

# Erfahrungen mit der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung

Die Technik der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung ermöglicht die Ermittlung des Stickstoffbedarfes der Pflanzen und die Applikation in einem Arbeitsgang. Mit Hilfe von optischen Sensoren wird dabei der Pflanzenbestand gemessen und diese Daten in eine Streumenge umgerechnet. Der Messwert gibt dabei nicht direkt den Stickstoffbedarf an, sondern Informationen über Chlorophyllgehalt der Blätter und Pflanzendichte. Diese Eigenschaften müssen entsprechend der pflanzenbaulichen Empfehlungen in eine Applikationsmenge umgesetzt werden – das System muss kalibriert werden. Dieser Vorgang und die damit verknüpften Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

Dipl. Phys. Eiko Thiessen ist Mitarbeiter am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel (Dir.: Prof. Dr. E. Isensee), Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel; e-mail: [ethiessen@ilv.uni-kiel.de](mailto:ethiessen@ilv.uni-kiel.de)

## Schlüsselwörter

Sensor, Stickstoffdüngung, teilflächenspezifisch

## Keywords

Sensor, nitrogen application, site-specific

## Danksagung

Gefördert durch das Stipendienprogramm der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

Literaturhinweise sind unter LT 01414 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Als Steuergröße wird für die Stickstoffapplikation der Wendepunkt vom Rot zu Infrarot (Anstieg) des Reflexionsspektrums verwendet. Dieser Reflexionsindex zeigt eine positive Korrelation zu der Stickstoffversorgung, da er mit der Chlorophyll-

konzentration je Bodenfläche korreliert [1].

Eine genauere Beschreibung des fahrzeuggestützten Systems und die optischen Eigenschaften von Pflanzenbeständen finden sich in [2]. Grundidee ist, unterversorgten Pflanzenstellen, die einen niedrigen Re-

