

Vergleich von Sensorsystemen für die N-Düngung

Die vorgestellten Systeme (Luftbild, Crop-Meter und N-Sensor) spiegeln die natürlich existierende Heterogenität im Boden und in der Bestandesentwicklung wider. Spezifischer als Fernerkundungs-Systeme sind die Echtzeit-Systeme, da hier in einem Arbeitsgang Messung, Berechnung und Applikation erfolgen. Im Vergleich untereinander gibt der N-Sensor die Unterschiede im Bestand präziser wieder. Neben der teilflächenspezifischen Düngung ist eine lückenlose Dokumentation der Bestandesentwicklung möglich. Der Nutzen der teilflächenspezifischen Anpassung kann je nach Produktionsintensität und Jahr von einer N-Einsparung bis hin zur Ertrags- und Qualitätssteigerung einzelner Teilflächen oder des ganzen Schlags führen.

Dr. sc. agr. Yves Reckleben ist Assistent am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik (Leitung: Prof. Dr. E. Isensee) der CAU Kiel, Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel; e-mail: yreckleben@ilv.uni-kiel.de

Schlüsselwörter

Sensorsysteme zur Bestandesführung, teilflächenspezifische N-Düngung

Keywords

Sensor systems, crop control, site-specific N-fertilisation

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05315 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Die Entwicklung des Pflanzenbestandes hängt von vielen Faktoren (Boden, Nährstoffversorgung, Witterung) und deren Wirkintensität ab und drückt sich in unterschiedlichem Ertrag und Proteingehalt aus.

Die gezielte Ausnutzung der Information des Bodens oder des Pflanzenbestandes zur Ableitung produktionstechnischer Maßnahmen hat in den letzten Jahren zu einer steten Verbesserung der Ergebnisse und schließlich der Produktionstechnik geführt. Die Unterschiedlichkeit der Bestandesentwicklung und schließlich des Ertrages ist Ursache und Ausgangspunkt einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung [1]. Gerade die Information über den Entwicklungszustand des Bestandes ist für die Stickstoffdüngung seit jeher von Bedeutung. Die Höhe der N-Gabe korreliert mit der Ertragserwartung, diese wiederum mit dem Ertragspotenzial des Bodens [2]. Dessen Heterogenität erfordert eine teilflächenspezifische Düngung.

Die gezielte Ausnutzung der Information des Bodens oder des Pflanzenbestandes zur Ableitung produktionstechnischer Konsequenzen hat in den letzten Jahren dazu geführt, Methoden zur differenzierten Bestandesführung zu entwickeln und zu erproben. Das sind theoretische Modelle und Sensoren, die direkt die Heterogenität des Bestandes erfassen.

Es gibt derzeit verschiedene sensorbasierte Systeme am Markt. Hierbei ist in Fernerkundungs- (Offline) und am Traktor montierte Echtzeitsysteme (Online) zu unterscheiden [3] (Bild 1).

Zur Saison 2004 wurden am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik in einem ersten Versuch verschiedene Systeme auf ihre Funktionsweise und Praktikabilität hin untersucht. Hierbei standen nicht die Dünge- und Ertragsergebnisse, sondern vielmehr die unterschiedlichen Messwerte des konstant gedüngten Weizens im Vordergrund. Das Luftbildsystem „Loris-Maps“, der Pendelsensor „Crop-Meter“ und der „N-Sensor“ sollten miteinander verglichen werden. Alle drei Systeme sind bereits in den Markt eingeführt und können so für eine bedarfsgerechte N-Düngung genutzt werden. Alle Systeme erfassen unterschiedliche Informationen (Farbe, Biege widerstand und



Bild 1: Pendel-Sensor und N-Sensor am Traktor montiert

Fig. 1: Pendulum-sensor and N-Sensor on a tractor

N-Aufnahme) und nutzen diese für eine Düngeempfehlung. Daher sollen die Systeme zunächst einzeln betrachtet werden.

Das Luftbildsystem Loris-Maps

Ist von der finnischen Düngemittelfirma Kemira für den norddeutschen Raum entwickelt worden und umfasst eine Befliegung im Frühjahr und die Interpretation des Luftbildes für die Applikation. Ab einem Entwicklungsstadium von EC 25 und klarer Sicht wird mit Infrarot-Bildern die Biomasse erfasst. Die Biomasse wird dann mit Informationen des Standortes und des Landwirtes (Boden und Ertragserwartung) verknüpft. In Bild 2 ist die relative Biomassekarte von Kemira auf dem eigenen Versuchsschlag dargestellt.

