

# TEILSCHLAGTECHNIK

Guido Thösink, Jörg Preckwinkel, Andreas Linz, Johannes Marquering, Arno Ruckelshausen

## Optoelektronisches Sensorsystem zur Messung der Pflanzenbestandsdichte

Schlüsselkomponenten für eine präzise Landbewirtschaftung sind zuverlässige Sensoren zur Erfassung der Pflanzen- und Umgebungsmerkmale. Zur Messung des Pflanzenbestandes wird eine neue optoelektronische Messmethode vorgeschlagen, die sowohl hinsichtlich der geforderten Qualität als auch der Kosten viel versprechende Optionen bietet. Das Sensorsystem basiert auf kostengünstigen optoelektronischen Distanzsensoren, die auch bei hohen Geschwindigkeiten die Pflanzenhöhe zuverlässig messen, und einer intelligenten mikrocontrollerbasierten Signalverarbeitung. Die reduzierten Daten stehen dem Anwender via CAN-Bus zur Interpretation bzw. Weiterverarbeitung für Düngung oder Ertragsmessungen zur Verfügung.

Dr. Johannes Marquering ist Leiter der Elektronikentwicklung der AMAZONEN-WERKE H.Dreyer GmbH & Co. KG in Hasbergen-Gaste. Prof. Dr. Arno Ruckelshausen, Dipl.Ing. (FH) Andreas Linz, Dipl.Ing.(FH) Guido Thösink und Dipl.Inf.(FH) Jörg Preckwinkel arbeiten in der Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik der Fachhochschule Osnabrück. E-Mail: [a.ruckelshausen@fhos.de](mailto:a.ruckelshausen@fhos.de).

### Schlüsselwörter

Optoelektronische Abstandsmessung, Triangulationssensor, Pflanzenhöhe, Pflanzenbestand.

### Keywords

Optoelectronic distance measurement, triangulation sensor, crop height, crop density.

Literaturhinweise sind unter LTxxxxx über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/literatur.htm> abrufbar.

Die teilflächenspezifische Landbewirtschaftung lässt ökonomische und ökologische Vorteile für den Landwirt und den Verbraucher erwarten. Neben GPS-gestützten Verfahren, die bei bekannten bewirtschaftungsrelevanten Merkmalen unterschiedliche Arbeitsgänge ermöglichen ("mapping"), werden Online-Verfahren zur Messung von Pflanzen- und Umgebungsmerkmalen entwickelt [1]. Die Verfügbarkeit zuverlässiger Sensoren für Feldanwendungen stellt jedoch eine wichtige Randbedingung für Produkte in diesem Bereich dar. Die komplexen Anforderungen für den Feldeinsatz unter dem Einfluss zahlreicher Störgrößen haben in der Praxis bisher zu keinem umfassenden Sensoreinsatz geführt. Nur wenige Sensorsysteme werden eingesetzt, wobei – z.B. bei dem Einsatz von Spektralsensoren zur Düngung [2-5] – hohe Investitionskosten bei gleichzeitiger Komplexität der Interpretation der Messdaten entstehen. Alternative Systeme zur Messung des Pflanzenbestandes basieren auf mechanischen Komponenten [6], deren Signale mit zusätzlichen Sensorinformationen korrigiert werden müssen und in der Praxis einen hohen Wartungsaufwand erwarten lassen.

Im Rahmen einer Kooperation der AMAZONEN-WERKE und der Fachhochschule Osnabrück wurde daher eine Methode für ein rein optoelektronisches berührungsloses Sensorsystem entwickelt, welches bei möglichst geringen Kosten dem Anwender zuverlässige Informationen zum Pflanzenbestand liefern soll [7]. Die verfügbaren Messergebnisse können dann gegebenenfalls mit weiteren Informationen von Sensoren oder Datenbanken kombiniert werden und zur Optimierung des Ertrages beitragen. Ziel der Entwicklung ist zunächst die Bestimmung der Pflanzenhöhe als wichtige Kenngröße. Es wurden zwar bereits erste Arbeiten zur Kombination des Vegetationsindices (NDVI: "Normalised Difference

