass durch die Düngergabe ein direkter Eintrag bzw. ein Abschwemmen in oberirdische Gewässer zu vermeiden ist. Infolge dieser Auflage leiten sich drei Verfahren für das Streuen an den Feldgrenzen ab.

Wird die Grenzstreufahrgasse direkt am Feldrand angelegt, wird der Streuer halbseitig abgeschaltet und eine mittig angeordnete Grenzstreueinrichtung in den Streufächer geschwenkt. Bei nachfolgenden Pflanzenschutzmaßnahmen muss das Gestänge ggf. einseitig eingeklappt werden. Bei größeren Arbeitsbreiten ergibt sich eine ungünstige Schwerpunktlage.

Üblicherweise geschieht das Grenz-, Rand- und Gewässerrandstreuen (Grabenstreuen) mit halbem Fahrgassenabstand zur Feldgrenze.

Grenzstreuen

Die ausgebrachte Düngermenge darf bis zur Feldgrenze reichen, wenn kein Gewässer die Feldgrenze bildet.

Randstreuen

Eine gewisse Düngermenge darf über die Feldgrenze hinaus gestreut werden, wenn die angrenzende Fläche für die Verwendung des Düngers geeignet ist.

Gewässerrandstreuen (Grabenstreuen)

Die ausgebrachte Düngermenge darf nur bis zu 1 m Abstand bis zur Feldgrenze reichen, wenn ein Gewässer die Feldgrenze bildet.

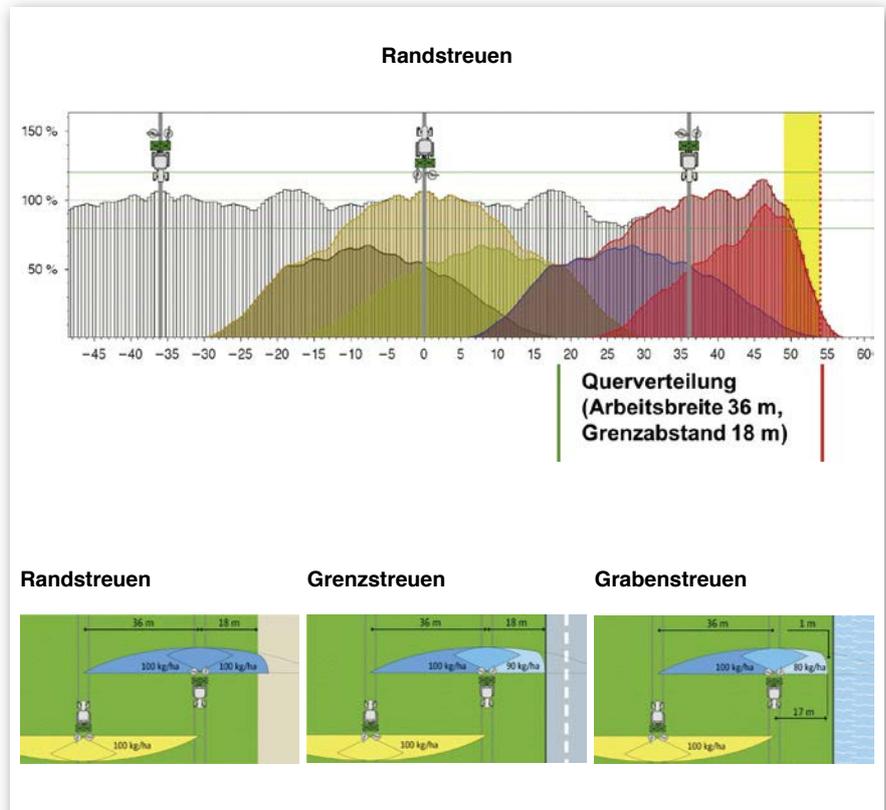


Abbildung 20: Streuen an den Feldgrenzen (Quelle: Scheufler)



Abbildung 21: Ausgeschwenkter Grenzstreuschirm von Rauch (Quelle: Uppenkamp)



Abbildung 22: Grenzstreuen durch Umkehr der Drehrichtung (Quelle: Scheufler)

Da die Zentrifugalstreuer mit einer großen Überlappung arbeiten, müssen diese mit speziellen Grenzstreuvorrichtungen ausgerüstet werden.

