

## Optoelektronisches Sensorsystem zur Reifegradmessung bei der Maisernte

### *Optoelectronic sensor system for measuring the degree of maturity during maize harvesting*

Christoph Frederik Kronsbein\*, Martin Egbers\*\*, Arno Ruckelshausen\*

\* Interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt Intelligente Sensorsysteme, Fachhochschule Osnabrück, Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück  
E-Mail: c.Kronsbein@addcom.de

\*\* Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH, Heinrich-Krone-Straße 10, 48480 Spelle

**Zusammenfassung:** Erstmalig kann der Reifegrad von Maispflanzen während der Ernte durch ein optoelektronisches Sensorsystem ("online") bestimmt werden. Der Sensor basiert auf den unterscheidbaren spektralen Eigenschaften von grünen und braunen Maispflanzen. Durch Einsatz schneller elektronischer Schaltungskomponenten wird das Reflexionslicht der gepulsten LED's von einer Photodiode gemessen. Ein Mikrocontroller nimmt die Signalfilterung und die statistische Auswertung vor. Der optoelektronische Sensor wurde in das Maisgebiss eines Feldhäckslers integriert, so dass ein Effekt der Selbstreinigung durch die Maispflanzen genutzt werden kann. Der ermittelte Reifegrad wird auf die Schnittlänge abgebildet, wodurch ein vollautomatisches mechatronisches System geschaffen wurde.

**Deskriptoren:** Online Messung; Spektrale Eigenschaften von Maispflanzen; Gepulste LED's; Reflexionslicht; Photodiode; Selbstreinigung; Reifegrad; Schnittlänge;

**Summary:** *For the first time, the degree of maturity of maize plants can be determined during the harvesting process ("online") with an optoelectronic sensor system. The sensor principle is based on the differences in the spectral reflectance for green and brown maize plants. By using fast electronic circuits the reflected light from pulsed LED's of different wavelengths is measured with a photodiode. With a microcontroller the data are filtered and a statistical analysis is performed. The optoelectronic sensor is placed in the maize header of the harvester, thereby taking profit of self-cleaning effects of the maize plants. The measured degree of maturity is converted to a cutting length, thus a fully automatic mechatronic system is available.*

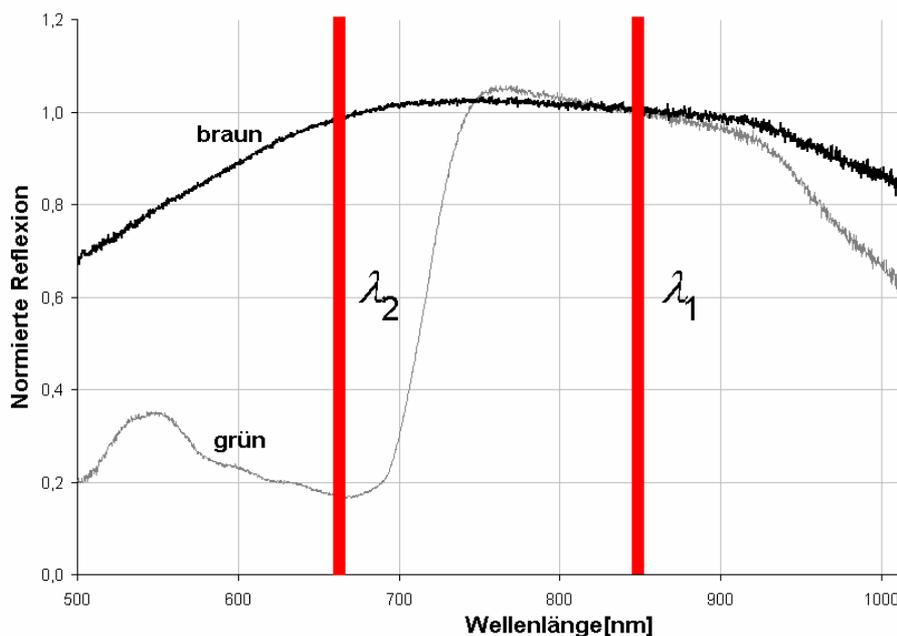
**Keywords:** *online-measurement; spectral reflectance of maize plants; pulsed LED's; reflected light; photodiode; self-cleaning; maturity; cutting length;*

