

Verteilungsqualität von Zentrifugaldüngerstreuern

Verfahren zur Beurteilung der Ausbringung heterogener Mischdünger

Bei der Ausbringung von heterogenen Mischdüngern kann es bei Zentrifugaldüngerstreuern zu Entmischungen auf der Streuschaufel und während der Flugphase kommen. Mit Hilfe von Empfindlichkeitsoberflächen kann für unterschiedliche Streubildtypen eine Aussage über die Änderung der Querverteilung bei wechselnden Stoffeigenschaften getroffen werden. Für die Beurteilung der Entmischung während der Flugphase wird aus den gemessenen Stoffeigenschaften eine Wurfweitenverteilung berechnet. Mit diesen charakteristischen Wurfweitenverteilungen lassen sich Grenzen für die Mischbarkeit von Düngerkomponenten festlegen.

Dr. sc. agr. Dipl.-Ing. Johannes Marquering ist Leiter der Elektronikentwicklung bei den Amazonen-Werken in Hasbergen, Postfach 51, 49202 Hasbergen-Gaste; e-mail: jmarquering@amazon.de. Er promovierte als externer Doktorand bei Prof. Kutzbach am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim.

Schlüsselwörter

Zentrifugaldüngerstreuer, Mischdünger, Streubilder, VK-Oberflächen, Entmischung

Keywords

Centrifugal broadcaster, bulk blend fertiliser, spread patterns, CV-surface, segregation

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 03103 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Um Mineraldünger auszubringen, werden heute fast nur Zentrifugaldüngerstreuer eingesetzt. Einzelkomponentendünger und homogene Mehrnährstoffdünger lassen sich mit modernen Maschinen bereits bis zu Arbeitsbreiten von 48 m mit gleichmäßiger Querverteilung ausbringen [1].

Die Mineraldüngung wird in Zukunft noch stärker als bisher von dem Gedanken geprägt sein, die Nährstoffe kostengünstig und speziell auf den Bedarf der Pflanzen abgestimmt auszubringen. Zudem wird eine Erhöhung der Schlagkraft durch das gleichzeitige Ausbringen von verschiedenen Nährstoffen in einem Arbeitsgang angestrebt. Aus Einzelkomponenten hergestellte Mischdünger erlauben daher eine auf die Pflanzen- und Bodenbedingungen abgestimmte Nährstoffzusammenstellung.

Aufgrund unterschiedlicher Stoffeigenschaften besteht bei der Ausbringung von Mischdüngern mit Zentrifugaldüngerstreuern, eine ordnungsgemäße Befüllung vorausgesetzt, während der Beschleunigung innerhalb der Maschine und in der Flugphase die Gefahr einer Entmischung der Düngerkomponenten [2]. Entmischungsvorgänge während der Beschleunigung innerhalb der Maschine sind bisher kaum untersucht worden. Für die Charakterisierung der möglichen Entmischung während der Flugphase wird bisher meist das Korngrößenspektrum als Bewertungskriterium herangezogen [3].

Theoretische Überlegungen zur Entmischung

Die Querverteilung eines Düngerstreuers wird vorwiegend durch das Flugverhalten

und die Verhältnisse beim Verlassen der Streuschaufeln beeinflusst [4]. Die Reibungsverhältnisse zwischen Dünger und Streuschaufel und damit die Verhältnisse beim Verlassen der Streuschaufel können mit Hilfe des Abwurfwinkels [5] bestimmt werden. Bei Mischdüngern muss neben einer möglichen Entmischung auch die Änderung des Reibungsverhaltens der gemischten Komponenten aufgrund verschiedener Reibbeiwerte untersucht werden. Für die Berechnung des gemeinsamen Abwurfwinkels einer Mischung muss sowohl die Konzentration als auch ein Korrekturfaktor berücksichtigt werden (Gl. 1). Dieser Korrekturfaktor bezieht die Reindichte und die Korngröße der Mischungskomponenten in die Berechnung ein (Gl. 2).

$$\alpha_{AM}(\kappa) = \kappa (\alpha_{A2} - \alpha_{A1}) + \alpha_{A1} + \kappa(\kappa) \quad (1)$$

$$\kappa(\kappa) = \begin{cases} \frac{\rho_{R1}d_1 + \rho_{R2}d_2}{2} \sin(\pi\kappa) & d_1 > d_2 \\ 0 & \text{für } d_1 = d_2 \\ -\frac{\rho_{R1}d_1 + \rho_{R2}d_2}{2} \sin(\pi\kappa) & d_1 < d_2 \end{cases} \quad (2)$$

