

Jens Rademacher, Kiel

Einflüsse auf die Genauigkeit der Online-Proteinmessung im Mähdröschler

Der Einsatz der NIR-Spektroskopie auf dem Mähdröschler ermöglicht die kontinuierliche Erfassung des Proteingehaltes von Getreide direkt während des Dreschens. Das System wurde am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik in Kiel entwickelt [1]. Durch eine im zweiten Versuchsjahr erweiterte Kalibrierung konnte die Genauigkeit verbessert werden. Da die NIR-Technik sehr sensibel auf externe Einflüsse reagiert, war bei Anpassung der Technik auf dem Mähdröschler mit erheblichen Schwierigkeiten gerechnet worden. Im Felde zeigte sich jedoch, dass entgegen der Erwartungen gute Ergebnisse erzielt werden konnten, also die erwarteten Einflüsse auf die Messwerte nicht ausgeprägt waren.

Dipl.-Ing. agr. Jens Rademacher ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik (Leitung: Prof. Dr. E. Isensee) der Universität Kiel, Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel; e-mail: jrademacher@ilv.uni-kiel.de

Schlüsselwörter

NIR-Messung, Mähdrusch, Proteingehalt

Keywords

NIR-measurement, combine harvesting, protein content

Literatur

[1] Rademacher, J.: Messung des Proteingehaltes während des Mähdrusches. Landtechnik 57 (2002), H. 6, S. 354-355

Die NIR-Spektroskopie basiert auf der Interaktion von Materie mit Energie. Das zu untersuchende Material wird mit Licht bestrahlt und die reflektierte Energie im Wellenlängenbereich von 960 bis 1690 nm genutzt. Vor Beginn einer Messreihe ist dem Spektrometer durch einen Weißabgleich die Energie bei 100 % Reflexion anzuzeigen; dazu wird ein weißer Spezialkunststoff genutzt, der 100 % der einstrahlenden Energie reflektiert. Bei der Bestimmung des Proteingehaltes wird die aktuell vom untersuchten Material reflektierte Energie gemessen und die Differenz zur bei 100 % Reflexion gemessenen Energie ermittelt. Diese Differenz entspricht der vom Material absorbierten Energie.

Zur Quantifizierung der Beeinflussung der Messergebnisse durch variierende Getreidetemperatur und Fließgeschwindigkeit wurden diese in einem für diesen Zweck entwickelten Teststand simuliert. Dazu wurde ein Messkanal konstruiert, der den Abmessungen der im Mähdröschler installierten Einheit entspricht. Der Kanal ist im unteren Teilstück mit einer Öffnung versehen, an der das Material im Fluss gemessen wird.

Temperatureinflüsse

Aus der allgemeinen Laborpraxis ist bekannt, dass die Temperatur des zu untersuchenden Materials einen erheblichen Einfluss auf das Messergebnis besitzt. Schwankende Temperaturen beeinflussen die physikalischen Eigenschaften der Materie, was zu veränderten Absorptionseigenschaften führt. Da das Messergebnis für den Proteingehalt direkt von der aktuellen Absorpti-

on über die Kalibrierformel hergeleitet wird [1], ändert sich mit den Absorptionseigenschaften auch das Messergebnis.

Durch eigene Untersuchungen am Teststand konnte der Einfluss der Temperatur bestätigt werden. Eine erhöhte Temperatur des Getreides führte auch zu erhöhten Messwerten für den Proteingehalt. Die Steigerung von 14°C bis 16°C auf 30°C bis 32°C steigerte den Messwert im Mittel um 1,1 %-Punkte. Der um den systematischen Fehler (Bias) bereinigte Standardfehler der Messung (SEP(C)) beider Temperaturbereiche steigt lediglich um 0,01 %-Punkte.

Bei der Online-Messung im Feld ließ sich dieser Effekt nicht mehr nachweisen. Dafür konnte eine um ein Datenjahr erweiterte Kalibrierung genutzt werden, in die vermehrt Einflussfaktoren eingegangen waren (Bild 1). Hier ist an der Abszisse die am Messgerät gemessene Temperatur des Getreides abgetragen, an der Ordinate die Differenz im Proteingehalt zwischen Referenzwert und NIR-Messwert. Erst ab Temperaturen jenseits der 33°C nimmt der Fehler zu, der Proteingehalt wird überschätzt. Allerdings: Diese Daten stammen sämtlich von einem einzigen