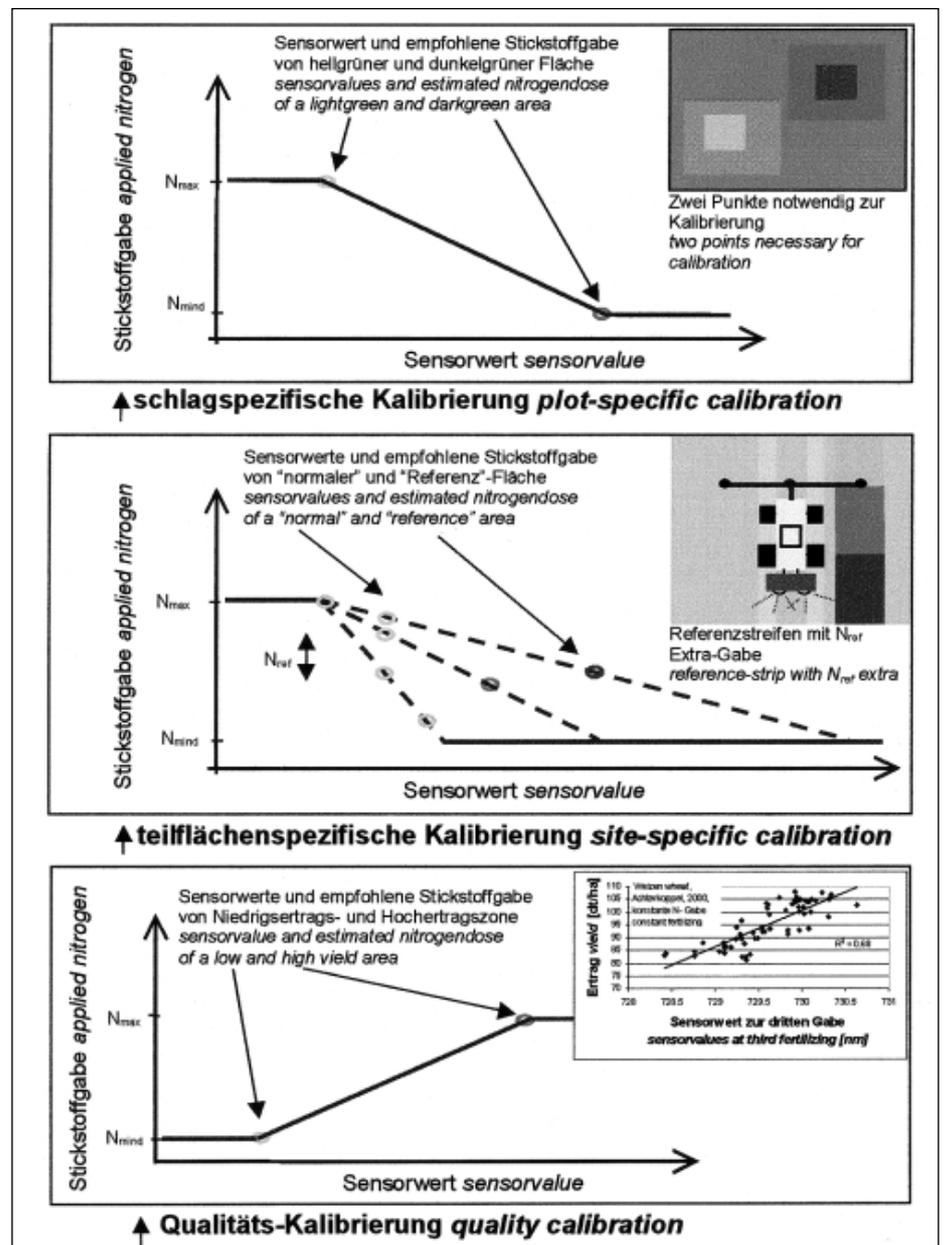


Bild 1: Unterschiedliche Kalibrierungen der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung

Fig. 1: Different sensor calibrations for sensor controlled nitrogen-fertilising

Frucht/Strategie	Ertrag [dt/ha]	Stickstoff Gesamtaufwand [kg/ha]	Produktivität [kg/kg]
<b>Wintergerste, Kronskoppel 2000 Kernzone je 1 ha</b>			
Konstante Düngung N1: 87 kg / ha N2: 40 kg / ha N3: 60 kg / ha	90. 0 ±6. 9	187 ±0	48 ±3
Sensorgesteuerte Düngung N1: konstant, 87 kg / ha N2 und N3: schlageinheitliche Kalibrierung	91. 1 ±7.9	175 ±11	52 ±6
Sensorgesteuerte Düngung N1: konstant, 87 kg / ha N2: teilflächenspezifische Kalibrierung N3: schlageinheitliche Kalibrierung	90. 0 ±6. 2	183 ±12	49 ±5
<b>Winterweizen, Achterkoppel 2000 Kernzonen 2. 5 bzw. 1 ha</b>			
Sensorgesteuerte Düngung N1: konstant, 90 kg / ha N2: teilflächenspezifische Kalibrierung N3: Qualitäts-Kalibrierung	94. 3 ±12	188 ±16	50 ±8
Konstante Düngung N1: 90 kg / ha N2: 67 kg / ha N3: 70 kg / ha	96. 7 ±12	227 ±0	43 ±5

Tab 1: Ertrag und Stickstoffaufwandsmenge der Versuchsvarianten. Angegeben ist jeweils der Mittelwert und seine Standardabweichung von Teilflächen (10 m<sup>2</sup>) der Kernzonen.

Table 1: Yield and applied nitrogen of the trials. The mean and standard deviation is given for sites (10 m<sup>2</sup>) in the core-zones.

durchgeführt wird. Dabei wird festgestellt, ob die befahrene Teilfläche mit verstärktem Wachstum

auf dem Referenzstreifen gegenüber dem übrigen Bestand auf ein Stickstoffangebot reagiert oder nicht. Somit gehen die bei den Problemen angesprochenen Bodenunterschiede mit in die Kalibrierung ein.

#### Qualitäts-Kalibrierung

Bei der dritten Stickstoffgabe (vor allem beim Weizen, Qualitätsgabe) soll der Proteingehalt der Körner maximiert werden. Für die Kalibrierung bedeutet dies also, dass auf Teilflächen mit einer hohen Ertragserwartung – also hoher Sensorwert (siehe Bild 1, Qualitäts-Kalibrierung, rechts oben) – mehr Stickstoff gedüngt werden sollte als auf Teilflächen mit einer geringen Ertragserwartung. Letztere können nicht so viel applizierten Stickstoff in die Körner einlagern. Der entsprechende Algorithmus ist dementsprechend genau gegenläufig der schlageinheitlichen Kalibrierung.

