

# Methode zur Streubildkontrolle bei Wurfstreuern

Bei der Ausbringung von Minereraldüngern kommt es maßgeblich auf eine gleichmäßige Verteilung auf der Fläche an. Zur Kontrolle des Streubildes - bislang mit aufgestellten Prüfschalen - könnte mit Hilfe der digitalen Bildverarbeitung die Arbeitsqualität bei der Minereraldüngung kontinuierlich und ohne Zeitversatz kontrolliert und bei Abweichungen ein Regelsignal ausgegeben werden. Es werden Untersuchungsergebnisse zum Einfluss der Beschaffenheit der Düngerkörner und der Umweltbedingungen auf die Wiederfindungsrate vorgestellt.

Dr. Oliver Hensel ist Lehrbeauftragter und externer Habilitand am Lehrgebiet "Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion" (Prof. Dr. K.H. Köller) an der Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; e-mail: [hensel@uni-hohenheim.de](mailto:hensel@uni-hohenheim.de)

Referierter Beitrag der **LANDTECHNIK**, die Langfassung finden Sie unter **LANDTECHNIK-NET.com**.

## Schlüsselwörter

Düngerstreuer, Streubild, digitale Bildverarbeitung, Regelkreis

## Keywords

Granular broadcast spreader, spread pattern, digital image processing, closed-loop control

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 03108 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Neueste Entwicklungen der Düngerstreuerhersteller erlauben durch Wiege- und Durchfluss-Messsysteme die exakte Kontrolle der momentan ausgebrachten Düngermenge [1]. Eine Aussage über die erreichte Verteilgenauigkeit oder zumindest das Einhalten der Arbeitsbreite erhält der Fahrer aber nicht, obwohl Einflussfaktoren wie Witterung, Bodenbeschaffenheit oder schwankende Düngereigenschaften das Streuergebnis insbesondere bei Wurfstreuern erheblich beeinflussen können. Zur Aufnahme des Streubildes steht den Prüfstellen und dem Landwirt lediglich das System der Auffangschalen mit anschließender Rückwägung zur Verfügung, das einen hohen Aufwand erfordert und beim Feldeinsatz durch den zeitlichen Versatz auch keine unmittelbare Reaktion des Fahrers auf Abweichungen ermöglicht [2]. Untersucht werden soll daher, inwieweit mit Hilfe der digitalen Bildanalyse ein neues automatisiertes Prüf- und Auswerteverfahren entwickelt werden kann, das gegebenenfalls neben der nachträglichen Kontrollfunktion den Aufbau eines Regelkreises zur hochpräzisen Ausbringung von Mineraldüngern ermöglicht.

## Vorgehensweise

Mit Hilfe der digitalen Bildverarbeitung können Bilder einer Feldoberfläche analysiert und aufliegende Objekte wie Düngerkörner anhand von spezifischen Differenzierungsmerkmalen wie Kornfarbe, Größe und Objektform von

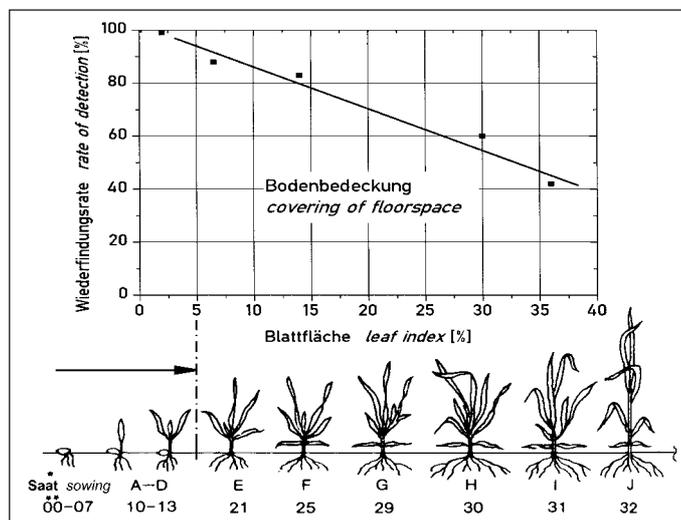
Bodenpartikeln und Pflanzenteilen unterschieden werden. Die sichere Identifizierung und damit die Wiederfindungsrate wird von Umweltbedingungen wie Bodenbeschaffenheit, Lichtverhältnissen und Bewuchs beeinflusst. Um die erreichbare Genauigkeit eines solchen Systems abschätzen zu können und eine geeignete Aufnahmetechnik zu erarbeiten, wurden Versuche unter Variation der Parameter "Kornbeschaffenheit" und "Umweltbedingungen" unter Laborbedingungen und im Freiland durchgeführt.

