

# Messung des Proteingehaltes während des Mähdrusches

*Die quantitative Ertragserfassung im Mähdrusch hat Einzug in die Praxis gefunden. Eine qualitative Ertragsmessung existiert noch nicht. Neue Messinstrumente erlauben jedoch mit Hilfe der Nah-Infrarot-Reflexionsspektroskopie (NIRS) die berührungslose Bestimmung des Proteingehaltes von Weizen. Zur Erfassung der Qualität im Feld werden Laborgeräte an einem Mähdrusch installiert. Aus deren Daten kann im ersten Jahr der Proteingehalt indirekt abgeleitet und eine Karte erstellt werden. Im zweiten Jahr ist dann eine Online-Messung möglich. Die erreichten Genauigkeiten liegen nach den ersten Online-Messungen bei einem Standardfehler von ~ 0,55%-Punkten Protein.*

Dipl.-Ing agr. Jens Rademacher ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Direktor: Prof. Dr. Edmund Isensee) Olshausenstraße 40, 24118 Kiel; e-mail: jrademacher@ilv.uni-kiel.de

## Schlüsselwörter

Mähdrusch, Messsystem, Qualitätsbestimmung, Proteingehalt

## Keywords

Combine harvesting, measuring system, quality assessment, protein content

Das Prinzip der NIRS-Messtechnik erscheint einfach: Probenmaterial wird mit Licht bestrahlt, wobei die eingestrahlte Energie an verschiedenen Wellenlängen mit unterschiedlichen Intensitäten absorbiert wird. Das Spektrometer misst die Intensität des von der Probe reflektierten Lichts an jeder Wellenlänge und erzeugt daraus ein Reflexionsspektrum. Zur Ableitung einer Inhaltsstoffkonzentration aus diesem Spektrum muss das Messinstrument kalibriert werden. Dazu werden zunächst von Proben spektrale Informationen gesammelt; die Probe selbst wird anschließend in einem Referenzlabor nasschemisch auf seine Inhaltsstoffkonzentrationen untersucht. Spektrale Informationen und Laborergebnisse werden über chemometrische Verfahren rechnerisch miteinander verknüpft. Mit Hilfe der Chemometrie werden Modelle auf Basis spektraler Informationen abgeleitet, welche dann den Messwert als Ergebnis ausweisen.

Das kalibrierte Gerät erlaubt eine direkte und berührungslose Messung ohne Vorbereitung des Probenmaterials. Kurze Messdauer und Verzicht auf Reagenzien gehören ebenso zu den großen Vorteilen der NIR-Messtechnik wie die Möglichkeit der Multikomponentenbestimmung. Dem stehen als Nachteil gegenüber: hoher Gerätepreis, aufwändige Kalibrierarbeit und relativ hohe Empfindlichkeit gegenüber mechanischen und Umwelteinflüssen.

## Messaufbau

Für die Online-Messungen während des Mähdrusches unter Praxisbedingungen ergeben sich besondere Ansprüche an Energieversorgung und Datenerfassung sowie an die mechanische Festigkeit und Einbaumöglichkeit. Diesen Besonderheiten entsprechen in etwa zwei Gerätetypen: Das Corona der Firma ZEISS (Jena) ist gezielt für einen rauen Einsatz entwickelt, das Gerät der Firma PERTEN (Hamburg) enthält noch Elemente der Laborausführung. Beide Instrumente messen im Bereich von ~ 960 bis 1700 nm.

Da die Messung sowohl zeitlich als auch räumlich nah am Ertragserfassungssystem des Mähdrusches durchgeführt werden soll, erfolgt die Installation der Messtechnik am Elevator vor dem Korntank. Für den Versuch erfolgt die Anordnung der Instrumente so, dass beide Geräte in einem Bypass dasselbe Material aus dem Gutstrom messen. Das Material wird am Sumpf der Korntankbefüllschnecke abgenommen und den Messinstrumenten zugeführt. Nach Passieren der Messgeräte wird das Material in den Rücklauf des Elevators befördert oder auf Knopfdruck in ein Behältnis zur Probenahme. Ein Robust-Notebook zeichnet parallel die Spektren-ID's, Temperaturen von Getreide und Umgebung sowie die Daten der Ertragserfassung auf. Die Messungen der Instrumente werden georeferenziert und lassen sich später als Karte darstellen.

