

# Einflüsse der Düngung auf Ertrag und Mähdrescherleistung

Die Stickstoffdüngung im Getreidebau wird zunehmend mit dem Hydro N-Sensor durchgeführt. Der auf dem Traktordach montierte reflexionsoptische Sensor errechnet während der Überfahrt anhand der Reflexionseigenschaften des Pflanzenbestandes einen Biomasseindex und erstellt daraus eine Düngempfehlung, die vom angebauten Düngestreuer umgesetzt wird. N-Sensor gedüngte Bestände weisen einen homogenen Bestandsaufbau auf. Auch die Qualität des Gutes ist gleichmäßiger. Um die Effekte der Sensordüngung auf Ertrag und Proteingehalt zu quantifizieren, wurden Versuche mit Düngestreifen unterschiedlicher Varianten angelegt. Anhand der Daten werden die Effekte für Ertrag und Protein dargestellt.

Dr. sc. agr. Jens Rademacher ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik (Direktor: Prof. Dr. E. Isensee), Max-Eyth-Straße 6, 24098 Kiel; e-mail: jrademacher@ilv.uni-kiel.de

## Schlüsselwörter

Stickstoffdüngung, Mähdrusch, Proteingehalt, Teilschlagtechnik

## Keywords

Fertiliser application, grain combine harvest, protein content, part-field technology

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04410 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Qualität und Ertrag weisen mehr oder weniger deutliche Schwankungen um einen Mittelwert auf. Diese Heterogenität äußert sich auf den Teilflächen eines Schlags in Ertragsschwankung und variierendem Proteingehalt. Bei schlageinheitlicher N-Düngung sind diese Heterogenitäten durch wechselnde Eigenschaften des Bodens bedingt. Leichte, sandige Teilflächen weisen ein anderes Ertragspotenzial auf als schwerere, tonhaltigere Teilflächen. Hieraus resultieren während der Vegetationsperiode unterschiedliche N-Versorgungsniveaus, die später in unterschiedliche Erträge münden. Zur Ernte zeichnet dann die Ertragsmessung im Mähdrescher die bekannte Ertragskarte mit Zonen hohen oder niedrigeren Ertrags auf.

Der Hydro N-Sensor passt die Düngung an den aktuellen Bedarf der Pflanze an, die Düngung erfolgt variabel mit unterschiedlichen Ausbringmengen. Durch den Boden hervorgerufene Heterogenitäten im Pflanzenbestand werden vom Sensor erkannt. Er unterscheidet während der Düngung zwischen den hellen, also weniger gut versorgten Teilflächen und den dunkleren, besser versorgten Teilflächen eines Schlags. Diese Heterogenitäten werden durch die variierte N-Düngung ausgeglichen. Schwächer erscheinende Bestände erhalten eine erhöhte N-Gabe, während dunkleren und damit besser versorgten Teilflächen geringere N-Mengen zugeteilt werden. Zur N4 wird der Regelalgorithmus umgedreht: dunkle, pflanzenbaulich aktive Bestände werden gezielt gefördert, der zusätzliche Stickstoff wird zur Proteinsynthese genutzt.

Die Versuchsanlage umfasst eine betriebsübliche, konstante Variante und eine mit dem N-Sensor an den Bestand angepasste Variante. Der Boden wird aufgrund der scheinba-

ren elektrischen Leitfähigkeit mit dem EM38 nach sandigen und tonhaltigen Teilflächen klassifiziert. Dabei besteht ein Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und dem Sandanteil des Bodens: je höher die scheinbare Leitfähigkeit, desto schwerer und somit ertragsfähiger ist der Boden. *Tabelle 1* zeigt die mit dem EM38 ermittelten Werte auf den Versuchflächen. Die Flächen der Sensorvarianten weisen deutlich größere Heterogenitäten auf als die Flächen der konstant gedüngten Varianten. Darauf weisen die unterschiedlichen Spannweiten sowie die in den Sensorvarianten jeweils höheren Variationskoeffizienten hin.

Die Ziffern in den Klammern zeigen die zu vergleichenden Versuchsvarianten. Bei Versuchsreihe (1) wurden im Mittel in den Varianten zwischen 182 und 185 kg N/ha gestreut, die N-Menge in der Versuchsreihe lag bei 208 kg/ha für die Sensor-Variante und 222 kg/ha in der Konstant-Variante.

Bei der angebauten Sorte handelt es sich um eine ertragsbetonte B-Sorte; die Führung des Bestandes wird vom Betriebsleiter standortangepasst durchgeführt. Zur Beernung der Versuche wurde ein üblicher Mähdrescher mit Ertragskartierung eingesetzt. Die Ertragsmessung wurde am Institut um die Messung des Proteingehaltes von Getreide mittels NIR-Spektroskopie erweitert [2]. Damit lassen sich auf der Fläche sowohl Ertragsmenge als auch Qualität (Proteingehalt) georeferenziert erfassen. Die Auswertung der Daten erfolgt dann in einem GIS.