## Material und Methode

Die Aufnahmen erfolgten mit einer in einer Höhe von 0,5 m senkrecht über der Bodenoberfläche positionierten Digitalkamera bei einer Auflösung von 4 Millionen Pixel, die Auswertung über das Bildverarbeitungsprogramm OPTIMAS. Im Sucherfeld der Kamera (660 cm<sup>2</sup>) wurden jeweils 30 Körner verschiedener Düngerarten ausgelegt, was einer der Praxis angenäherten Düngergabe von rund 400 kg/ha entspricht. Untersuchte Dünger waren weitverbreitete Standardsorten, die sich in Farbe und Form unterscheiden: Neben Kalkammonsalpeter (KAS) wurde der farblich abweichende NPK-Universaldünger "Blaukorn", weiterhin eigens für Versuchszwecke verschieden eingefärbter KAS sowie ein sich durch seine kantige

Bild 1: Abhängigkeit der Wiederfindungsrate vom Bodenbedeckungsgrad und Bezug zur BBCH-Skala

Fig. 1: Dependence of the rate of detection and soil covering degree and relation to the BBCH plant growth scale



Kornform auszeichnender Kaliumsulfat-Dünger verwendet. In Voruntersuchungen wurde der Einfluss verschiedener Lichtquellen (Tageslicht, unterschiedliche Kunstlichtquellen mit 3200 K bis 5600 K) bestimmt und ein Aufnahmemodus mit frontal ausgerichtetem Blitzlicht (Leitzahl 40, automatische Belichtung, Farbtemperatur 5600 K) festgelegt. Neben Aufnahmen auf unbewachsenem feinkrümeligen Boden (mittlere Aggregatgröße 10 mm) wurden Bilder unter Variation der Faktoren "Bodenfeuchte" (1 und 15 Gew.-%), "Klutenanteil" (mittlere Größe 50 mm), "Bewuchs" (Gerste und Weizen im 1-, 3-Blattstadium sowie Bestockung) und "Mulchauflage" (gehäckseltes Stroh, Bedeckungsgrad 60%) angefertigt.

### Ergebnisse

Bei Bodenverhältnissen, die eingesäten Ackerflächen bei Sommergetreide entsprachen, konnten alle Düngerkörner von der Bildverarbeitung ermittelt und damit eine Wiederfindungsrate von 100 % erreicht werden. Dieses Ergebnis wurde sowohl bei niedriger, als auch bei hoher Bodenfeuchte mit dunklerem Farbton der Bodenoberfläche erreicht. Bei extremen und in der Praxis so nicht vorkommenden klutigen Bodenverhältnissen war jedoch zu beobachten, dass bis zur Hälfte der ausgebrachten Körner verdeckt und selbst für das menschliche Auge nicht mehr zu erkennen waren. Von den noch sichtbaren Körnern konnte die Bildverarbeitung zwischen 58 und 100 % der Körner detektieren, wobei die farbigen Düngersorten besonders hohe Wiederfindungsraten ermöglichten. Ähnliche Ergebnisse waren auch bei den Versuchen mit Mulchauflage zu erreichen. Hier waren nur etwa zwei Drittel der ausgebrachten Körner für das menschliche Auge noch zu erkennen und nicht von Stroh überdeckt. Die noch sichtbaren und farbigen Düngerkörner wurden von der Bildverarbeitung vollständig erkannt, die nicht farbmarkierten konnten jedoch überhaupt nicht ermittelt werden.

Auch bei bewachsenem Boden wurde in Abhängigkeit vom Wuchsstadium eine zunehmende Anzahl von Körnern von Pflanzenteilen verdeckt und damit die Auswertung erschwert. Dennoch konnte ein Großteil der ausgebrachten Körner erkannt werden: Bei beiden Getreidearten waren im 1-Blattstadium alle Körner mit dem Auge erkennbar und konnten auch von der Bildverarbeitung vollständig ermittelt werden. Bereits im 3-Blattstadium waren nur noch etwa 90% der Körner sichtbar, konnten aber unabhängig von ihrer Farbe und Form dann zu 100% erkannt werden. Im Stadium der Bestockung waren für das menschliche Auge nur noch etwa zwei Drittel der Körner zu se-

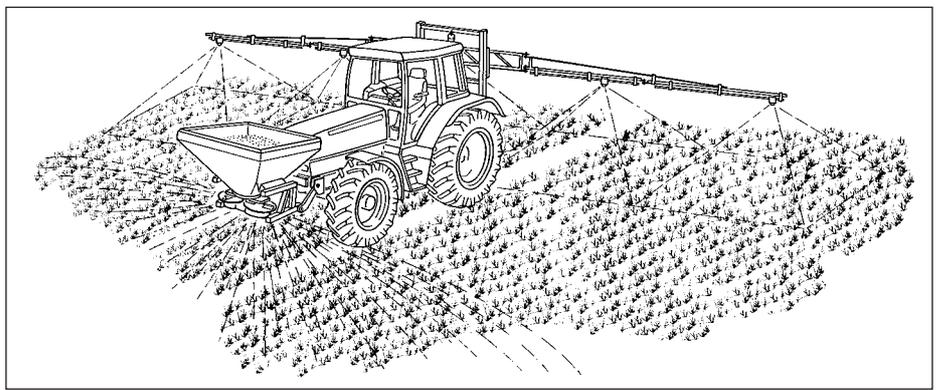


Bild 2: Vorschlag für ein selbstregelndes Streusystem

Fig. 2: Proposal for a closed-loop control spreading system

hen. Von diesen konnte die Bildverarbeitung in Abhängigkeit von der Farbe und Düngertyp zwischen 45 und 100% ermitteln, wobei auch hier farbige Körner vollständig erkannt wurden.