## 1 Einleitung

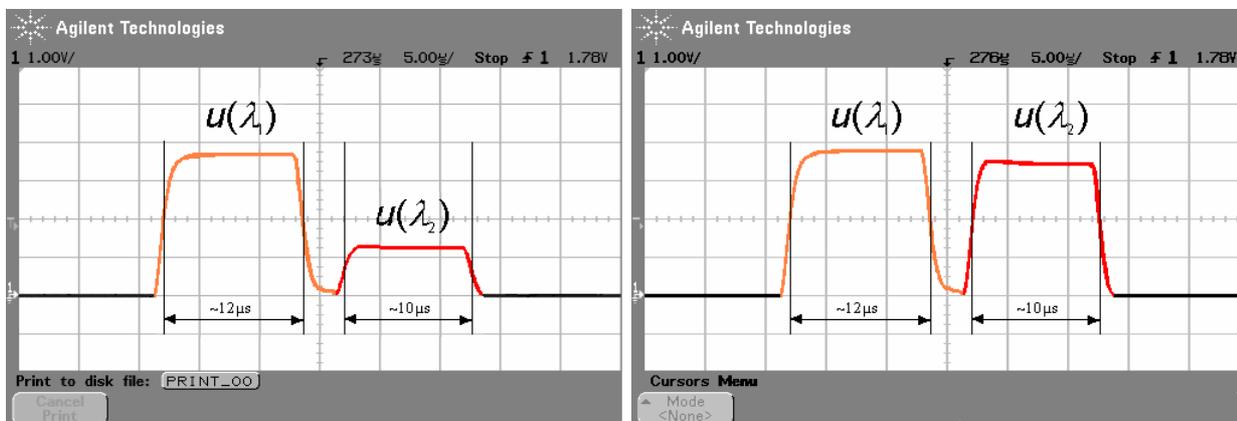
Die Auswirkung der Qualität der Maissilage in der Landwirtschaft ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen (WAGNER *et al.* 2005, MÖLDER 2005). Für eine optimale Maissilage ist die beim Erntevorgang eingestellte Häcksellänge von Bedeutung. Maispflanzen mit erhöhten Grünanteilen neigen im Silagestock aufgrund ihrer höheren Feuchte bei kurzen Häcksellängen zu vermehren. Werden hingegen trockenere Maispflanzen zu lang gehäckselt, kommt es zu vermehrten Lufteinschlüssen. Zur dynamischen Anpassung der Häcksellänge bzw. des Reifegrades von Maispflanzen während des Erntevorgangs wurde ein optoelektronisches Sensorsystem konzipiert und entwickelt. Das System wurde von der Maschinenfabrik Bernard Krone unter der Produktbezeichnung *AutoScan* auf der Agritechnica 2005 vorgestellt.

## 2 Konzeption des AutoScan-Sensors

Zur Realisierung des Sensors wurden optoelektronische Komponenten eingesetzt. Die in **Bild 1** abgebildeten spektralen Eigenschaften von grünen und braunen Maisblättern lassen durch Einsatz selektiver schmalbandiger Wellenlängen eine Messung des Reifezustandes durch Quotientenbildung zu. Die Wellenlängen der eingesetzten LED's wurden auf die zu messende Signatur ausgewählt und werden gepulst betrieben. Störgrößen wie Fremdlicht und fehlendes Erntegut lassen sich durch die Signaturen während und zwischen der Pulsung unterscheiden (RUCKELSHAUSEN *et al.* 2002). Durch den Einsatz von zwei Wellenlängen wird eine Relativmessung vorgenommen. **Bild 2** zeigt die Spannungsverläufe des Vorverstärkers für grüne und braune Blätter.