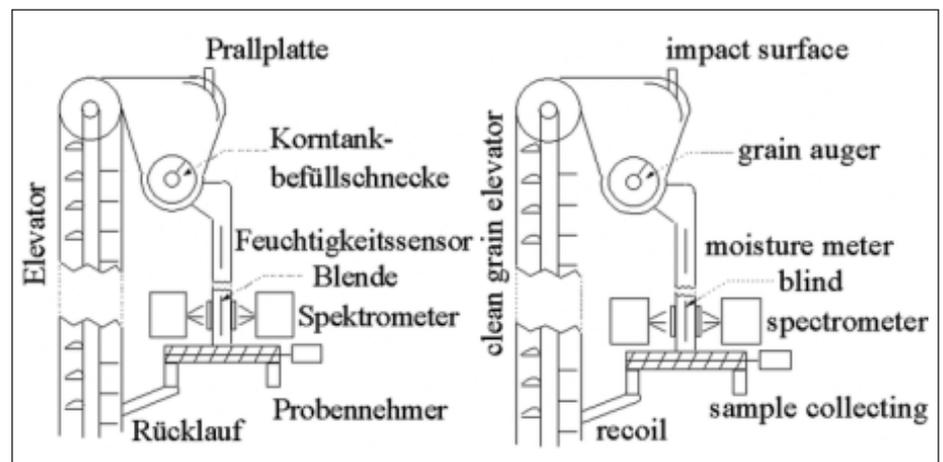


Bild 1: Messgeometrie

Fig. 1: Measurement-Unit

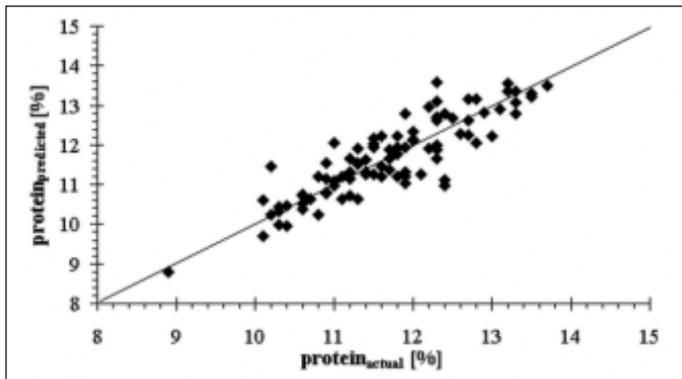


Bild 2: Referenz- und gemessener Proteingehalt von Winterweizen (Kalibration 2000, Validationssatz 2001, SEP(c) = 0,55; N = 93)

Fig. 2: Predicted versus measured protein content of winter wheat (calibration-set 2000/validation-set 2001)

### Messungen des Instituts

Während des ersten Jahres erfolgten lediglich Spektrenaufnahme und Probennahme. Dazu wurden auf 93 ha Druschfläche Winterweizen verschiedener Sorten insgesamt 528 Proben genommen. Nach einer Vorauswahl von 100 Proben erfolgte im Labor die Untersuchung nach Referenzmethoden auf die Inhaltsstoffe; die Ergebnisse dienen dann der Kalibrierung. Im zweiten Jahr konnten erstmals Online-Messungen im Feld durchgeführt werden. Während dieser Saison wurde wiederum eine große Anzahl Proben genommen, wovon 100 im Labor nasschemisch analysiert wurden. Die Ergebnisse dienen nun einerseits zur Überprüfung der Kalibrierung des Vorjahres sowie andererseits zur Erweiterung der bestehenden Kalibrierung.

### Messergebnisse

Die Ergebnisse für den Proteingehalt von Winterweizen sind in Bild 2 dargestellt. Auf der Abbildung sind an der Abszisse die Laborwerte und an der Ordinate die Messwerte eines der Instrumente abgetragen. Die Winkelhalbierende markiert den Ort, an dem Labor- und Messwert übereinstimmen. Nach Korrektur der Daten um den Bias (systematischer Fehler) beträgt der SEP(c) 0,55%.

Zunächst erscheinen zwar die Abweichungen zwischen Referenzwert und Messwert hoch, jedoch ist Folgendes zu bedenken: Daten von Kalibrierung und Überprüfung entstammen unterschiedlichen Jahren. Umwelteinflüsse, im Labor kontrolliert und eliminiert, wirken auf Material und Instrument. Außerdem: Als Vergleich sei der zulässige Fehler von stationären Geräten mit  $\pm 0,4\%$ -Punkten erwähnt. Er entspricht dem Doppelten des maximal zulässigen Laborfehlers bei Proteinanalyse nach Kjeldahl (SEL = 0,2%).