## Einfluss auf den Ertrag

*Tabelle 2* stellt links die Ergebnisse für den Ertrag dar. Es zeigt sich, dass die Erträge der jeweiligen Sensorvarianten gegenüber den konstanten N-Gaben geringere Spannweiten

Tab. 1: Scheinbare elektrische Leitfähigkeit nach EM38 und BMI der Versuchsvarianten

Table 1: Apparent electrical conductivity acc. to EM 38 and BMI of experimental variants

	Elektrische Leitfähigkeit mS				Biomasseindex			
	Mittel	Max.	Min.	VK %	Mittel	Max.	Min.	VK %
N-Sensor (1)	25,9	56,1	13,9	32,8	12,2	13,0	10,4	2,5
Konstant (1)	25,7	49,3	11,8	25,3	12,1	13,0	10,2	4,1
N-Sensor (2)	23,5	50,1	13,1	29,8	12,3	13,4	11,2	3,3
Konstant (2)	25,6	40,4	14,8	17,6	12,0	12,8	11,0	2,5

und damit auch geringere Variationskoeffizienten aufweisen. Jedoch liegen beim Durchschnittsertrag leichte Vorteile für die konstanten Düngevarianten vor. Dieses ist in (2) durch etwas höhere N-Gaben bedingt. Während die Maximal-Erträge jeweils ähnliche Niveaus aufweisen, nehmen die Minimalerträge der Sensor-Varianten nicht so niedrige Werte an. Das ist ein deutliches Anzeichen dafür, dass die bei der konstanten Düngung unterversorgten Bestände bei der Düngung mit dem Sensor gefördert wurden.

Die schlageinheitliche Düngung verstärkt die durch die unterschiedlichen Bodenqualitäten hervorgerufenen Effekte: sie führt zu einer suboptimalen Verteilung des N-Düngers, da der ausgebrachte N-Dünger sich nicht am aktuellen Bedarf der Pflanzen orientiert. Der N-Sensor hingegen mildert diese Effekte. Das Ergebnis ist dann ein homogener Bestand, dessen Spannweiten im Ertrag reduziert sind.

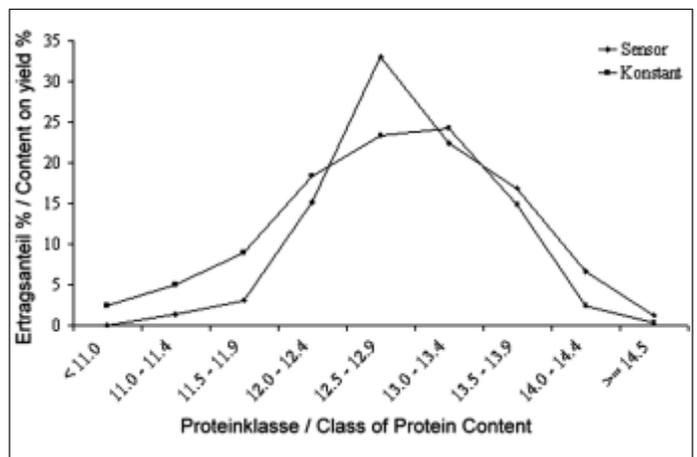
Die Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten aus der *Tabelle 2* erscheinen nicht gravierend. Insbesondere die geringen Unterschiede im VK lassen eigentlich keine übermäßige Interpretation zu. Es gilt jedoch, die in *Tabelle 1* dargestellten Werte für die Heterogenität des Boden zu berücksichtigen. Dabei ging aus den Daten hervor, dass der Boden in den Sensorvarianten deutlich größere Variabilitäten aufwies als in den konstant gedüngten Flächen. Dennoch weisen die Erträge der Sensorvarianten deutlich geringere Spannweiten auf. Der Sensor hat demnach die bodenbedingten Heterogenitäten ausgeglichen.

### Einfluss auf den Proteingehalt

Die mittleren Proteingehalte der mit Sensor gedüngten Flächen sind um 0,2 bis 0,3 % höher als die der konstant gedüngten Varianten (Tab. 2, rechts), hier liegen also Vorteile zu Gunsten des Sensors vor. In der Versuchsreihe (1) bewirkt der um 0,3 % erhöhte Proteingehalt, dass das Erntegut in eine neue, bessere Qualitätsgruppe eingestuft wird. Während der mittlere Proteingehalt der konstant gedüngten Variante 12,7 % beträgt und damit in die Qualitätsgruppe "B", also Brotweizen einzustufen ist, reichen bei identischer Stickstoffmenge die 13,0 % der Sensorvariante aus, um die Partie in die Qualitätsgruppe "A" Qualitätsweizen einzustu-

Bild 1: Anteil einzelner Proteinklassen am Ertrag

Fig. 1: Percentage of protein content classes within yield



fen. Diese verbesserte Qualität bringt, je nach Marktlage einen Mehrerlös von bis zu 10 % gegenüber der Qualitätsgruppe Brotweizen. Damit erlangt dieser Effekt erhebliche monetäre Bedeutung.