Die Auflösung der Luftbilder beträgt rund 3*3 m je Pixel und der gesamte Schlag kann erfasst werden. Daraus werden dann Bereiche mit ähnlichen Bestandeseigenschaften zu Zonen zusammengefasst - für die dann die Maßnahmenplanung (N-Düngung,

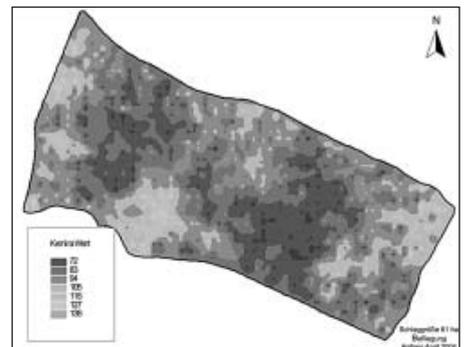


Bild 2: Biomassekarte (relativ) von KEMIRA

Fig. 2: Biomass map (relative) (KEMIRA)

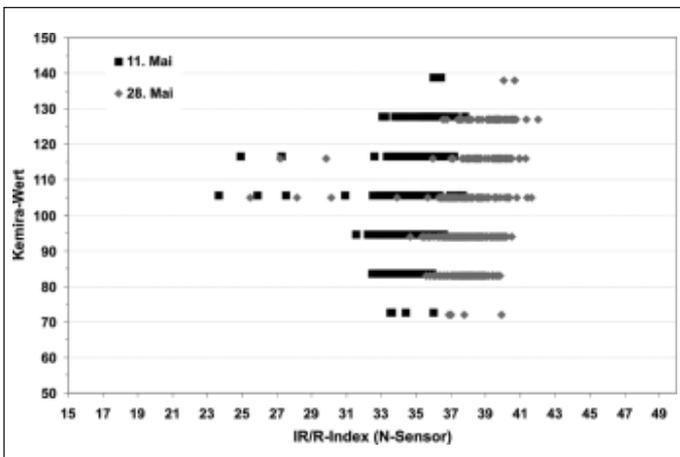


Bild 3: Kemira im Vergleich zu N-Sensor an zwei Messterminen

Fig. 3: Kemira versus N-Sensor at two measurement times

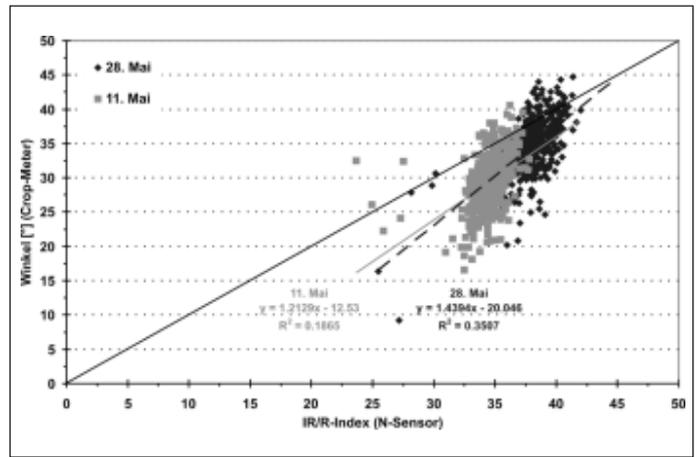


Bild 5: Crop-Meter im Vergleich zum N-Sensor (15 m Raster, Winterweizen)

Fig. 5: Crop-Meter versus N-Sensor (15 m grid, winter wheat)

Halmstabilisator und Fungizidanwendung) zusammen mit dem Landwirt erfolgt. Jeder Zone wird eine Ausbringungsmenge für die nachfolgenden Maßnahmen (N2, N3 und Pflanzenschutz) zugeordnet. Der Fokus für die Stickstoff-Düngung liegt nach Angaben des Herstellers auf der N2-Gabe, da diese dem Befliegungstermin am nächsten folgt. Soll eine qualitätsbetonte Düngung zu N3 oder N4 erfolgen, so sind für die hinreichende Berücksichtigung der aktuellen Bestandesentwicklung weitere Befliegungen nötig.

Interessant wird es, die Kemira-Werte mit denen des N-Sensors zu vergleichen. Die Befliegung fand naturgemäß vor der N2-Gabe statt, der N-Sensor nahe den Terminen von N2 und N3. In Bild 3 fällt die recht breite Streuung der Werte auf.

Beim gleichen Kemira-Wert schwankt der IR/R-Index um 2 bis 3, also 10%. Der IR/R-Index berechnet sich aus den Wellenlängen 780/680. Hierbei werden die typischen Bereiche der starken Chlorophyllabsorption (680 nm) und Blattreflexion (780 nm) benutzt. Durch die Quotientenbildung tritt eine positive Korrelation zum Blattflächenindex und Chlorophyllgehalt auf. Die Werte des Infrarot-zu-Rot Indexes reichen von 1 (nackter Boden) über 3 (vereinzelt Pflanzen) bis hin zu 50 (sehr dichter Bestand) [4]. Beim gleichen Index variiert der Kemira-Wert um $\pm 30\%$, was auf ein Auseinanderwachsen des

Bestandes zwischen Befliegung und Messung mit dem N-Sensor schließen lässt.

Die Echtzeitsensoren Crop-Meter und N-Sensor sind nach der Kalibrierung in der Lage, den aktuellen Bestand viel kleinräumiger zu erfassen, also differenzierter die Düngung zu dosieren.