**Bild 1:** Typisches spektrales Reflexionsverhalten für eine „grüne“ und eine „braune“ Maispflanze. Die Messung bei selektiven Wellenlängen ermöglicht die Bestimmung des Reifegrades  
**Fig. 1:** Typical spectral response of a „green“ and a „brown“ maize plant. The measurement at selective wavelengths allows a detection of the degree of maturity

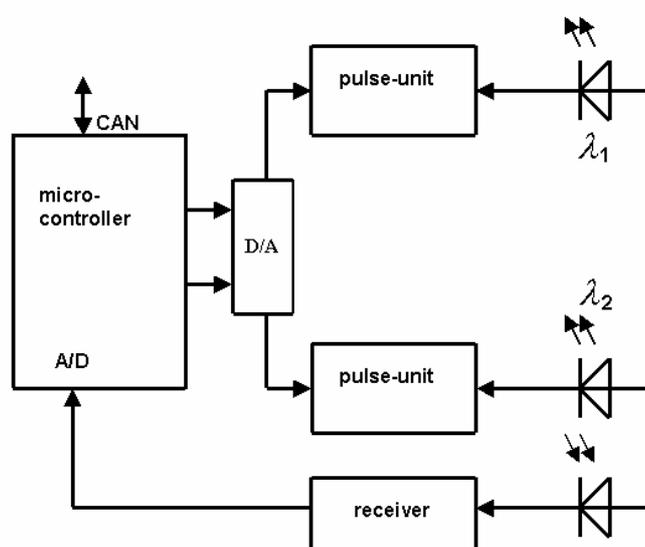


**Bild 2:** Typischer Spannungsverlauf für „grüne“ (links) und „braune“ Maisblätter (rechts)  
**Fig. 2:** Typical voltage response of a „green“ (left) and a „brown“ maize plant (right)

Die Komponenten des AutoScan-Sensors sind in **Bild 3** dargestellt und werden durch einen Mikrocontroller angesteuert. Neben den LED's mit den Messwellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  dient eine PIN-Photodiode als Empfänger. Der Receiver (Vorverstärker) wandelt das Reflexionssignal (Licht) in eine proportionale Spannung, die vom Analog-Digital-Wandler des Mikrocontrollers digitalisiert wird. Die Referenzspannungen der Lichtintensitäten werden für beide Messwellenlängen durch einen Digital-Analog-Wandler (D/A) den Pulse-Unit's zugeführt. Die statistisch ausgewerteten Messdaten (Quotienten) werden gemittelt und auf Basis einer abgelegten Kalibrierung in eine relative Schnittlänge

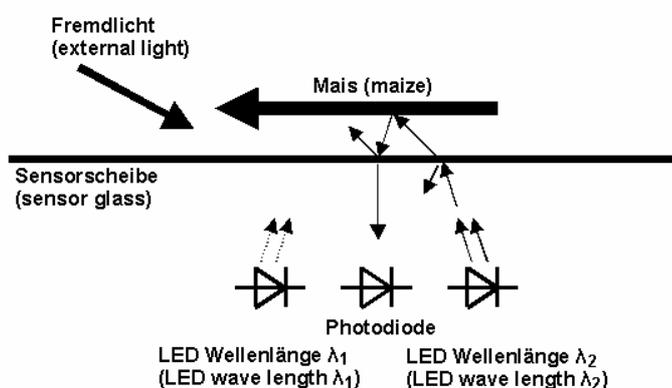
umgerechnet. Über die CAN-Schnittstelle des Mikrocontrollers wird diese Information bereitgestellt (EGBERS *et al.* 2005).

Das Messprinzip ist in **Bild 4** dargestellt. Im Gegensatz zu statischen Messungen setzen Messungen im dynamischen Fall durch die bewegten Messobjekte (Mais) eine schnelle Elektronik und Signalverarbeitung voraus, damit die Ortsabhängigkeit des Messortes gering ausfällt. Der an der Sensorscheibe vorbeifließende Gutstrom ist strukturbehaftet, so dass die Geometrie von Messung zu Messung variiert. Spezielle Überlegungen bei der Pulsung und der Signalauswertung sind daher erforderlich. Der direkte Kontakt zwischen Sensorscheibe und Erntegut (Mais) stellt einen Effekt der Selbstreinigung sicher, so dass die optische Transparenz der Sensorscheibe erhalten bleibt.