Gängig ist die Methode, einen gefächerten Streuschirm in den Streufächer zu schwenken (Amazone, Kverneland, Rauch u. a.). Die Flugbahnen der Düngerkörner werden so umgelenkt.

Bei Streuern der Firma Bogballe erfolgt zum Grenzstreuen eine Drehrichtungsumkehr beider Streuscheiben. Es wird dadurch ein anderer Bereich der Streuschaufel aktiviert. Zum Umschalten muss der Antrieb des Streuwerks abgeschaltet und die Drehzahl auf Null gebracht werden.

Beim französischen Hersteller Sulky wird zum Grenzstreuen der Aufgabepunkt soweit verstellt, dass eine zusätzliche Grenzstreuschaufel wirksam wird.

Eine neuartige Grenzstreuvorrichtung wird von Amazone angeboten. Durch Verschwenken eines Teilbereichs der Streuschaufeln durchläuft der Dünger nur eine kurze Beschleunigungsstrecke.

Bei hydraulisch angetriebenen Streuscheiben kann durch einseitige Reduzierung der Scheibendrehzahl die Arbeitsbreite kontinuierlich verändert werden, so dass entsprechende Grenzabstände eingehalten werden können. Grenzstreuen und eine Teilbreitenschaltung ist auf beiden Seiten möglich (Amazone, Rauch). Wird zusätzlich noch der Aufgabepunkt verstellt, lässt sich die Qualität der Querverteilung verbessern. Die Ausbringmengen sind entsprechend anzupassen. Beides lässt sich mit einem Bordcomputer realisieren, der die Stellmotoren ansteuert.

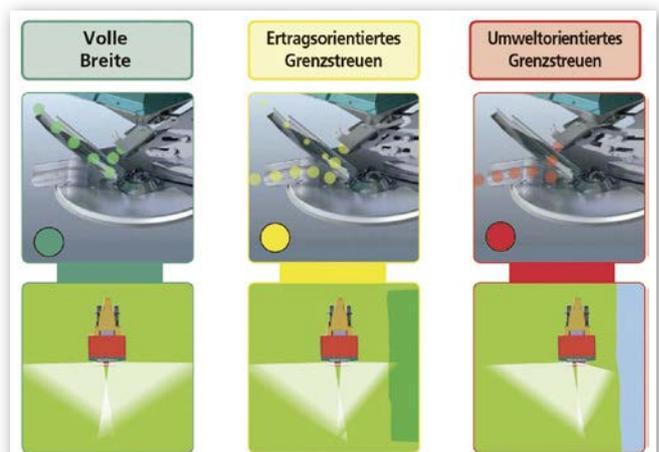


Abbildung 23: Grenzstreuen durch Verlagerung des Aufgabepunktes (Quelle: Scheufler)

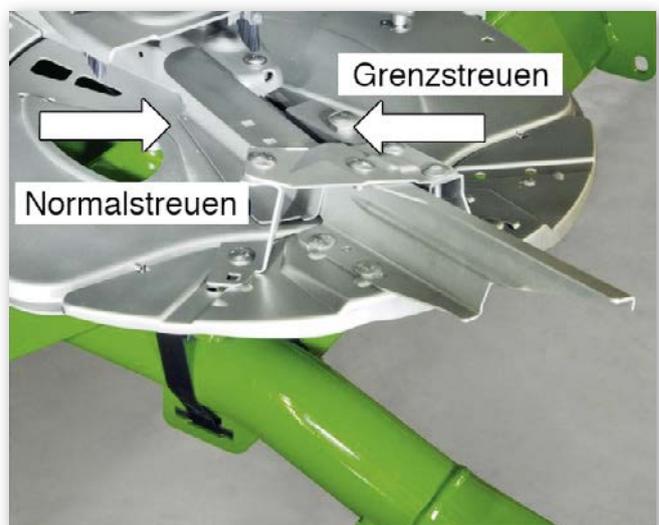


Abbildung 24: Grenzstreuen durch Wurf-schaufel-verstellung (Quelle: Scheufler)

3.6 Teilbreitenschaltung

Bei Feldspritzen gehören Teilbreitenschaltungen bis hin zu Einzeldüsen-schaltungen zur Standard-ausrüstung.

