

Veit Walther, Karoline Heinrich und Karl Wild

Inhaltsstofffassung von Erntegütern in der Rundballenpresse

Die Kenntnis über Inhaltsstoffe in Ernteprodukten hat in vielen Bereichen der Landwirtschaft innerhalb der letzten Jahre stark an Bedeutung gewonnen. So kann eine genaue Bestimmung der Zusammensetzung bei der Ernte vor Ort helfen, Entscheidungen bezüglich der Erntestrategie, Lagerfähigkeit und Qualitätseinstufung der Produkte zu treffen. Bisher gibt es allerdings keine technischen Mittel, um alle wichtigen Inhaltsstoffe während des Erntevorganges zu erfassen. Deshalb wurden Prüfstandsversuche auf Basis der Nahinfrarot-Spektroskopie mit Gras, Anwelkgut und Heu zur Entwicklung eines Inhaltsstofffassungssystems durchgeführt.

Schlüsselwörter

Rundballenpresse, Inhaltsstofffassung, Feuchtigkeitsermittlung, Nahinfrarot-Spektroskopie, NIRS

Keywords

Round baler, constituent determination, moisture detection, near-infrared spectroscopy, NIRS

Abstract

Walther, Veit; Heinrich, Karoline and Wild, Karl

Constituent determination of crops in the round baler

Landtechnik 66 (2011), no. 3, pp. 180–182, 4 figures, 5 references

Knowledge about value-giving ingredients in crop products becomes more and more important in agriculture. An accurate determination of the constituents during the harvest can help making decisions regarding the harvest strategy, storage life and quality classification of products on site. So far there are no practical possibilities to capture all important ingredients of plant material on agricultural machines during harvest. Therefore, bench tests were conducted on the basis of near-infrared spectroscopy with grass, wilted grass and hay. The obtained results provide a well-founded basis on which further analyses, especially with the objective of the application on the round baler, are based on.

■ Aufgrund des genetischen Fortschritts und den damit verbundenen Hochleistungen in der Tierhaltung sind die Ansprüche an die Grundfutterqualität in der Landwirtschaft enorm gestiegen. Futter- bzw. Silagequalität wird z. B. vom Gehalt an Trockenmasse, Rohprotein, Rohfaser, Energie, wasserlösliche Kohlenhydrate oder der Pufferkapazität bestimmt. Diese Größen hängen von der Zusammensetzung des Anwelkgutes, das im Silo eingelagert wird, und dem Gärverlauf ab. Um den Produktionsprozess positiv beeinflussen zu können, braucht der Landwirt Kenntnisse über Inhaltsstoffe bereits bei der Ernte. Da der Pflanzenbestand bzw. das Anwelkgut hinsichtlich Trockenmassegehalt und Qualitätsparameter starken Schwankungen unterliegt, kann eine stichpunktartige Beprobung des Erntegutes keine aussagekräftigen Ergebnisse liefern [1; 2]. Erforderlich ist deshalb eine Sensorik, die kontinuierlich und ohne zeitlichen Verlust bei der Ernte den Gehalt an Feuchtigkeit und Inhaltsstoffen erfasst. Nur so können vor Ort Entscheidungen schnell und richtig getroffen werden, was auch eine Optimierung der landwirtschaftlichen Arbeitskette zur Folge hat.

Die Feuchtigkeitserfassung bei hochfeuchten Erntegütern, wie z. B. Anwelkgut, scheiterte in der Vergangenheit an zu großen Messfehlern der verwendeten Technik [3; 4]. Erst durch den Einsatz der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) konnte dieses Problem zufriedenstellend gelöst werden, sodass heute auf dem Feldhäcksler während der Grünfütterernte der Feuchtigkeitsgehalt bestimmt werden kann [5]. Der Vorteil der NIRS liegt auch darin, dass zusätzlich der Gehalt anderer Inhaltsstoffe (z. B. Rohprotein, Rohfaser, wasserlösliche Kohlenhydrate) erfasst werden könnte.

Ziel von eigenen Untersuchungen war es deshalb, ein NIRS-System für die Rundballenpresse zu entwickeln, sodass während der Ernte der Gehalt an Feuchtigkeit und Wert gebenden Inhaltsstoffen erfasst werden kann. Dieser Bericht stellt die Arbeiten und Ergebnisse zur Feuchtigkeitserfassung vor.

Material und Methode

Verwendete Technik und Versuchsaufbau

Zu Beginn wurde ein Prüfstand, welcher den Materialfluss in einer Rundballenpresse simuliert, entwickelt und gebaut. Die variable Bauart des Prüfstandes ermöglicht es, sowohl loses Erntegut als auch bereits gepresste Rundballen zu untersuchen. Die unterschiedlichen Betriebsvarianten dienten dazu, diverse Einbauorte in der Rundballenpresse nachzuahmen und zu analysieren.