**Bild 3:** Elektronisches Blockschaltbild des AutoScan Sensors

*Fig. 3: Electronic architecture of the AutoScan Sensor*

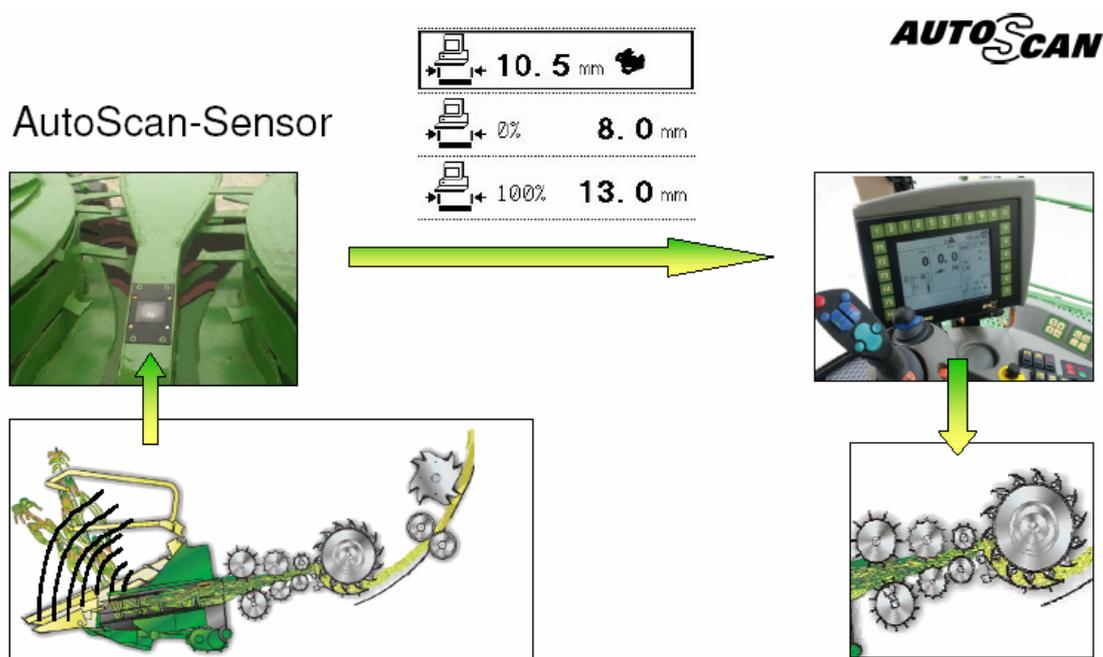


**Bild 4:** Messprinzip zur Bestimmung des Reifegrades von Mais

*Fig. 4: Principle of measurement for determining the degree of maturity for maize*

### 3 Systemintegration

Um eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit für den Kontakt zwischen Erntegut (Mais) und dem AutoScan-Sensor sicherzustellen, wurde der AutoScan-Sensor im Bereich des Einzuges des BIG-X Feldhäckslers integriert. **Bild 5** zeigt die geschlossene Wirkungskette des AutoScan-Sensors. Durch die Vorgabe der minimalen und maximalen Schnittlängen errechnet die AutoScan-Regelelektronik die optimale Häcksellänge für die jeweiligen Maispflanzen innerhalb des vom Fahrer vorgegebenen „Korridors“. Die hydraulisch angetriebenen Vorpressewalzen werden daraufhin entsprechend in ihrer Geschwindigkeit verstellt. Diese führt automatisch zu einer Veränderung der Häcksellänge (EGBERS *et al.* 2005).