Zentrifugalstreuer bieten gegenwärtig solche Anwendungsmöglichkeiten nicht.

Durch Verdrehen des Aufgabepunktes lassen sich die Streufächer verlagern. Wie weit das möglich ist, hängt von der Einstellung des Aufgabepunktes für das Grundstreubild ab und dem dann noch zur Verfügung stehenden Verstellwinkel.

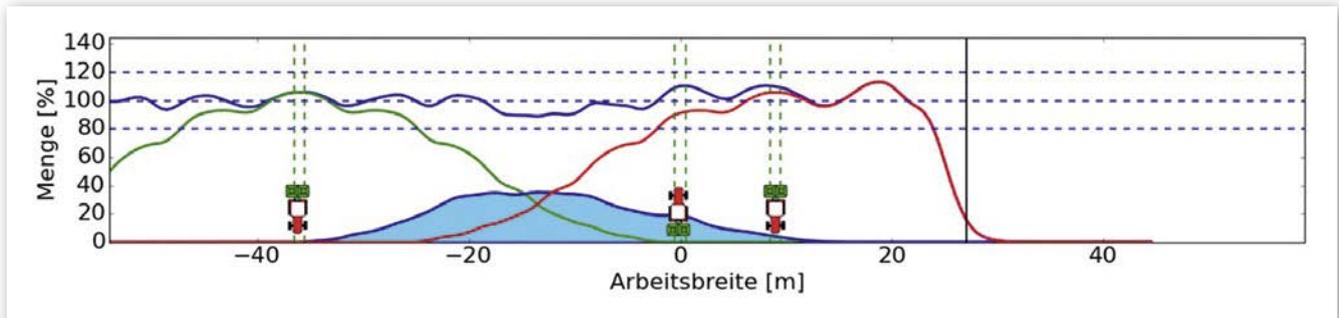


Abbildung 25: Streubild mit eingestellter Teilbreite (Quelle: Scheufler)

Eine exakte Abgrenzung wie bei Pneumatikstreuern ist nicht realisierbar, es gibt weiche Übergänge, die sich beispielsweise bei der Überlappung auf Keilflächen sogar positiv auswirken können. Abbildung 25 zeigt das Streubild eingestellt für eine Teilbreite links außen. In diesem Fall lagen optimale Einstellbedingungen vor.

4. Steuer- und Regeleinrichtungen

In der Zeit bis ca. 1985 bestanden die Düngerstreuer fast nur aus mechanischen Baugruppen, lediglich die Schieberbetätigung erfolgte hydraulisch. In den darauf folgenden 25 Jahren wurden zuneh-