Das Grundgestell des Prüfstandes besteht aus einer Stahlkonstruktion in deren Mitte eine Felge mit Reifen auf einem drehbar gelagerten Achsschenkel montiert ist. Auf dieser Felge ist eine Siebdruckplatte montiert, welche zur Ablage des Ballens dient (**Abbildung 1**). Um die Rotation dieser Plattform zu ermöglichen, wird der Reifen mithilfe einer Druckrolle und einem Hydraulikmotor angetrieben. Über das hydraulische Antriebsaggregat kann die Drehgeschwindigkeit der Plattform eingestellt werden.

Die Messungen gepresster Rundballen können tangential (**Abbildung 1**) oder radial (**Abbildung 2**) am Ballen erfolgen.

Da der Messkopf sowohl bei radialer als auch tangentialer Montage auf der Halterung verschiebbar ist, kann nahezu die gesamte Mantel- bzw. Stirnfläche erfasst werden. Über geeignete Ballastgewichte kann der Anpressdruck des Messkopfs an den Ballen variiert werden. Zur Messung von losem Erntegut wird anstelle eines Ballens eine Wanne auf die Plattform montiert (**Abbildung 3**). Um eine Verdichtung des Erntegutes, so wie sie in der Rundballenpresse vor der Presskammer auftritt, zu erreichen, ist vor dem Sensorkopf ein justierbares Gleitblech mit einem Ballastgewicht befestigt. Für die Feuchtebestimmung des Erntegutes wurde ein NIR-Spektrometer mit separatem Messkopf ausgewählt. Dieses misst in einen Wellenlängenbereich von 400–2200 nm und erstreckt sich somit auch in den sichtbaren Bereich.

Probenmaterial und Versuchsdurchführung

Das gesamte Probenmaterial stammte von Versuchsflächen der HTW Dresden. Die Feuchtigkeitsuntersuchungen wurden an frisch gemähten (Weidel-)Gräsern, angewelkten (Weidel-)Gräsern und an Heu durchgeführt, sodass ein weiterer Feuchtigkeitsbereich zur Verfügung stand. Da sich die Messungen über mehrere Monate erstreckten, konnten auch unterschiedliche Vegetationsbedingungen in die Untersuchungen einbezogen werden. Zur Gewährleistung möglichst konstanter Messbedingungen unterlagen alle Arbeitsgänge und der Messaufbau immer gleichen Modalitäten.

Für die Messungen wurde das Probenmaterial gemäht, angewelkt und je nach Konfiguration des Prüfstandes entweder mit einer Rundballenpresse gepresst oder als loses Material verwendet. Der Messkopf wurde mit einem definierten Anpressdruck an den Ballen bzw. auf das lose Erntegut gedrückt und die Plattform des Prüfstandes in Rotation versetzt. Zur Aufzeichnung der Spektren wurde die Sensoreinheit mit einem Rechner verbunden. Mithilfe einer geeigneten Software konnten die Messungen ausgelöst, gesteuert und die Spektren erfasst werden.



Aufbau des Prüfstandes mit tangentialer Messkopfanbringung
Fig. 1: Assembling of test rig with tangential sensor mounting



Messkopfplatzierung für radiale Messungen am Ballen
Fig. 2: Measuring head installation for radial measurements on bales



Prüfstand für die Messung von losem Erntegut
Fig. 3: Test rig for measurement of bulk crop

Um sicherzustellen, dass möglichst viel Material einer Messstrecke durch eine Messung erfasst wurde, gingen genau zwei Umdrehungen des Ballens bzw. der Wanne in eine Messung ein. Eine Messung bestand somit aus mehreren Teilmessungen mit mehreren Spektren, die sich nahtlos aneinanderreiheten.

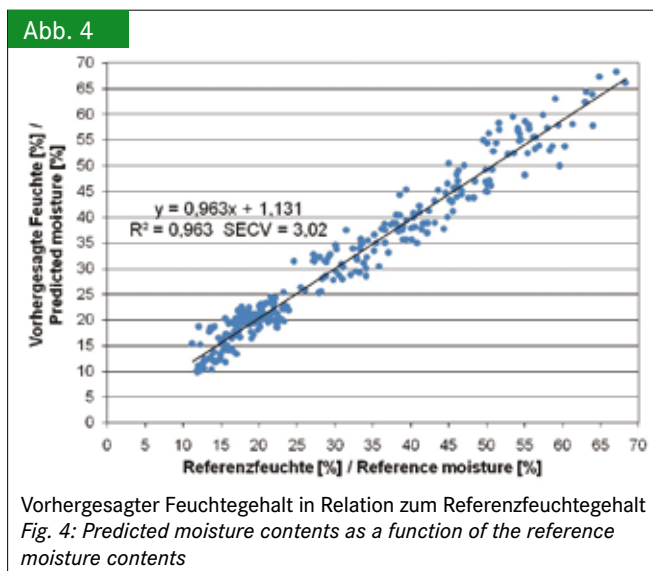
Im Anschluss an jede Messung erfolgte eine Probenahme des Erntegutes zur Ermittlung der Referenzgehalte für die Erntegutfeuchte mithilfe der Standardtrockenschrankmethode. Danach wurde das verbleibende Pflanzenmaterial vom Prüfstand auf einer Fläche ausgebreitet, etwas getrocknet und erneut gemessen. Der gesamte Vorgang wurde mehrfach wiederholt. Aufgrund der fortschreitenden Trocknung wurde ein sehr breiter Feuchtigkeitsbereich analysiert.

