

Hans-Werner Griepentrog, Kiel

## Teilflächenspezifische Düngung

### Welche Bedeutung haben Streubildcharakteristik und Arbeitsbreite ?

**Ziel der Applikation von Düngemitteln war bisher die möglichst einheitliche und gleichmäßige Düngung eines Schlages. Die teilflächenspezifische Düngung ändert diese Vorgabe völlig: Es soll eine variable und positionsabhängige Düngermenge ausgebracht werden. Bei dieser grundlegenden Änderung der Zielsetzung ist zu prüfen, welche Verteilqualität insbesondere hinsichtlich der Querverteilung bei variabler Mengenvorgabe erreicht werden kann.**

Eine wichtige Eigenschaft von Düngerstreuern ist eine hohe Dosier- und Verteilqualität. Dies ist deswegen von Bedeutung, weil Pflanzen ausreichend mit Nährstoffen zu versorgen und Verluste, das sind Düngemittel, die nicht von den Pflanzen aufgenommen werden, zu vermeiden sind.

Hinsichtlich der Potentialausnutzung und Optimierung der Düngewirkung wird heute aufgrund der komplexen pflanzenbaulichen Strategien eine möglichst genaue Ausführung der variablen Düngemengenvorgabe nach Applikationskarten verlangt, um einen günstigen Ertrag mit den positiven Wirkungen auf Ökonomie und Umweltschutz zu erzielen.

#### Potentialausnutzung

Vor dem Einsatz von teilflächenspezifischen Techniken ist unbedingt zu klären, ob überhaupt ein Potential vorhanden ist, das mit dieser Technik ausgeschöpft werden kann. Weiterhin sollte allgemein der Einsatz dieser Technik erst erfolgen, wenn die gesamte konventionelle Produktionstechnik und eine moderne Bestandesführung bereits optimiert sind: Die GPS-gesteuerte Technik kann eine fehlende gute fachliche Praxis nicht ausgleichen, vielmehr setzt die neue Technik eine solche unbedingt voraus.

Zur Abschätzung des Potentials der Düngereinsparung und Umweltentlastung sind die Schlag- und Standortbedingungen heranzuziehen. Das Potential ergibt sich aus der Heterogenität der Schlageigenschaften: Bei homogenen

Ausgangsbedingungen ist kein Potential vorhanden, während bei ausgeprägter Heterogenität das Potential am größten ist. Eine Definition der Heterogenität von Schlägen nach verschiedenen Merkmalen wäre wünschenswert. Erste Ansätze hierzu liegen vor [1].

Sehr heterogene Schläge erfordern eine stark differenzierende Düngung. Hierzu ist die Anlage komplexer Applikationskarten notwendig. Dies betrifft nicht nur die Höhe der Gesamtstreumenge, sondern insbesondere die Qualität der Flächenverteilung. Die Potentialausnutzung ist also gebunden an den Erfolg der Umsetzung von Applikationskarte zu Verteilergesamt.

#### Applikationskarten

Verwendet werden heute unterschiedliche Strukturen von Applikationskarten: Flächenraster mit Rastergrößen von 1/4 bis 1 ha und stetige Verteilungen mit Rastergrößen < 25 m<sup>2</sup>. Zum Einsatz kommen auch Fahrgassensysteme, die zunächst einmal veraltet erscheinen, aber in der Praxis Vorteile aufweisen.

Bei der Datenerfassung und -verrechnung zur Anlage einer möglichst genauen Applikationskarte stellt sich zwangsläufig die Frage, wie groß die notwendige Kleiräumigkeit sein muß [1].