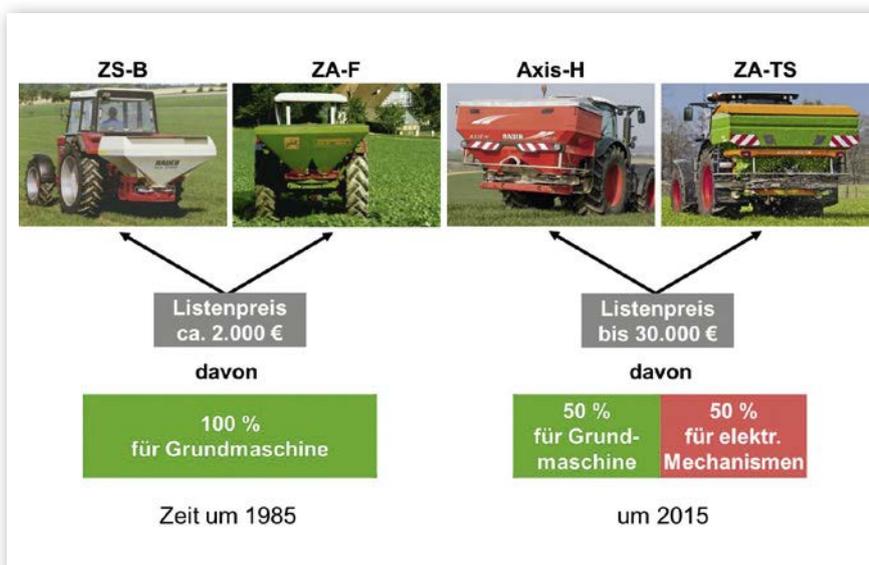


Abbildung 26: Veränderung der Kostenstruktur bei Düngerstreuern (Quelle: Scheufler, Rauch, Amazone)

mend mikroelektronisch gesteuerte Mechanismen eingebaut. Dieser Anteil wird in nächster Zeit weiter ansteigen, wenn zunehmend hochwertige Sensoren zum Einsatz kommen d.h. es sind nicht mehr die klassisch mechanischen Baugruppen, die den Preis des Düngerstreuers bestimmen, sondern die elektrischen Baugruppen und Sensoren (Abbildung 26). Bei den Herstellern verschieben sich somit auch die Entwicklungsschwerpunkte.

4.1 Kontrolle der Durchflussmenge

4.1.1 Wiegevorrichtung

Hochwertige Streuer verfügen über eine Wiegevorrichtung. Grundsätzlich gibt es zwei unterschiedliche Ausführungen:

- Vorrahmen mit integrierten Wiegebolzen (Amazone, Bogballe (Abbildung 27), Rauch usw.)
Vorteil: konstruktiv einfacher Aufbau, Nachrüstung ist möglich (Fliegl)
- Behälter gelagert auf rahmenintegrierten Drucksensoren (Kverneland)
Vorteil: keine Schwerpunktverlagerung nach hinten.

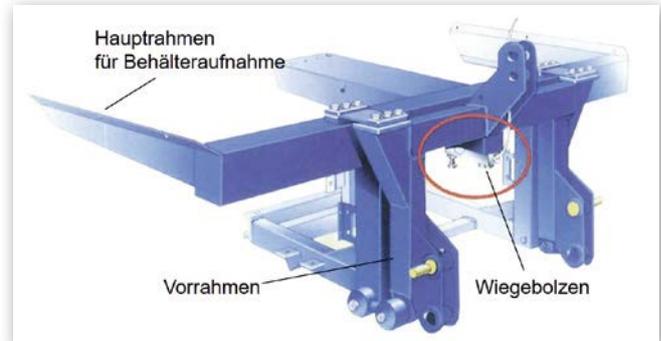


Abbildung 27: Wiegerahmen (Quelle: Scheufler)

Die Sensoren messen die Gewichtsveränderung infolge des ausfließenden Düngers **m**. Diese wird im Jobrechner mit der zurückgelegten Wegstrecke und der eingegebenen Arbeitsbreite **b** verrechnet, so dass sich die Ausbringmenge **Q** in kg/ha exakt bestimmen lässt.

Der erste Streckenabschnitt (ca. 200 m) wird „fehlerhaft“ gedüngt, da noch kein kalkulierter Wert vorliegt, es sein denn es wird vorher eine Abdreprobe durchgeführt.

$$Q = m \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{b} \text{ kg/ha}$$

