



1. Prüfer: Prof. Dr. K.H. Köller
2. Prüfer: Prof. Dr. Oliver Hensel

Methode zur Berechnung und Optimierung der Mineraldünger- verteilung im Bereich eines rechtwinkligen Vorgewendes

Doktorarbeit vorgelegt von: Christian Thullner

Hohenheim, Dezember 2011

Zusammenfassung

Die Versorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen mit Nährstoffen erfolgt größtenteils mit festen mineralischen Düngemitteln. Für das Dosieren und Verteilung des Mineraldüngers im Feld steht als eine mögliche Technik der Zentrifugaldüngerstreuer zur Verfügung. Dieses Verfahren zur Ausbringung des Mineraldüngers, ist als schlagkräftig und kostengünstig zu bezeichnen. Die Erzielung einer guten Arbeitsqualität erfordert die Anpassung der Einstellungen des Zentrifugaldüngerstreuers auf die Arbeitsbreite und an die Mineraldüngersorte. Bedingt durch das charakteristische Streubild dieser Streutechnik, ergeben sich innerhalb des Feldes Bereiche mit einer hohen Variabilität der Mineraldüngerverteilung.

Die wichtigsten Feldbereiche in Bezug auf eine unzureichende Gleichmäßigkeit der Mineraldüngerverteilung wurden definiert. Diese sind als das rechtwinklige Vorgewende, das schiefe Vorgewende, die Keilform, der verringerte Fahrgassenabstand, das Hindernis und die Kurvenfahrt bezeichnet. Der Bediener des Zentrifugaldüngerstreuers muss entsprechend den vorkommenden Feldbereichen die Einstellung des Zentrifugaldüngerstreuers anpassen, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Mineraldüngers zu erzielen. Dabei fehlen dem Bediener Informationen über die räumliche Ausdehnung und die Verteilung des Mineraldüngers innerhalb des Streubildes, wodurch seine Entscheidungen über die Anpassung der Einstellungen des Zentrifugaldüngerstreuers auf Erfahrungswerten basieren.

Aufgrund dieser Tatsache wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Programm entwickelt, um die Verteilung des Mineraldüngers für ein rechtwinkliges Feld zu berechnen. Das Ziel war, die Verteilung des Mineraldüngers im Bereich eines rechtwinkligen Vorgewendes zu optimieren. Die Möglichkeiten der Optimierung bezogen sich auf die Ermittlung der optimalen Einschaltpositionen und Ausschaltpositionen für das Öffnen und Schließen der Dosierschieber zu Beginn und am Ende einer Streufahrt innerhalb des Feldes. Grundlage der Simulationen der Mineraldüngerverteilung waren 3D-Streubilder für die Mineraldüngersorten 60er Kali, Kalkammonsalpeter, Harnstoff und schwefelsaurer Ammoniak mit unterschiedlichen Arbeitsbreiten. Die Berechnung der Mineraldüngerverteilung im Feld erfolgte für unterschiedliche Kombinationen der Einschaltpositionen und Ausschaltpositionen innerhalb einer Simulation. Der Feldvariationskoeffizient war die Maßzahl zur Bewertung der Gleichmäßigkeit der Mineraldüngerverteilung.

Die ersten Berechnungen beschränkten sich auf die Darstellung der Mineraldüngerverteilung im Feld unter Verwendung vorgegebener Schaltpositionen. Durch theoretische Überlegungen, basierend auf den gewonnen Erkenntnissen, wurden fünf mögliche Einflussfaktoren auf die Schaltpositionen ermittelt. Diese waren die Arbeitsbreite, die Fahrgeschwindigkeit, die Mineraldüngersorte, die Wurfscheibe und die Dosierschieberstellung. Im Rahmen der weiteren Simulationen fand die Variation der einzelnen Einflussfaktoren innerhalb der jeweilig als sinnvoll erachteten Grenzen statt. Die berechneten Schaltpositionen aus den Simulationen zeigten erkennbare Zusammenhänge zwischen den Einflussparametern und den resultierenden Schaltpositionen.

Die Datengrundlage zur Modellierung der Schaltpositionen stellten die Ergebnisse aus den Simulationen dar. Anhand der Modelle ist es möglich, die Schaltpositionen in Abhängigkeit der zu beachtenden Einflussfaktoren zu berechnen. Für die Einschaltpositionen und Ausschaltpositionen wurde jeweils ein

Modell zur Berechnung der entsprechenden Schaltposition erarbeitet und validiert. Mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,99 nur die Einschaltpositionen und 0,95 nur die Ausschaltpositionen ergaben die Modelle eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen den optimalen Schaltpositionen, welche durch die Simulationen ermittelt wurden und den Schaltpositionen, welche durch das entsprechende Modell geschätzt wurden.

Die Einteilung der ausgebrachten Mineraldüngeremenge in Klassen ergab die Möglichkeit, die Flächenanteile eines Feldes in Abhängigkeit der Mineraldüngeremenge zu bestimmen und damit die Güte der Verteilung des Mineraldüngers zu bewerten. Für jede Mineraldüngersorte wurden an einem Beispiel die Verteilung des Mineraldüngers im Feld sowie die entsprechenden Flächenanteile grafisch dargestellt. Die Darstellungen der Verteilung des Mineraldüngers nur ein rechtwinkliges Feld zeigten unter Verwendung der optimalen Schaltpositionen eine zufriedenstellende Mineraldüngerverteilung. Die berechneten Feldvariationskoeffizienten variierten zwischen 11 % nur die Mineraldüngersorten Kalkammonsalpeter und schwefelsaurer Ammoniak und 12% nur den 60er Kali und Harnstoff.

Abschließend folgten Untersuchungen, welche den Einfluss einer Abweichung der Schaltpositionen auf die Verteilung des Mineraldüngers im Feld für jeweils eine Arbeitsbreite und Mineraldüngersorte aufzeigten. Die Bewertung der Mineraldüngerverteilungen erfolgte durch den Feldvariationskoeffizienten und die Flächenanteile mit einer bestimmten Mineraldüngeremenge. Im Vergleich haben die Einschaltpositionen tendenziell einen größeren Einfluss auf eine gleichmäßige Mineraldüngerverteilung als die Ausschaltpositionen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine mögliche Alternative, die Berechnung der Mineraldüngerverteilung durch Simulationen, zu arbeitsintensiven und kostenintensiven Feldversuchen für die Optimierung der Mineraldüngerverteilung im Feld vorgestellt. Die ersten Ansätze und die daraus resultierende Ergebnisse lassen das Potential dieser Methode erkennen. Aufgrund dessen kann die Empfehlung gegeben werden, für die weiteren Feldbereiche mit einer hohen Variabilität der Mineraldüngerverteilung entsprechende Simulationen zur Abbildung der Mineraldüngerverteilung zu erstellen und daraus die jeweiligen Einflussfaktoren abzuleiten.