Im Rahmen eines Projektes der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) zur teilflächenspezifischen Düngung wurden in Schleswig-Holstein in diesem Jahr mehrere Schläge mehrfach gedüngt und beim Mähdrusch eine Ertragskartierung durchgeführt. Für die N-Düngung wurden sämtliche Applikationskarten im Fahrgassensystem angelegt und so auch der Dünger ausgebracht. Der Vorteil dieser Vorgehensweise lag darin, daß in Querrichtung mit einer Auflösung von 24 m – identisch mit der Arbeitsbreite – gearbeitet wurde und in Längsrichtung die Wegauflösung bei einem Meter lag. Bei der Planung der Versuche wurde deutlich, daß für die zu düngenden Schläge, die für Ostholstein landeschaftstypisch sind, eine Rastergröße von 1/4 bis sogar 1 ha zu groß ist.

Ein wichtiges Kriterium zur Bewertung von Rastergrößen war dabei das Bodenrelief, das auf diesen Schlägen sehr ausgeprägt ist und in den Applikationskarten berücksichtigt werden mußte.

Aus diesen Erfahrungen erscheint eine Rastergröße von 20 x 20 bis 30 x 30 m als Obergrenze für diese Art von Schlägen sinnvoll, um das Potential, das sich aus diesen konkreten Schlagbedingungen ergibt, auszuschöpfen. Diese Abschätzung wird auch als erste Annäherung von [1] bestätigt.

#### Bestimmung von Mengenabweichung und Applikationsfehler

Bei der Düngerausbringung nach Applikationskarten ist die Verteilqualität von der Streubildcharakteristik der Streuer abhängig. Mit der Zielsetzung einer sehr gleichmäßigen Verteilung arbeiten Schleuderstreuer heute mit einer ein- bis zweifachen Überlappung in Querrichtung.

Um den Einfluß dieser Parameter auf das Verteilergesamt bei variabler Dosierung zu untersuchen, wurden mit Hilfe eines Computerprogramms [2] typische Streubilder wie Rechteckverteilung und Dreieckverteilung mit ein- und zweifacher Überlappung verwendet, um Applikationsfehler zu berechnen. Sie stellen Abweichungen des Verteilergesamtes von der Applikationskarte dar. Das Computerprogramm berechnet die Applikationsfehler in einem Raster von 1 m<sup>2</sup>. Für die Berechnungen wurde eine Applikationskarte eines Teilschlages von 24 ha verwendet (Bild 1).

Mit dieser Applikationskarte wurden die Gesamtstreumenge und die positiven als auch negativen Abweichungen von der Sollmenge für die drei Streubilder ermittelt. Die positiven und negativen Abweichungen ergeben sich aus der Unter- oder Überschreitung der Sollmengen innerhalb der Arbeitsbreite. Die Abweichungen werden geprägt von der Streubildcharakteristik und der Lage des Applikationsrasters zum Fahrgassensystem. Da hier nur Effekte in Querrichtung untersucht werden sollen, entspricht die dargestellte Applikationskarte einer Rastergröße von 24 x 24 m, obwohl in Längsrichtung eine höhere Auflösung dargestellt ist.

Für den ersten Fall, bei dem keine Verschiebung in Querrichtung zwischen Raster und Fahrgasse vorliegt – das Fahrgassensystem liegt exakt im Applikationsraster –, führt die Rechteckverteilung zu den geringsten Fehlern, während die

Dipl.-Ing. Dr. agr. Hans-Werner Griepentrog ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel (Direktor: Prof. Dr. agr. Edmund Isensee), Olshausenstr. 40 - 60, 24098 Kiel.