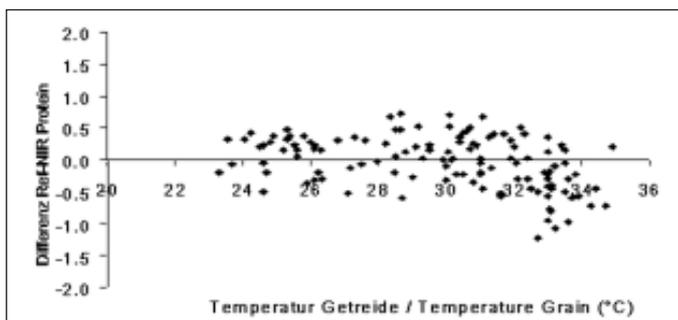
Tab. 1: Durchsatz bei variiert verschiedener Schiebereinstellung am Messkanal

Table 1: Troughput with various slide adjustments on the measuring channel

Durchsatz-Stufe	Durchsatz g/s
1	~ 90
2	~ 220
3	~ 400
4	~ 580
5	~ 650

Bild 1: Einfluss der Materialtemperatur auf Messfehler

Fig. 1: Influence of grain temperature measurement errors



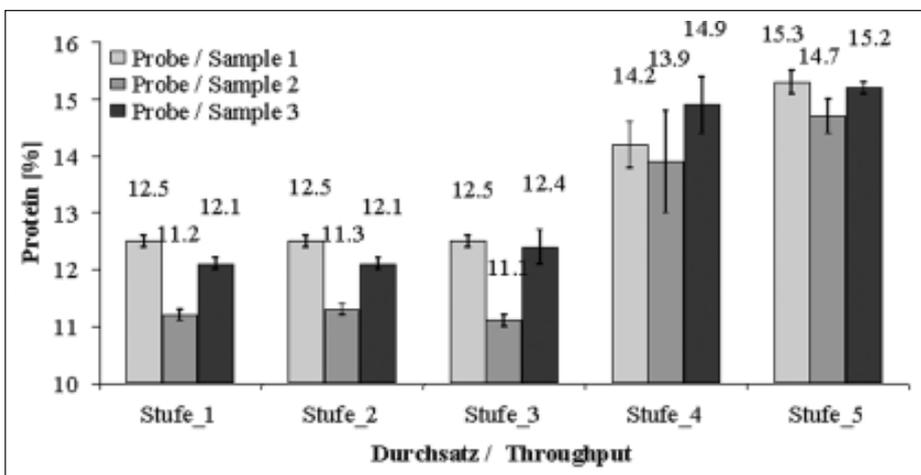


Bild 2: Einfluss des Durchsatzes auf die Proteinnmessung (Kalibration 1)

Fig. 2: Influence of throughput on measuring protein (calibration 1)

Schlag, können also dessen spezifischem Einfluss unterliegen.

Einfluss des Durchsatzes

Auf Grund des Messprinzips kann auch der Durchsatz einen Einfluss ausüben. Denn die Geschwindigkeit und Anordnung der Körner könnte die Reflexion beeinträchtigen. Daher wurde der Versuchsstand mit variiertem Durchsatz gefahren. Die Abstufungen lagen über und unter dem Wert, der im Mähdre- scher mit ~ 200 g/s realisiert ist (Tab. 1).

Bild 2 zeigt die Ergebnisse zu den Untersuchungen. Abgetragen an der Ordinate ist der Proteingehalt, an der Abszisse die Durchsatz-Stufen. Jede der Säulen stellt den Mittelwert aus fünf Einzelmessungen für jede Probe und Durchsatzstufe dar.

Die Schwankungen der Einzelmessungen sind durch die Standardabweichungen dargestellt. Sie sind, abgesehen von den Messungen der Probe 2 bei Stufe 4, sehr gering; 80 % der Werte sind $\leq 0,3$ %. Das zeigt, dass die Messungen trotz des fließenden Materials eine hohe Reproduzierbarkeit aufweisen.

Die Unterschiede der Ergebnisse einer Probe zwischen den ersten drei Durchsatzstufen sind niedrig. Der gemessene Proteingehalt der Probe 1 bleibt über alle drei Stufen konstant bei 12,5 %. Die Differenzen sind angesichts der Standardabweichung von 0,1 äußerst gering und zu vernachlässigen. Auch die angezeigten Gehalte der beiden anderen Proben schwanken nur gering.