mit κ = Korrekturfaktor

α_{AM} = mittlerer Abwurfwinkel

α_{Ai} = Abwurfwinkel der Komponente i

κ = Konzentration

ρ_{Ri} = Reindichte der Komponente i

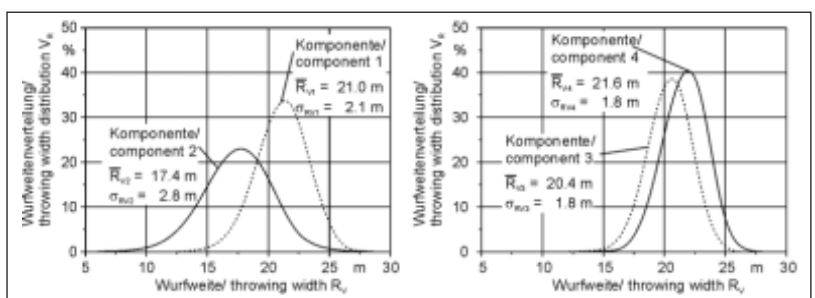
d_i = Korndurchmesser Komponente i

Nachdem der Dünger die Streuschaufel verlassen hat, ist eine Beeinflussung der Flugbahn nicht mehr möglich. Das Flugverhalten wird im Wesentlichen durch die Abwurfparameter (Geschwindigkeit und Richtung), die im Korn gespeicherte kinetische Energie und die Stoffeigenschaften (Korngröße, c_w -Wert, Dichte) beeinflusst.

Das Flugverhalten von Düngerkörnern lässt sich durch Differentialgleichungen be-

Bild 1: Wurfweitenverteilung

Fig. 1: Distribution of throwing widths



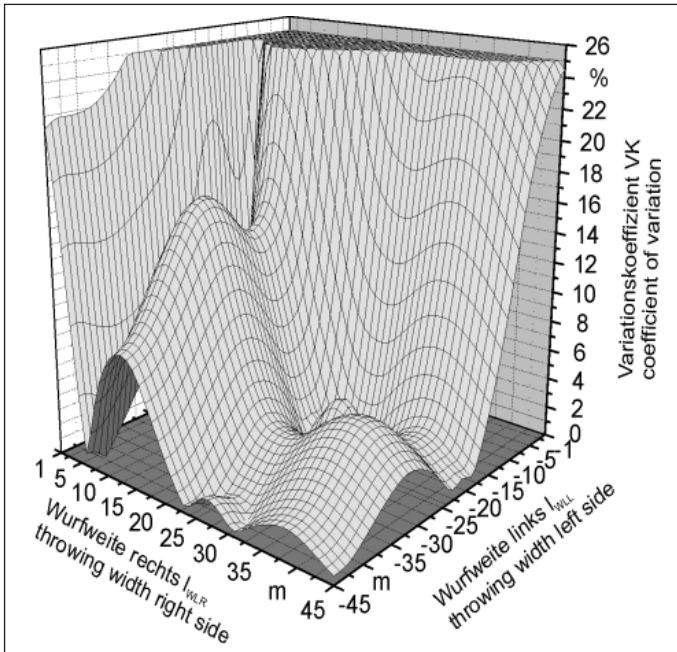


Bild 2: VK-Oberfläche eines dreieckförmigen Streubildes

Fig. 2: CV-surface of triangular spread pattern

schreiben. Mit ihnen kann diewurfweite berechnet werden (Gl. 3 und Gl. 4).

$$\ddot{R} = -\frac{c_w}{2m} \rho_L A_{Korn} \dot{R} \sqrt{\dot{R}^2 + \dot{z}^2} \quad (3)$$

$$\ddot{z} = -\frac{c_w}{2m} \rho_L A_{Korn} \dot{z} \sqrt{\dot{R}^2 + \dot{z}^2} + g \quad (4)$$

mit R = Wurfweite

z = Wurfhöhe

g = Erdbeschleunigung

c_w = Luftwiderstandsbeiwert

m = Kornmasse

ρ_L = Dichte der Luft

A_{Korn} = Angeströmte Fläche

Ausgehend von den in Laborversuchen bestimmten Stoffeigenschaften kann für potentielle Mischungskomponenten die Wurfweitenverteilung berechnet werden (Bild 1).

Empfindlichkeit von Düngerstreuern

Je nach konstruktiven Gegebenheiten der Düngerstreuer lassen sich unterschiedliche Streubildtypen erzeugen, die auf Änderungen der Stoffeigenschaften des Düngers mehr oder weniger empfindlich reagieren.

Bei den Zweischeiben-Zentrifugaldüngerstreuern sind dies [5]: dreieckförmige, trapezförmige, sinusförmige und trapezförmige Streubilder mit Sinusflanken.

Sowohl das dreieckförmige als auch das sinusförmige Streubild sind typisch für Zentrifugaldüngerstreuer bei kleineren Arbeitsbreiten und Düngern mit guten Flugeigenschaften.