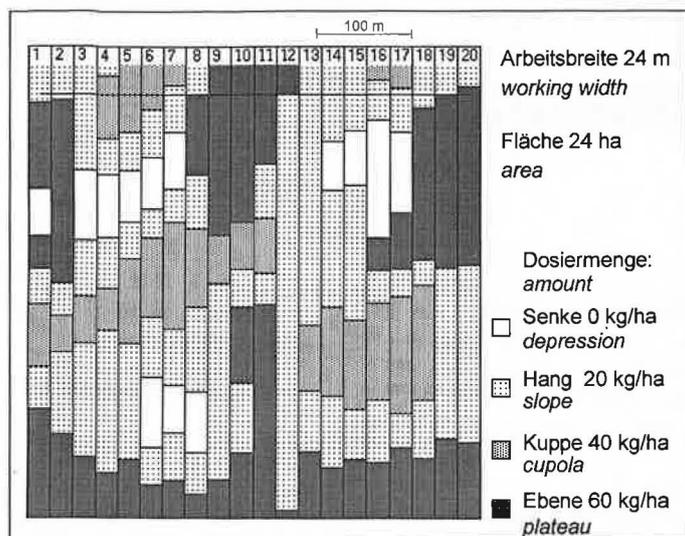


Bild 1: Applikationskarte eines Teilschlagelages als Grundlage für die Berechnungen der Applikationsfehler

Fig. 1: Application chart for a part-field as base for calculating application errors

Dreieckverteilungen bei 8 und 11 % liegen (Tab. 1). Zu beachten ist dabei, daß die auf den gesamten Schlag bezogenen Ausbringmengen sehr gut eingehalten werden.

Liegen Applikationsraster und Fahrgassensystem um 12 m in Querrichtung versetzt zueinander (Tab. 1), so steigen die Applikationsfehler auf Werte zwischen 15 bis 16 % an. Die Streubildcharakteristik hat in diesem Fall keinen Einfluß auf den Applikationsfehler.

Zur Interpretation der Werte sei darauf hingewiesen, daß die Applikationsfehler Nährstoffmengen angeben, die auf dem Schlag falsch verteilt werden, obwohl die Ausbringmenge insgesamt sehr gut eingehalten wird. Die Produktionstechnik ist also nicht in der Lage, die Dünge- oder Applikationskarte, die nach den pflanzenbaulichen und bodenkundlichen Erfordernissen angelegt wurde, präzise umzusetzen; insbesondere auch deswegen nicht, weil die Verteilungsvorgaben der Applikationskarte mit Sollwertsprüngen sehr schwierig umzusetzen sind, wenn Fahrgassensystem und Applikationsraster verschoben zueinander liegen.

Allgemein sind geringe Applikationsfehler anzustreben, um das Ziel der maximalen Potentialausnutzung der Düngewirkung zu erreichen.

### Verbesserungen durch Interpolationen

Die Applikationskarte übernimmt wie bereits erwähnt die Funktion der Sollmengenvorgabe. Es ergeben sich bei groben Rastern folglich an den Übergangsstellen der Dosierungsstufen mehr oder weniger stark ausgeprägte Sprungfunktionen. Da diese aus pflanzenbaulicher und bodenkundlicher Sicht in den meisten Fällen nicht dem Düngbedarf entsprechen, sollten Verteilungen angestrebt werden, die einen stetigen Übergang erlauben. Dies kann erreicht werden, indem die Sollwerte der benachbarten Fahrgassen

entsprechen. Werden Applikationskarten verwendet mit stetigen Verteilungen – Rastergrößen  $< 25 \text{ m}^2$  –, so sind fließende Übergänge hierin bereits enthalten.

Eine weitere Möglichkeit für größere Raster stellt die Interpolation der Sollmengen dar, wenn eine Rastergrenze in die Arbeitsbreite des Streuers fällt, wenn also eine Verschiebung zwischen Applikationskarte und Fahrgassensystem existiert.