### Bewertung

Die Identifizierung der Düngerkörner kann allein durch die Wahl eines geeigneten Farbschwellenwertes erfolgen. Durch zusätzliche Berücksichtigung der weiteren möglichen Unterscheidungsmerkmale "Größe" und "Form" wurde keine Verbesserung der Wiederfindungsrate erreicht. Ähnlich dem menschlichen Auge kommt es darauf an, dass ein Düngerkorn zumindestens teilweise optisch sichtbar ist und nicht überdeckt wird. Auf eingesäten Böden ist die Bildauswertung in der Lage, alle Düngerkörner vollständig zu identifizieren. Erst mit zunehmender Überdeckung der Körner vor allem durch heranwachsende Vegetation steigt die Fehlerquote an. Hier ist dann für die Erkennung ein möglichst hoher farblicher Kontrast zwischen Düngerkörnern und Boden entscheidend. Dabei erweist sich als vorteilhaft, dass die Düngemittelindustrie neben traditionell eingefärbten Standarddüngern wie "Blaukorn" zunehmend aus Marketinggründen weitere farblich markierte Dünger auf den Markt bringt [3]. Bei Verwendung farbneutraler Düngersorten müssen die Bestrebungen zum Erreichen eines möglichst hohen Kontrastes bei der Aufnahme gehen. Dabei sind über den Faktor "Farbe" hinaus auch andere kontraststeigernde Bild-Aufnahmeverfahren denkbar: Erste orientierende Versuche unter UV-Licht, das durch die besonderen Eigenschaften der in industriell gefertigten Düngern enthaltenen Füllstoffe wie Kalkmergel eine einfache fotografische Unterscheidung von Düngerkörnern und Bodenpartikeln möglich macht, sowie mit einer Wärmebildkamera, die den fast immer vorhandenen Temperaturunterschied zwischen Boden und Düngerkörnern ausnutzt, zeigten bereits einen erfolgversprechenden Ansatz. Sind Körner beispielsweise durch extreme Klutenbildung vollständig überdeckt, so ist keine Identifizierung möglich; hier müsste

eventuell der Einsatz eines Stereo-Aufnahmeverfahrens geprüft werden.

### Schlussfolgerungen

Prinzipiell ist es demnach möglich, mit einer Bildverarbeitung ausgebrachte Düngerkörner automatisiert zu erkennen und deren Anzahl als Regelgröße auszugeben. Mit steigender Überdeckung vor allem durch heranwachsende Vegetation sinkt die Genauigkeit des Systems. Die Wiederfindungsrate lässt sich als Funktion des Bodenbedeckungsgrades darstellen und die verdeckende Blattfläche kann in Bezug zur BBCH-Skala der Entwicklungsstadien von Getreide gesetzt werden (Bild 1).

Legt man beispielsweise eine geforderte Wiederfindungsrate von 95% zugrunde, so kann das System bis zu einer Bodenbedeckung durch Blattmasse von etwa 5% eingesetzt werden (Stadium BBCH 17).

### Ausblick

Neben dem Einsatz in der Versuchstechnik dürfte auch die Entwicklung eines selbstregelnden Systems für den allgemeinen Praxiseinsatz möglich sein, bei dem beispielsweise ein Düngerstreuer im Frontanbau geführt und das Streuergebnis durch ein im Traktorheck angebautes Kamerasystem mit geringer Zeitverzögerung überprüft wird (Bild 2).

Dabei können mehrere an einem Gestänge geführte Kameramodule die gesamte Streubreite aufnehmen. Mit Hilfe der Bildverarbeitung ist nicht nur die Anzahl der ausgebrachten Düngerkörner bestimmbar, sondern es liegt auch die exakte Position eines jeden Kornes in Form von x/y - Koordinaten vor. Durch Klassenbildung kann damit über einen einfachen Rechenschritt ein Streubild generiert werden, das unmittelbar eine Bewertung des Arbeitsergebnisses möglich macht. Durch eine Anzeige der Abweichung vom Sollwert würden dem Fahrer so Informationen über die erreichte Streuqualität zur Verfügung stehen und es kann über eine Regelstrecke die Maschineneinstellung automatisch korrigiert werden.