Der Pendelsensor „Crop-Meter“

wurde vom ATB in Potsdam entwickelt und wird nunmehr im zweiten Jahr von den Firmen AGROCOM und Mueller Elektronik zur Bestandesführung angeboten. Der Pendel ist im Frontanbau montiert und erfasst den Biege widerstand durch Auslenkung des Pendels im Bestand innerhalb der Fahrgasse. Je höher der Widerstand, desto mehr Biomasse ist vorhanden [5]. Als Einsatztermin wird ein Entwicklungsstadium von mindestens EC 34 angegeben. Die Einflussgröße Fahrgeschwindigkeit wird nach Herstellerangabe inzwischen vom Programm berücksichtigt. Sie hat sich in den Versuchen nur geringfügig ausgewirkt: statt 10 km/h nur 5 km/h bedeutete 6% geringere Auslenkung des Pendels und umgekehrt 5 km/h mehr, also 15 km/h, erhöhte den Wert um 3%. Die Höhe des Pendels im Bestand wird zum Düngetermin eingestellt und fixiert, dabei ist auf die exakte Einstellung der vom Hersteller empfohlenen Höhe zu achten. Die Be-

deutung einer exakten Höhenführung am Gerät wird klar, da im Versuch die Höhe und damit die wirksame Hebellänge um ± 10 cm verändert wurde (Bild 4). Der Traktor fuhr durch zwei Fahrgassen des gleichen Bestandes mit 10 km/h. Danach ändert sich die Auslenkung des Pendels um 1 oder 4 % je 1 cm Höhendifferenz (Bild 4).

Der N-Sensor, von Hydro-Agri jetzt YARA entwickelt, wird seit der Düngesaison 2000 von der Firma AgriCon angeboten. Der Sensor ist auf dem Traktordach montiert und erfasst das Reflexionssignal des Bestandes und die Intensität des aktuell einfallenden Lichtes. Daraus werden für jede Messung ein Reflexionsspektrum und dann einzelne Reflexionsindizes für die N-Versorgung und Biomasse berechnet, die dann für eine Düngempfehlung genutzt werden. Dem N-Sensor sind als einzigem „Online“-System vom Hersteller verschiedene Regelfunktionen hinterlegt, die je nach Fruchtart und Entwicklungsstadium die Ergebnisse aus einer Vielzahl von N-Steigerungsversuchen repräsentieren. Durch die Kalibrierung am Feld ist nur die Regelfunktion (guter Bestand viel oder wenig Dünger), das Düngenniveau und der Arbeitsbereich (Min- und Max-Düngermenge) festzulegen. Die Kalibrierung zum Düngetermin ist bei allen Sensoren nötig.

Da der N-Sensor seit nunmehr fünf Jahren in die Praxis eingeführt ist, dient er als Vergleichsmaßstab für die anderen Systeme. Die Gegenüberstellung von Daten des N-Sensors mit dem Crop-Meter beruht auf einem gemeinsamen Raster von 15 m. Alle Daten der beiden Messtermine sind in Bild 5 dargestellt. Sie müssten eigentlich an der durchgezogenen Winkelhalbierenden liegen. Tatsächlich fällt das Bestimmtheitsmaß der Punkte auf: bei gleichem IR/R-Index streut die Auslenkung von etwa 25 bis 45°, also $\pm 30\%$ vom Mittelwert. Bei gleicher Stellung des Pendels variieren die Werte des N-Sensors zwischen 35 und 40, im Mittel also um $\pm 10\%$. Die Bedeutung liegt hier wie bei allen Systemen darin, dass die 10% des einzelnen Wertes zugleich eine Änderung der N-Gabe bedeutet.

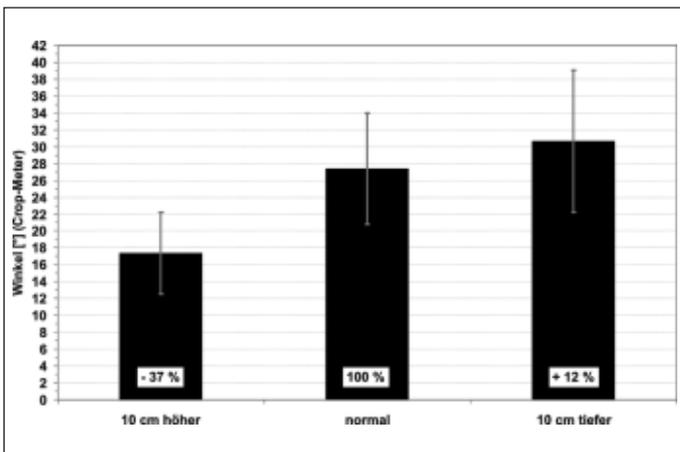


Bild 4: Einfluss der Pendelhöhe im gleichen Bestand und bei konstanter Fahrgeschwindigkeit (10 km/h, Mittelwert aus zwei Fahrgassen mit je 700 m)

Fig. 4: Different pendulum heights in the same population and constant driving speed (10 km/h, average of two tramlines, each 700m length)