Merkmale der Wiegevorrichtung

- Es muss kein Kalibriervorgang vor dem Streuen durchgeführt werden.
Achtung: Fehlerhafte Ausbringmenge auf dem ersten Streckenabschnitt
- Es werden während des Streuens laufend neue Kalibrierwerte ermittelt, so dass die Ausbringmenge auch bei wechselnden Fließeigenschaften des Düngers eingehalten werden kann
- Für den Kalibriervorgang müssen immer bestimmte Wegstrecken zurückgelegt werden, um neue Zuordnungen von Wegstrecke und Lastveränderung erstellen zu können
- Die Gewichtsveränderungen werden immer direkt in der Maßeinheit kg gemessen
- Die aktuelle Füllmenge des Behälters kann direkt angezeigt werden
- Die Wiegeeinrichtung wird werkseitig einmalig geeicht, eine Wiederholung ist nicht erforderlich
- Einige Wiegeeinrichtungen sind mit einem Neigungssensor ausgerüstet. Messfehler beim Arbeiten in Hanglage lassen sich so ausgleichen: 15% Steigung im Gelände verursacht einen Fehler von +/- 1,5%
- Die Anschaffungskosten einer solchen Wiegevorrichtung liegen bei 1.800 € bis 2.200 €. Neben dem Komfortgewinn ergeben sich zusätzliche wirtschaftliche Vorteile, da die Ausbringmengen exakter eingehalten werden.

4.1.2 Elektronische Massenstrom-Regelung

Die elektronische Massenstromregelung basiert auf dem physikalischen Zusammenhang, dass das Antriebsmoment der Streuscheibe proportional zur Durchflussmenge des Düngers ist. Somit ist es möglich, den Einstellwert für die Ausbringmenge sehr schnell zu ermitteln.

Die Messmethode ist in Verbindung mit hydraulisch angetriebenen Streuscheiben sehr einfach. Es werden die Hydraulikdrücke vor und hinter den Hydraulikmotoren gemessen. Die Druckdifferenzen sind wiederum proportional zu den Antriebsmomenten der Streuscheiben. Für jede Dosiervorrichtung wird somit eine Relation von Schieberposition und Drehmoment bzw. Ausbringmenge erstellt. Schon bei kleinsten Abweichungen von

der Soll- Durchflussmenge wird eine neue Schieberposition berechnet und angefahren. Veränderungen bei der Fließeigenschaft des Düngers werden ohne Zeitverzögerung kompensiert.

Eine Abdreprobe ist nicht erforderlich.

Ebenso gibt es eine Lösung für mechanisch angetriebene Streuwerke. Die Drehmomente werden aus der Verwindung der Antriebswellen abgeleitet.

Merkmale der elektronischen Massenstrom-Regelung:

- Kein Kalibriervorgang erforderlich
- Indirekte Messung der Ausbringmenge durch Messung des Antriebsmomentes der Streuscheiben
- Sehr schnelle Reaktionszeit bei wechselnden Fließeigenschaften des Düngers
- Die Einstellwerte für das rechte und das linke Streuwerk werden einzeln ermittelt
- Hohe Sicherheit bei der Überwachung
- Die noch im Behälter vorhandene Düngermenge wird berechnet und nicht gemessen.

4.2 Anpassung der Durchflussmenge

Eine Anpassung bzw. Variation der Durchflussmenge (kg/s) ist erforderlich bei

- wechselnden Fahrgeschwindigkeiten und konstanter Ausbringmenge (kg/ha), z. B. beim Düngen in hügeligem Gelände
- teilschlagbezogener Bewirtschaftung in Verbindung mit Sensoren und Applikationskarten (wechselnde Ausbringmenge (kg/ha) bei konstanter Fahrgeschwindigkeit).

Die Dosierschieber werden in diesem Fall von elektrischen Stellmotoren betätigt.

Die Vorgabe für die gewünschte Ausbringmenge können erfolgen durch:

- manuelle Eingabe auf dem Terminal
- Messwerte von N-Sensoren
- Applikationskarten.