Vegetation Index") als spektrale Signatur mit Höhenmessungen unter Verwendung von Ultraschallsensoren durchgeführt [8], jedoch können Ultraschallsensoren die Anforderungen bzgl. der örtlichen Auflösung und der Geschwindigkeit nicht erfüllen. Es werden daher optoelektronische Distanzsensoren zur Abstandsmessung eingesetzt. Bereits bei der Entwicklung eines Multisensorsystems zur Unterscheidung von Nutzpflanzen und Unkräutern in Reihenkulturen haben die Autoren 1999 erstmals erfolgreich Triangulationssensoren zur Stängeldetektion eingesetzt [9].

### Messung der Pflanzenhöhe

Bild 1 zeigt das Messprinzip zur Bestimmung der Pflanzenhöhe: Der Triangulationssensor tastet mit hoher geometrischer und zeitlicher Auflösung die Oberfläche ab, so dass sowohl Pflanzen- als auch Bodensignale aufgenommen werden. Durch Differenzbildung kann lokal die Höhe der Pflanzen bestimmt werden, so dass die Ergebnisse Bodenunebenheiten berücksichtigen.

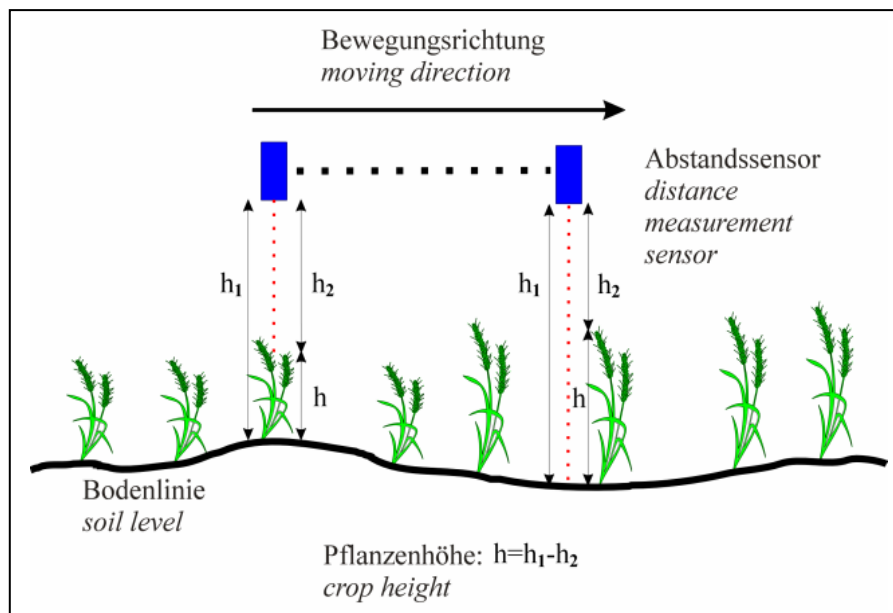


Bild 1: Messprinzip zur Bestimmung der Pflanzenhöhe.  
Fig.1: Basic concept for crop height measurement.

Bei typischen Geschwindigkeiten von 10 km/h müssen damit Strukturen von wenigen Millimetern erfasst werden. Die resultierenden Zeitauflösungen im Bereich von 1 ms und darunter werden von optischen Distanzsensoren erreicht. Bild 2 zeigt beispielsweise ein Prinzip für Triangulationssensoren: Je nach Abstand des reflektierenden Objektes werden auf einem PSD (Position Sensitive Device) oder einem CCD-Zeilensensor (Charge Coupled Device) in definierten Bereichen elektrische Signale generiert, so dass hieraus die Höhe mit einer Genauigkeit im mm-Bereich bestimmt werden kann. Es gibt unterschiedliche Ausführungen optischer Distanzsensoren, wobei z.B. verschiedene Lichtquellen (LED, Laserdioden), Entfernungsbereiche oder Pulsverfahren verwendet werden. Im Rahmen der dargestellten Versuche wurde ein Laser-Distanzsensor der Firma Baumer electric [10] verwendet.