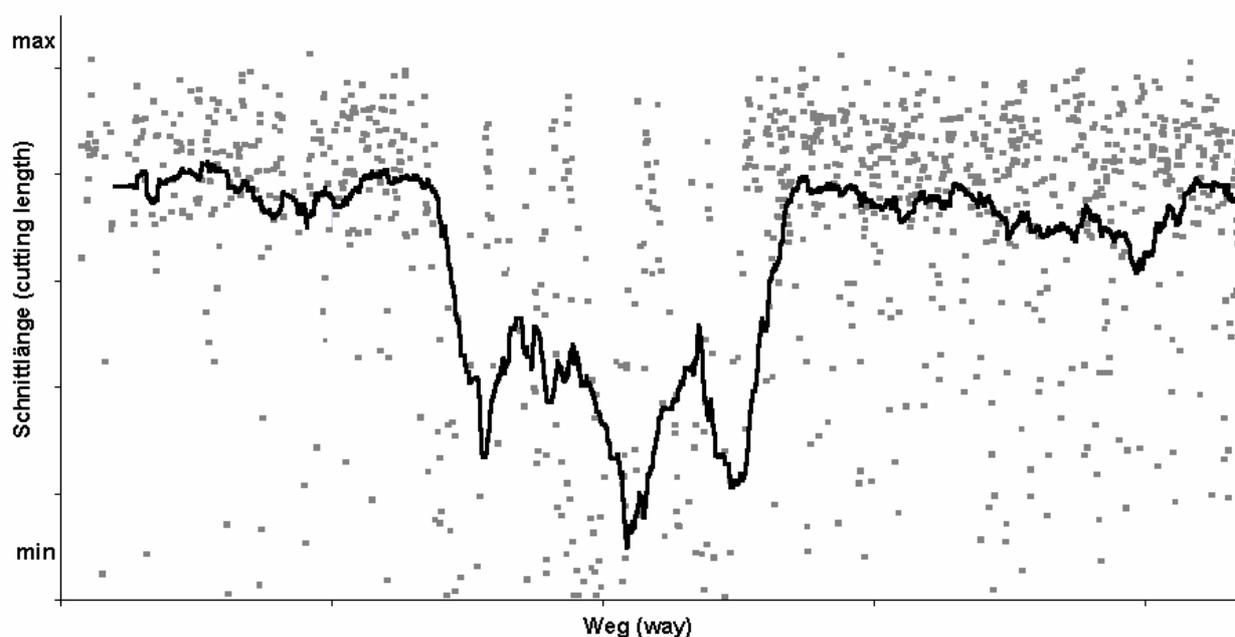


**Bild 5:** Systemintegration des AutoScan-Sensors

**Fig. 5:** System integration of the AutoScan sensor

### 4 Messergebnisse

Die Messungen (siehe Beispiel in **Bild 6**) belegen, dass auf Basis der selbstreinigenden Effekte und Signalfilterungen eine quantitative optoelektronische Messung des Reifegrades im Maisvorsatz durchgeführt werden kann. Der Bereich der Signalabsenkung sind Maispflanzen mit einem erhöhten Braunanteil.



**Bild 6:** Messergebnisse in einem heterogenen Bestand

**Fig. 6:** Measurement results in a heterogeneous crop

## 5 Ergebnis

Es wurde ein optoelektronisches Sensorsystem entwickelt, welches online – während des Erntevorgangs – den Reifegrad von Maispflanzen misst. Der AutoScan-Sensor ermöglicht damit die vollautomatische Einstellung der Häcksellänge während der Ernte zu Erzielung der optimalen Silagequalität. Es hat sich gezeigt, dass unter rauen Umgebungsbedingungen und Störgrößen zuverlässige optoelektronische Messungen durchgeführt werden können.

## 6 Literatur

- EGBERS M., KRONSBEIN C., RUCKELSHAUSEN A. (2005):** „Online-Messung des Reifegrades von Maispflanzen zur Optimierung der Häckselqualität“, 63. Internationale Tagung Landtechnik 2005, Hannover, VDI-Verlag, VDI-Berichte 1895, S. 337-341
- MÖLDER R. (2005):** „Was bringen größere Häcksellängen beim Silieren von Mais?“, profi 3, S. 62-64
- RUCKELSHAUSEN A., LINZ A., HUNTEMANN L., MAßBAUM F., BAIER G. (2002):** "Fremdlichtunabhängige Messung der Flächenbelegung in Pflanzenkulturen: Entwicklung von Low-Cost-Systemen mit neuen Spektrosensoren und gepulster Beleuchtung", 60. Internationale Tagung Landtechnik, Halle, VDI-Verlag, VDI-Berichte 1716, S. 145-150
- WAGNER A., LEURS K., BÜSCHER W. (2005):** "Silomais - Einfluss der Häcksellänge auf Verdichtung, Silierung und Nacherwärmung", Landtechnik 60, H.1, S. 22-23