Datenauswertung

Die erzeugten Spektren wurden mithilfe des Statistikprogramms The Unscrambler® der Firma Camo gemittelt und die Referenzwerte der gezogenen Proben den jeweiligen Spektren zugeordnet. Diverse Datenvorbehandlungen (z. B. Streulichtkorrektur) und eine Ausreißereliminierung wurden getestet. Danach erfolgte die Berechnung von Kalibrationsmodellen und statistischen Kennwerten, z. B. Standard Error of Calibration (SEC) und Standard Error of Cross Validation (SECV), auf Basis einer Partial Least Square Regression (PLS). Zur Validierung der Werte wurde auf eine 10 %ig randomisierte interne Validierung zurückgegriffen. Eine externe Validierung erfolgte nicht, da die Probenzahl zu gering war.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Feuchtemessungen des losen Erntegutes sind in **Abbildung 4** dargestellt. In die Berechnungen gingen nach Datenvorbehandlung die Werte von etwa 300 Proben ein. Für die dargestellten Werte wurde ein SEC von 2,81 %-Punkten und ein SECV von 3,02 %-Punkten errechnet. Das Bestimmtheitsmaß (R^2) liegt bei 0,96. Es trat eine sehr geringe Unterschätzung (Bias) der Proben auf. Etwas größere Abweichungen ergab die Auswertung der Ergebnisse der Ballenmessungen.



Schlussfolgerungen

Trotz einer geringen Probenanzahl und noch nicht ausgereifter Kalibrationsmodelle erreichen die Ergebnisse fast das Genauigkeitsniveau der Online-Feuchtemessung auf dem Feldhäcksler (ca. $\pm 2\%$). Begünstigt werden die Messungen durch Bedingungen bei der Erfassung des losen Erntegutes: Der Sensor gleitet ohne Beschleunigung oder Neigungswinkeländerungen auf dem Pflanzenmaterial. Dies ist bei tangentialer Messung an der Mantelfläche nicht der Fall. Durch das Nachschwenken des Sensorkopfes aufgrund unrunder Ballen ist eine gleichmäßige Auflage nicht immer gewährleistet. Im Extremfall kann sogar Fremdlicht einfallen und die Messungen stören. Bei den Analysen der Stirnfläche des Ballens geschieht dies nicht, da diese glatt und eben ist. Trotzdem sind hier die Resultate etwas ungünstiger. Ein Grund könnte die Materialstruktur sein: Durch die Ballendrehung und Reibung der Halme an der Presskammerwand werden die Halme ausgerichtet. Bei losem Material sind sie zufällig ausgerichtet. Ein weiterer Ausbau der Kalibrationsmodelle könnte diesen Einfluss vermindern. Auch die Installation in der Seitenwand der Presskammer wird kritisch gesehen. Neben einer vermuteten geringeren Messgenauigkeit wird dem Messkopf aufgrund schlängelinienartigen Fahrens über dem Schwad, welches zur Erzielung eines zylinderförmigen Ballens notwendig ist, nicht ständig neues Erntegut zugeführt und bereits erfasstes Material wird mehrfach gemessen. Der mittige Einbau des Sensorkopfes vor der Presskammer wird deshalb favorisiert. Wie stark Fremdlicht, Schmutz und Erschütterungen die Messungen beeinträchtigen, muss noch geklärt werden.

Literatur

- [1] Rademacher, J. (2003): Einflüsse auf die Genauigkeit der Online-Proteinmessung im Mährescher. Landtechnik 58(4), S. 238-239
- [2] Strobl, M.; Rothmund, M.; Demmel, M. (2006): Qualitätserfassung an geschwadetem Futter. Landtechnik 61(2), S. 78-79
- [3] Berliner, M. A. (1980): Feuchtemessung. Verlag Technik Berlin
- [4] Wild, K.; Haedicke, S. (2005): Improving the accuracy of moisture sensors for forage crops. In: Book of Abstracts 5 ECPA - 2 ECPF International Conference in Uppsala, Sweden, Uppsala: Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering 2005, S. 326-328
- [5] Wild, K.; Kormann, G. (2007): Entwicklung eines Nah-Infrarot-Sensors für Landmaschinen. Landtechnik. 62(SH), S. 276-277

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Veit Walther ist Doktorand, **Dipl.-Ing. (FH) Karoline Heinrich** ist Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe Landtechnik der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden und **Prof. Dr. Karl Wild** ist Leiter der Arbeitsgruppe, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, E-Mail: waltherv@pillnitz.htw-dresden.de

Danksagung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 1722X09 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.