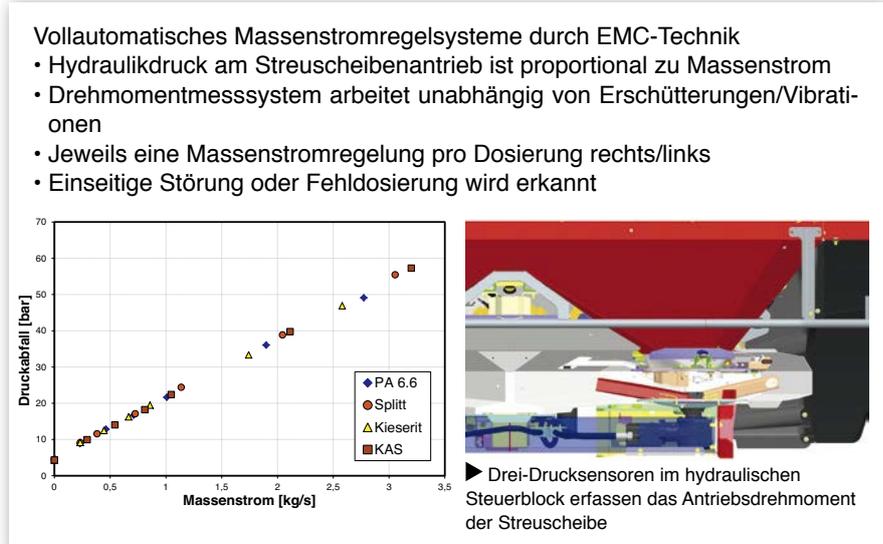


Abbildung 28: Elektronische Massenstrom-Regelung (Quelle: Scheufler)

4.3 Automatisierte Schalt- und Regelvorgänge

Durch immer größer werdende Arbeitsbreiten sowie steigende Fahrgeschwindigkeiten wird das positionsgenaue Schalten auf den Vorgewenden und insbesondere auch auf keilförmigen Flächenstücken für die Bedienperson schwieriger. Es treten in hohem Maße Ungenauigkeiten auf, die i. d. R. dazu führen, dass zu viel Dünger ausgebracht wird. Durch den Einsatz einer GPS-gesteuerten Schaltung ergibt sich ein deutlicher Gewinn bezüglich Komfort für den Bediener und Einsparpotential bei den Düngemitteln.

Solche elektrischen Streuereinheiten werden von verschiedenen Herstellern angeboten. Im Zusammenwirken mit einem GPS-Empfänger ist eine genaue Positionierung auf der Fläche möglich und Überlappungszonen lassen sich minimieren.

Das mögliche Einsparpotential ist abhängig von der Schlaggröße und der Form der Feldfläche, wirtschaftlich vorteilhaft ist es, wenn derartige Systeme zusätzlich auch auf Pflanzenschutzspritzen eingesetzt werden.

Relativ neu ist das System, über Radarsensoren den Streufächer am Düngerstreuer zu erfassen. Bei Veränderung der Lage des Streufächers wird der Aufgabepunkt so verändert, dass die optimale Streufächerlage wieder hergestellt wird.

5. Baugruppen der Pneumatikstreuer

Der wesentliche Unterschied zu den gezogenen Zentrifugalstreuern sind

- Gestänge mit Krümmern und Prallblechen
- Dosiervorrichtung mit Nockenradwalzen
- Gebläsetechnik für die pneumatische Förderung.

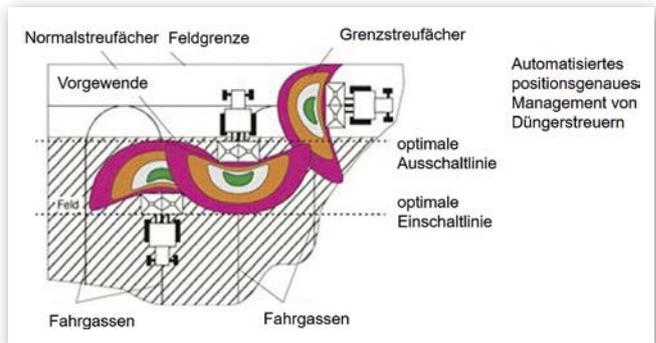


Abbildung 29: Überlagerung von Streufächern (Quelle: Scheufler)