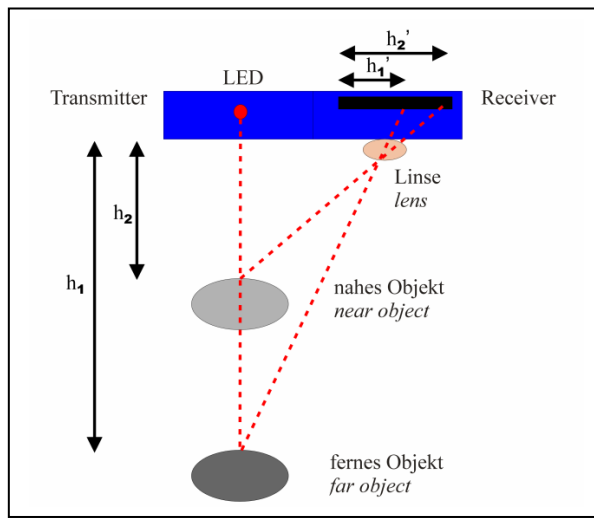


Bild 2: Funktionsprinzip eines Triangulationssensors (Beispiel).  
 Fig.2: Basic function of a triangulation sensor (example).

### Systemintegration

Der Triangulationssensor tastet typischerweise eine Fläche von wenigen Quadratmillimetern ab, so dass die statistische Auswertung der Signale via Software im angeschlossenen Mikrocontroller erfolgt. Nach der A/D-Wandlung werden die Messdaten gespeichert. Der Triangulationssensor hat zusätzlich einen Fehlerausgang, so dass zunächst fehlerhafte Signale herausgefiltert werden können. Es können nun reduzierte Daten (z.B. die mittlere Höhe oder die Anzahl der Pflanzen pro Fläche) via CAN-Bus dem Anwender zur Verfügung gestellt werden. Sind entsprechende Datenbanken verfügbar, so kann aufgrund der Messdaten die Pflanzenmasse prognostiziert werden.

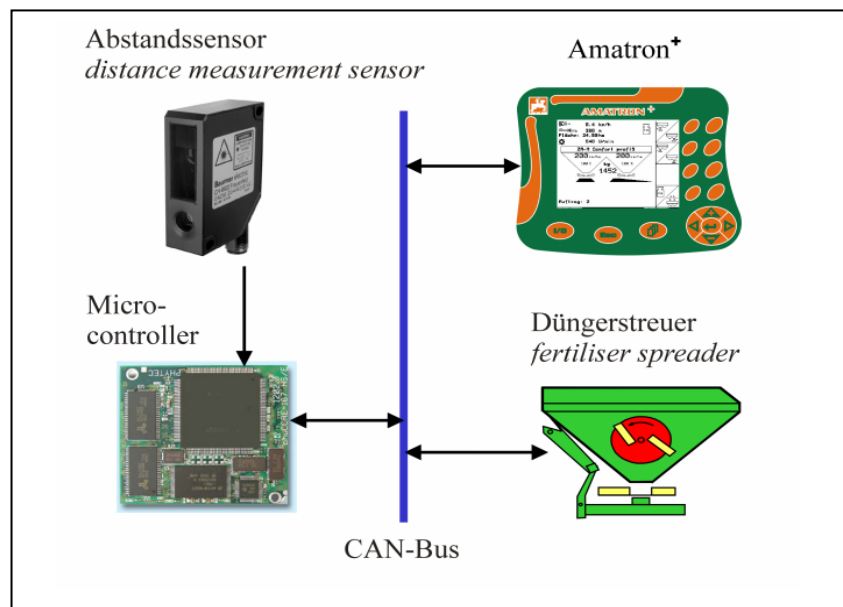
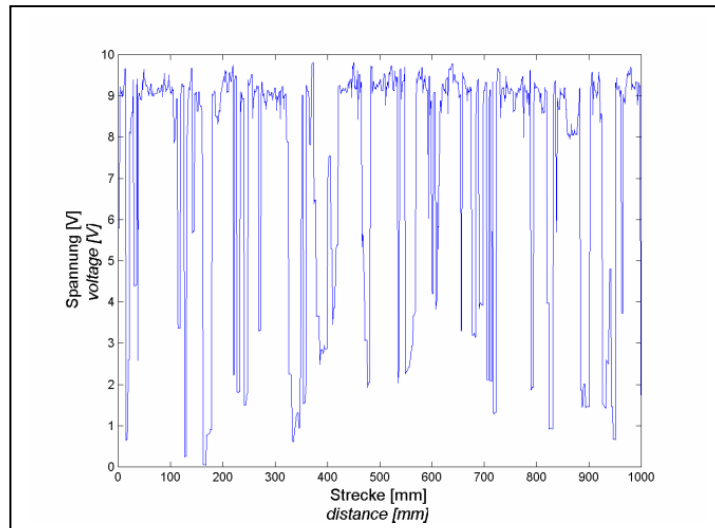