#### Versuchsdurchführung

In einem Praxisversuch mit Wintergerste (10 ha) und Winterweizen (30 ha) wurden die verschiedenen Kalibrierungen im Vergleich zur konstanten Gabe untersucht. Zu den Terminen der zweiten und dritten Gabe wurden

die Flächen mit dem Sensorsystem gemessen und gleichzeitig die Applikation mit einem elektronisch angesteuerten Schleuderstreuer (Bredal B2) durchgeführt.

Zur Ernte wurde eine Ertragskartierung mit einem Mähdrescher durchgeführt sowie beim Weizen Proteingehalte beprobt.

#### Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die unterschiedlichen Stickstoffgaben und Erträge der Varianten aufgeführt. Allgemein ist zu sagen, dass die Unterschiede zwischen den Varianten gering sind; ihre Standardabweichungen überlappen. Die sensorgesteuerte Düngung zeigt aber immer eine höhere Stickstoffproduktivität, also eine bessere Nutzung des applizierten Stickstoffes.

Die Qualitäts-Kalibrierung beim Weizen lieferte keinen signifikanten Unterschied im Proteingehalt (10.5% ± 0.5% bei Sensorvariante gegenüber 10.8% ± 0.7% bei konstanter Düngung).

Betrachtet man die Bestandes-Variation zum Termin der dritten Stickstoffgabe bei Gerste, so ist die Standardabweichung in den Sensorwerten bei der schlagspezifischen Kalibrierung um 33% geringer gegenüber der konstanten Gabe. Das ist in Übereinstimmung mit [3] (42%) zu erwarten, da diese Methode den „schlechten“ Flächen viel Stickstoff zuweist und dort somit das Wachstum fördert und umgekehrt.

Interessant ist sicherlich der Zusammenhang von Stickstoffgabe zum Ertrag (Bild 2): Wie erwartet sinkt der Ertrag bei der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung mit schlagspezifischen Kalibrierung bei zunehmender Stickstoffgabe, während er bei der teilflächenspezifischen Kalibrierung relativ konstant bleibt. Dabei erhalten die „schlechten“ Flächen (unter 85 dt/ha Ertrag) bei der schlagspezifischen Kalibrierung viel Stickstoff, bleiben aber ertragsarm oder sind überdüngt worden, während bei der teilflächenspezifischen Kalibrierung die Flächen mit einer guten Stickstoffeffizienz viel Stickstoff erhalten, der dann entsprechend in Ertrag umgesetzt wird.

flexionsindex (Sensorwert) haben, eine hohe Stickstoffgabe zuzuweisen und umgekehrt.

#### Probleme

Da nur über den Umweg der Reflexionsmessungen der Stickstoffbedarf bestimmt wird, kann nicht zwischen den Ursachen der Signalvariationen unterschieden werden. So ist beispielsweise auf einem sandigen, ertragsschwachen Boden der Stickstoffbedarf sicherlich geringer als auf einem lehmigen, ertragsstarken Boden. Pflanzen auf letzterem Standort zeichnen sich aber meist durch einen höheren Sensorwert aus und würden üblicherweise bei der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung weniger Stickstoff bekommen als Pflanzen auf einem schwachen Boden.

#### Kalibrierung

Die Kalibrierung sollte eine sinnvolle Zuordnung der Sensorwerte zu der Applikationsmenge sein. Hierbei werden im folgenden drei Arten unterschieden (Bild 1).

#### Schlagspezifische Kalibrierung

Hierbei wird einfach die zu applizierende Stickstoffmenge linear dem Sensorwert zugeordnet: Dabei legt der Landwirt fest, dass auf einer schlecht versorgten Teilfläche die maximale Stickstoffmenge  $N_{max}$  appliziert wird und auf einer gut versorgten Teilfläche die minimale Stickstoffmenge  $N_{mind}$ .

#### Teilflächenspezifische Kalibrierung mit Referenzstreifen

Die Grundidee dieser Kalibrierung ist, dass durch einen zuvor extra angelegten höhergedüngten Referenzstreifen (3 m breit) mit  $N_{ref}$  mehr Stickstoff entlang der Fahrgassen gegeben und so die Kalibrierung automatisch auf jeder Teilfläche während der Überfahrt

Bild 2: Ertrag und Stickstoffgabe bei unterschiedlicher Kalibrierung. Aufgetragen wurden jeweils Teilflächen (10 m<sup>2</sup>) der Kernzonen

Fig. 2: Yield and applied nitrogen at different calibrations. The mean of each site (10 m<sup>2</sup>) is drawn in the figure