Zwischen der dritten und der vierten Durchsatzstufe tritt ein sehr deutlicher Sprung der Messwerte nach oben auf. Das deutet auf die Sensibilität gegenüber der Ge-

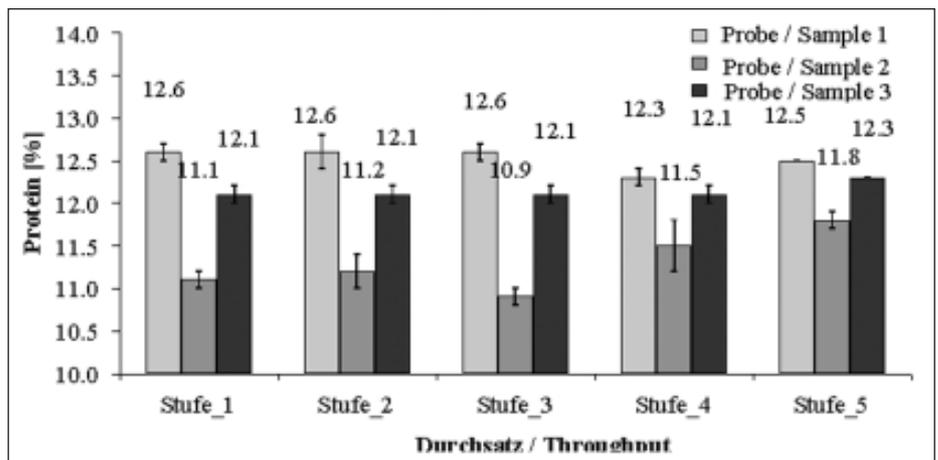


Bild 3: Einfluss des Durchsatzes auf die Proteinnmessung (Kalibration 2)

Fig. 3: Influence of throughput on measuring protein (calibration 2)

schwindigkeit oder lockeren Schüttung der Körner.

Andererseits hebt eine andere Kalibrierung diesen Effekt auf (Bild 3). Die Werte der einzelnen Proben zeichnen sich bei niedriger Durchsatzstufe abermals durch geringe Unterschiede aus; allerdings fällt der Unterschied der beiden hohen Durchsatzstufen zu den niedrigeren deutlich geringer aus.

Die Übereinstimmung allein reicht als Merkmal nicht, die Qualität eines Messwerts wird über die M-Distanz ausgedrückt. Sie wird von der Messgeräte-Software für jede Messung angegeben und informiert über die Güte der aktuellen Messung. Ein aufwendiges mathematisches Verfahren vergleicht den Verlauf der aktuellen Absorptionsspektren mit denen in der Kalibrationsdatei: Stimmen die Daten nicht überein, wird eine erhöhte M-Distanz ausgegeben und weist so-

mit auf ein problematisches Ergebnis hin. Ein solches Ergebnis muss nicht zwangsläufig falsch sein, allerdings hat dessen Interpretation vorsichtig zu erfolgen.

Dies tritt genau hier auf: Bei geringer Durchsatzstufe liegen die M-Distanzen für beide Kalibrationen auf einem niedrigen Niveau (Im Labormaßstab gilt ein Wert ab 5 schon als zu hoch!). Die höheren Fließgeschwindigkeiten schlagen sich bei beiden Kalibrationen in deutlich erhöhten Werten für die M-Distanz nieder, bei der 2. Kalibrierung deutlich niedriger. Die drei geringen Durchsatzstufen gewährleisten eine Getreidesäule, die an den Messgeräten vorbei-

fließt. Bei höheren Fließgeschwindigkeiten löst sich die Säule auf, es entstehen Zwischenräume zwischen den Körnern. Das Licht wird vom Material des Messkanals reflektiert, die dadurch entstehenden Spektren stimmen nicht mit den Daten im Kalibrationsdatensatz überein.

Schlussfolgerungen

Die für die Laborpraxis gültigen Temperatureinflüsse wirken sich auf dem Mähdre- scher nicht so deutlich aus, da eine anhand Felddaten erstellte Kalibrierung den Einfluss der Temperatur zu reduzieren vermag. Außerdem liefert die online-Messung eine große Zahl an Messergebnissen. Diese Felddaten kalibrierung reduziert den Einfluss, indem sie die Temperaturschwankungen einbezieht. Für den Durchsatz gilt: Innerhalb gewisser Grenzen ist er variierbar und führt zu vergleichbaren Ergebnissen, was durch fließendes Material vor der Optik der Messgeräte gewährleistet ist. Fällt das Material im freien Fall an der Optik vorbei, so treten fehlerhafte Messungen auf. Eine Kalibrierung kann den Fehler der Ergebnisse zwar verringern, jedoch weist die M-Distanz auf fehlerhafte Ergebnisse hin.

Tab. 2: M-Distanzen bei unterschiedlicher Durchsatzstufe und 2 Kalibrierungen

Probe	Kalibration 1 Durchsatzstufe					Kalibration 2 Durchsatzstufe				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	16.3	16.7	17.2	66.6	130.9	13.9	14.2	14.6	26	35.2
2	18.9	19.2	19.9	119.9	161.2	14.8	15	15.4	32.6	38.9
3	17.8	18.7	19.5	128.9	147.1	14.8	15.4	16.6	33.2	36.9

Table 2: M-distances at different throughput levels and 2 calibrations