Auch die Heterogenität der Qualität wird beeinflusst. In Versuchsreihe (1) sinkt in der Sensorvariante gegenüber der konstant gedüngten Variante die Spannweite des Proteingehaltes um 1 % absolut, die Extremwerte der Verteilung verschieben sich also in Richtung des Mittelwertes. In Versuchsreihe 2 reduziert sich die Spannweite um 1,1 % absolut. Durch die reduzierten Spannweiten entspricht ein größerer Anteil des Erntegutes dem mittleren Proteingehalt, während die Anteile in den Extremklassen abnehmen. *Bild 1* zeigt diesen Effekt. An der Abszisse sind die Proteingehalte in Klassen aufgeteilt, eine Klasse umfasst 0,5 % Punkte. Die Kurven stellen den jeweiligen Anteil der Proteinklassen am Gesamtertrag dar, abgetragen an der Ordinate. Der flache Verlauf der konstanten Variante zeigt, dass erhebliche Anteile des Ertrages den Extremklassen zuzuordnen sind. Dagegen zeigt der steile Verlauf der Sensorvariante, dass der größte Anteil, etwa 33,0 % des Erntegutes, der Proteinklasse 12,5 bis 12,9 % angehört. Der flache Abfall der Kurve in den höheren Proteinklassen bewirkt, dass dennoch ein Durchschnittsgehalt von 13,0 % erreicht wird.

Ob die verarbeitende Industrie die Homogenität einer Charge in Zukunft honorieren wird, ist derzeit noch nicht abzusehen. Sollte ein entsprechender Zuschlag gezahlt werden, ist auch dies als monetärer Vorteil der Sensordüngung zuzurechnen.

### Einfluss auf die Mährescherleistung

Aus der Praxis wird berichtet, dass sich mit

N-Sensor gedüngte Bestände besser dreschen ließen. Großflächig angelegte Versuche belegen dies: bei verschiedenen gedüngten Varianten konnten bei gleichem Verlustniveau die Sensorbestände schneller abgeerntet werden [2]. Bislang liegen jedoch keine Daten vor, die Effekte sind nicht direkt messbar. Einen indirekten Ansatz liefert dagegen die Bonitur der Bestände mit dem N-Sensor. Als Gradmesser für die Bestandesdichte errechnet der Sensor den Biomasseindex (BMI). Je nach Färbung und Dichte des Bestandes nimmt er unterschiedliche Werte an. Also darf er in einem homogenen Bestand nur geringen Schwankungen unterliegen. Der Untersuchung des BMI liegt die These zugrunde, dass ein homogener aufgebauter Bestand nicht nur geringe Ertragschwankungen aufweist, sondern auch vom Mährescher zügiger beerntet werden kann. FEIFFER [2] hat diese Effekte untersucht und stellt klar, dass homogene Bestände vom Schneidwerk besser geschnitten werden und zu einem gleichmäßigeren Gutfluss in der Maschine führen. Die Maschine läuft insgesamt ruhiger. Somit ist mit dem BMI kein Leistungsparameter der Maschine gewählt, dennoch lassen sich die Effekte auf die Maschine indirekt ableiten.

Die in *Tabelle 1* gegenüber gestellten Indices wurden bei der N3-Düngung, also zu EC 40, aufgenommen. Zu diesem Zeitpunkt ist die Bestandesentwicklung zwar noch nicht abgeschlossen, nach Bestockung und Schossen ist jedoch der vegetative Apparat vollständig ausgebildet. Die Bestandesdichte ist festgelegt, gravierende Änderungen im Bestandsaufbau erfolgen nicht mehr. Also könnte zu diesem Zeitpunkt der BMI zur Bestimmung der Heterogenität herangezogen werden.

Die Biomasseindizes variieren augenscheinlich nur gering; Spannweiten und Variationskoeffizienten der BMI der Sensorflächen erreichen das gleiche Niveau wie auf den konstant gedüngten Varianten. Es gilt jedoch die erhöhte Standortvariabilität der Sensorflächen zu berücksichtigen. Das dennoch nur geringe Unterschiede in den Sensorvarianten vorliegen, könnte als ein Indiz für die homogenisierende Wirkung des Bestandes gelten.

Tab. 2: Ertrag und Proteingehalt der Versuchsvarianten

	Ertrag dt/ha				Proteingehalt %			
	Mittel	Max.	Min.	VK %	Mittel	Max.	Min.	VK %
N-Sensor (1)	99,2	129,1	34,2	12,5	13,0	14,7	10,8	5,1
Konstant (1)	103,3	127,7	27,7	14,1	12,7	15,1	10,2	6,4
N-Sensor (2)	102,1	128,5	49,7	12,6	13,4	15,1	11,7	3,6
Konstant (2)	102,8	128,5	33,4	12,8	13,2	15,8	11,3	5,8

Table 2: Yield and protein content of experimental variants