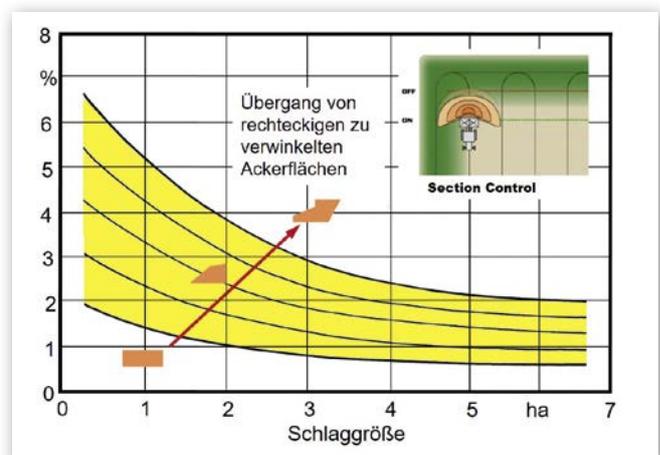


Abbildung 30: Einsparpotenzial durch Teilbreitenschaltung (Quelle: Scheufler)



Abbildung 31: Automatische Regelung der Lage des Streufächers (Quelle: Scheufler)

5.1 Gestängetechnik

Das Gestänge ist ähnlich aufgebaut wie bei gezogenen Pflanzenschutzspritzen. In gleichmäßigen Abständen sind Verteildüsen, bestehend aus Krümmern mit Prallblechen angeordnet (Abbildung 32).

5.2 Dosiervorrichtung

Mit Nockenradwalzen erfolgt eine Zwangsdosierung, die Ausbringmenge ist proportional zur Drehzahl. Die Nockenradwalzen werden von Hydraulikmotoren angetrieben. Eine 6-fach Teilbreitenschaltung ist möglich. Über Injektorschleusen werden die dosierten Düngermengen in die Luftströme eingespeist.



Abbildung 32: Gestänge mit Verteildüsen
(Quelle: Scheufler)

5.3 Besonderheiten

Die Gestängetechnik garantiert eine gleichmäßige Querverteilung auf der gesamten Arbeitsbreite. Eine Einstellung der Querverteilung in Abhängigkeit von der Düngersorte ist nicht erforderlich.

Pneumatikstreuer sind technisch sehr hochwertige und anspruchsvolle Maschinen, entsprechend hoch ist somit der Kaufpreis.

Die Vorteile sind:

- Einsparungen beim Kauf von Düngern, die sich mit Zentrifugalstreuern nicht genau genug ausbringen lassen
- Grenzstreuen: Die präzise Querverteilung ist bis zur Feldgrenze gewährleistet und grenzt dort scharf ab
- Vorgewendeschtaltung: Im Vorgewende ist der Ein- und Ausschaltpunkt unabhängig von der Düngersorte und entspricht der Arbeitsbreite, das Streubild liegt in konstanter Dosiermenge auf einer Linie
- In stark windigen Regionen, z. B. in Küstennähe, gewährleistet das Verteilergestänge eine einwandfreie Querverteilung.

Der Einsatz in Verbindung mit den Möglichkeiten von Precision Farming ist ähnlich wie bei Pflanzenschutzspritzen.

6. Literatur

[1] Düngeverordnung

Weitere DLG-Merkblätter zum Thema Pflanzenproduktion

- DLG-Merkblatt 390
**Optische Sensoren
im Pflanzenbau**
- DLG-Merkblatt 388
**Satellitenortungssysteme (GNSS)
in der Landwirtschaft**
- DLG-Merkblatt 345
**Leitfaden für den Kauf
einer Landmaschine**
- DLG-Merkblatt 344
**Bodenschonender Einsatz
von Landmaschinen**



Download unter www.DLG.org/Merkblaetter



DLG e.V.
Mitgliederservice
Eschborner Landstraße 122 • 60489 Frankfurt am Main
Deutschland
Tel. +49 69 24788-205 • Fax +49 69 24788-124
Info@DLG.org • www.DLG.org