Gelangt ein Streuer mit Positionierungssystem in diesen Übergangsbereich, so wird nicht der hohe oder der niedrige Sollwert am Streuer eingestellt, sondern ein positionsabhängiger, interpo-

interpoliert werden. Das Ergebnis sind fließende Übergänge, die eher den realen Gegebenheiten

Tab. 1: Mengenabweichungen und Applikationsfehler von unterschiedlichen Streubildern

Table 1: Rate deviation and application errors of different spreading patterns

Streubild	Verschiebung Raster zu Fahrgasse	Abweichung Soll- zu Istmenge	Applikationsfehler
Rechteck	0 m	0,5 %	1,8 %
Dreieck 1fach	0 m	-0,1 %	7,8 %
Dreieck 2fach	0 m	0,1 %	11,4 %
Rechteck	12 m	0,7 %	15,4 %
Dreieck 1fach	12 m	0,1 %	15,2 %
Dreieck 2fach	12 m	0,3 %	16,0 %

Tab. 2: Mengenabweichungen und Applikationsfehler von unterschiedlichen Streubildern mit Interpolationen zwischen Raster- und Fahrgassen-Sollwerten

Table 2: Rate deviations and application errors of different spreading patterns with interpolation between screen set points and tramline set points

Streubild	Verschiebung Raster zu Fahrgasse	Abweichung Soll- zu Istmenge	Applikationsfehler
Rechteck	0 m	0,6 %	7,2 %
Dreieck 1fach	0 m	0,0 %	0,4 %
Dreieck 2fach	0 m	0,2 %	3,6 %
Rechteck	12 m	0,5 %	7,8 %
Dreieck 1fach	12 m	0,2 %	7,2 %
Dreieck 2fach	12 m	0,5 %	7,8 %

lierter Wert aus beiden. Der Betrag des interpolierten Sollwertes ist dabei abhängig vom Abstand zur Sprungfunktion.

Berechnet man nun die Applikationsfehler für fließende Übergänge zwischen Fahrgassen und Rastergrenzen, so ergeben sich die in Tabelle 2 dargestellten Werte.

Für Applikationsraster, die nicht zum Fahrgassensystem versetzt angeordnet sind – also im Fahrgassensystem oder bei stetigen Verteilungen –, ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den Streubildern: Die Dreieckverteilungen weisen hier die geringsten Fehler auf. Die Dreieckverteilung mit einfacher Überlappung ist allen anderen überlegen, sie kann in diesem System also die besten Übergänge zwischen den Dosiermengen schaffen.

Diese Werte gelten ebenfalls für Applikationskarten mit stetigen Verteilungen, da hierbei fließende Übergänge bereits enthalten und Interpolationen von Sollwerten nicht nötig sind. Untersuchungen nach [3] zeigen ebenfalls, daß Dreieckverteilungen mit einfacher Überlappung stetige Applikationskarten mit dem geringsten Fehler umsetzen. Fahrgassensysteme und Applikationskarten mit stetiger Verteilung stellen hinsichtlich der Güte der Querverteilung ähnliche Systeme dar.

Betrachten wir die Systeme mit einer Verschiebung von 12 m und beiden Interpolationen, so ist kein Unterschied zwischen den Streubildtypen zu erkennen. Die Applikationsfehler haben sich jedoch, verglichen mit den Werten ohne Interpolationen, halbiert: sie liegen nur noch zwischen 7 und 8 %. Hierdurch wird deutlich, daß sich mit relativ kleinen Rastergrößen von 24 m deutlich schlechtere Werte der Querverteilung ergeben als mit stetigen Verteilungen oder Fahrgassensystemen.

### Literatur

- [1] Han, S.; J. Hummel, C. Goering und M. Cahn: Cell size selection for site specific crop management. Trans. of the ASAE, 37 (1994), no. 1, p. 19-26
- [2] Griepentrog, H.-W.: Spredning. Computerprogramm zur Berechnung von Abweichungen zwischen Applikationskarten und Verteilergebnissen. Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Universität Kiel, 1996, unveröffentlicht
- [3] Goense, D.: The precision of site specific fertilizer application, AgEng, Madrid, 1996, Paper 96A-027

### Schlüsselwörter

Teilflächenspezifische Düngung, Arbeitsbreite, Düngerstreuer, Querverteilung

### Keywords

Site specific fertilization, working width, fertilizer spreader, transversal distribution