Bild 2 enthält Messwerte von verschiede-

nen Schlägen und Sorten, um ein breites Spektrum zu erfassen. Jedoch variiert auch auf dem einzelnen Schlag der Proteingehalt um mehrere Prozentpunkte, etwa von 10,2% bis 13,9%. Damit werden einerseits nicht einmal die Interventionsbedingungen erfüllt, andererseits entspricht die Qualität dem E-Weizen.

Parallel aufgezeichnete Geokoordinaten ermöglichen die Erstellung einer Karte der Proteingehalte (Bild 3). Die Karte zeigt deutlich Bereiche mit differenzierten Proteingehalten. Die Ursachen sind zu analysieren und produktionstechnische Maßnahmen zu entwickeln. Dank der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung sind jeweils Boden, Düngergaben und Erträge als vermutliche Einflussgrößen bekannt.

### Fazit

Eine Online-Messung zur Bestimmung der Inhaltsstoffkonzentration ist prinzipiell möglich. Die Präzision ist allerdings noch zu verbessern. Ebenso wirken aufwändige Wartungs- und Kalibrierarbeiten, neben hohen Gerätepreisen, einer Serienfertigung noch entgegen.

Mit Hilfe der kontinuierlichen NIR-Messung lassen sich Niveau und Variabilität von Inhaltsstoffgehalten erfassen und darstellen. Diese Daten stellen den Ausgangspunkt dar, Unterschiede auf einem Schlag mit spezifischen Maßnahmen, etwa der N-Düngung, zu verringern.

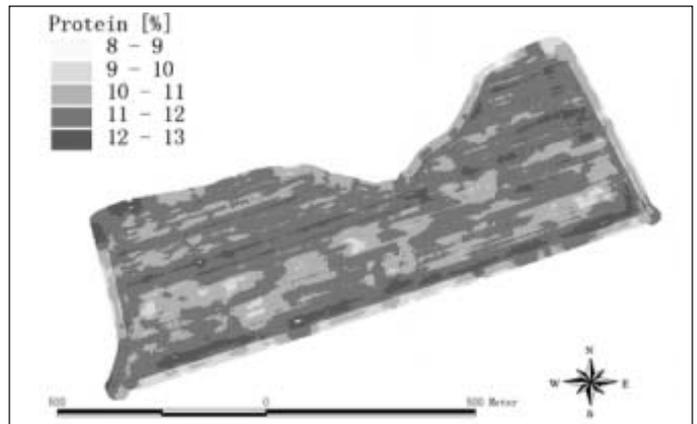


Bild 3: Verteilung des Proteingehaltes von Winterweizen

Fig. 3: Distribution of protein content of winter wheat in a field

## NEUE BÜCHER

**Transparente Wärmedämmung an Gebäuden**  
Von Andreas Wagner. TÜV-Verlag GmbH, Köln, 3. Auflage; 2002, 92 S., 12,80 €, ISBN 3-8249-0639-2

Transparente Wärmedämmsysteme ermöglichen über die transparent gedämmten Flächen eine Nutzung solarer Wärme für die Raumheizung. Gleichzeitig reduzieren diese neuartigen Dämmmaterialien die Wärmeverluste eines Gebäudes. Schwerpunkte des BINE-Informationspaketes sind die Konstruktion der Fassaden und die Planung der Gebäude. Weitere Themen sind ein Überblick über die Materialien, Berechnungsgrundlagen für die Energiegewinnung und Erfahrungen mit realisierten Projekten.

**Solare Wärme – Vom Kollektor zur Hausanlage**  
Von K. Luboschik. TÜV-Verlag GmbH, Köln, 1. Auflage; 2002, 160 S., 16,80 €, ISBN 3-8249-0697-4

Solare Wärme von einer Kollektoranlage auf dem Dach reduziert den Verbrauch fossiler Energieträger in Privathaushalten für Warmwasserverbrauch und Raumheizung erheblich. Derzeit entscheiden sich bereits 75000 bis 80000 Haushalte pro Jahr in Deutschland für den Einbau einer Kollektoranlage, mit weiter steigender Tendenz.

Schwerpunkt des BINE-Informationspaketes sind die Anlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung in Ein- und Zweifamilienhäusern. Themen sind Planung und Auslegung der Anlagen, ihre Einbindung in die Haustechnik, Langzeiterfahrungen und die Wirtschaftlichkeit.