Trapezförmige Streubilder findet man hingegen überwiegend bei Auslegerstreuern. Bei großen Arbeitsbreiten und Düngern mit schlechten Flugeigenschaften (kleine, leichte Körner) nähern sich die Streubilder von Zentrifugaldüngerstreuern zunehmend diesem Streubildtyp an.

Um den Einfluss von Änderungen in den Stoffeigenschaften auf die Querverteilung

beurteilen zu können, wurden für die verschiedenen Streubildtypen mathematische Beschreibungen aufgestellt.

Experimentelle Untersuchungen ergaben, dass unterschiedliche Stoffeigenschaften bei gleicher Maschineneinstellung hauptsächlich zu einer Änderung der Wurfweiten führen.

Für unterschiedliche linke und rechte Wurfweiten (l_{WR} und l_{WL}) des Gesamtstreubildes wurde mit Hilfe der mathematischen Beschreibungen der Variationskoeffizient berechnet, so dass sich eine Empfindlichkeitsoberfläche ergibt (Bild 2). Sie zeigt die Güte der Querverteilung für die möglichen Wurfweitenkombinationen eines Streubildes.

Ähnlich wie bei der Variationskoeffizient-Kurve [6] lässt sich die Empfindlichkeit eines Streubildes auf die Änderung von Stoffeigenschaften anhand von VK-Oberflächen abschätzen [5]. Unempfindliche Streubilder liegen vor, wenn sich der VK-Wert bei unterschiedlichen Wurfweiten (l_{WR} und l_{WL}) nur wenig ändert. Je empfindlicher ein

Streubild ist, desto schlechter lassen sich Mischdünger aus Komponenten mit unterschiedlichen Stoffeigenschaften mit guter Querverteilung ausbringen.

Versuchsdurchführung und Ergebnisse

In Streuversuchen mit Mischdüngern wurde die Nährstoffquerverteilung bei unterschiedlichen Arbeitsbreiten überprüft. Dazu mussten die auf dem Prüfstand aufgefangenen Düngermengen chemisch analysiert werden. Mischdünger, deren Mischkomponenten eine in Mittelwert und Standardabweichung übereinstimmende Wurfweitenverteilung hatten, konnten bei Arbeitsbreiten bis zu 36 m mit gleichmäßiger Nährstoffzusammensetzung über die gesamte Arbeitsbreite verteilt werden (Bild 3). Bei unterschiedlichen Wurfweitenverteilungen der Mischkomponenten kam es während der Flugphase zu Entmischungen.

Als Ergebnis lässt sich zusammenfassen: Je größer die Unterschiede in der Wurfweitenverteilung, desto kleiner sind die ohne Entmischung streubaren Arbeitsbreiten.

Ausblick

Für die Hersteller von Zentrifugaldüngerstreuern muss ein zukünftiger Entwicklungsschwerpunkt eine Maschine sein, die auch bei großen Arbeitsbreiten unempfindlich auf veränderte Stoffeigenschaften von Mineraldünger reagiert.

Die Betreiber von Düngermischanlagen müssen bei der Auswahl von Mischungskomponenten verstärkt auf die Flugeigenschaften der verwendeten Komponenten achten. Nur bei annähernder Übereinstimmung der Wurfweitenverteilung ergibt sich bei der Ausbringung von Mischdüngern mit Zentrifugaldüngerstreuern auf große Arbeitsbreiten eine gleichmäßige Nährstoffverteilung.

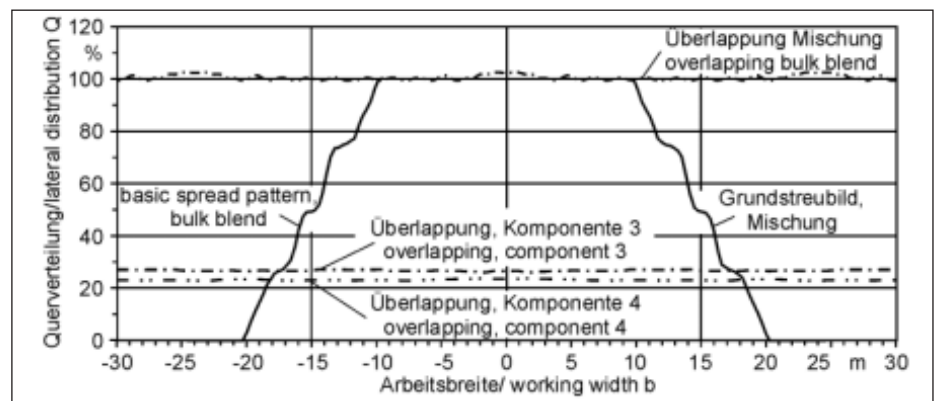


Bild 3: Streubild mit einer Arbeitsbreite von 30 m, gleichmäßige Nährstoffverteilung

Fig. 3: Spread pattern for a working width of 30 m, even nutrient distribution