Bild 3: Systemintegration des Abstandssensors.  
 Fig.3: System integration of the distance measurement sensor.

In Abhängigkeit von der geforderten Genauigkeit kann die Statistik durch eine entsprechend lange Messtrecke oder durch eine größere Zahl von Triangulationssensoren verbessert werden.

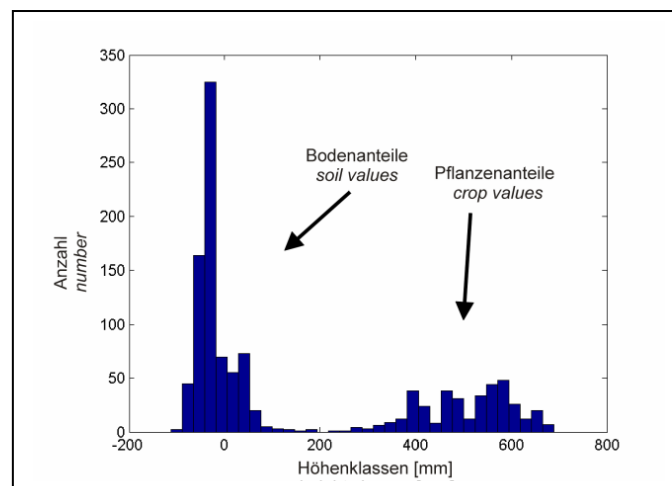
## Versuchsergebnisse

Auf einer Drehscheibe wurden verschiedene Triangulationssensoren bis zu Geschwindigkeiten von 10 km/h getestet. Mit dem verwendeten Baumer-Sensor konnten Objektbreiten von wenigen Millimetern im gesamten untersuchten Geschwindigkeitsbereich zuverlässig gemessen werden. Erste Feldversuche wurden durchgeführt, Bild 4 zeigt Original-Messdaten eines Feldausschnittes (1 Meter) für Hafer. Die hohen Pegel im Bereich von 9 V stammen vom Boden, die Spitzen sind Signale von Pflanzen. Die Position wurde mit einem Drehgeber mit einer Auflösung von 1 mm definiert.



*Bild 4: Höhenprofil eines Feldausschnittes für Hafer.  
Fig.4: Height profile for a field section of oats.*

Bild 5 zeigt das Histogramm einer Höhenverteilung nach Umrechnung der Sensorsignale. Deutlich sind in diesem Beispiel die Boden- und Pflanzensignale zu unterscheiden. Je nach Blattbestand können pflanzenspezifische Software-Filteralgorithmen zu Höhenbestimmung verwendet werden.



*Bild 5: Histogramm zur Höhenverteilung der Messsignale.  
Fig.5: Histogram for the height distribution of the measured signals.*

Für zwei Feldabschnitte wurde im Vergleich zu einem manuell bestimmten mittleren Höhenwert eine gute Übereinstimmung festgestellt (siehe Tabelle 1).

Referenzwert (manuell)	Messung (Mittelwert)	Messung (Standardabweichung)
57 cm	58 cm	2 cm
72 cm	72,5 cm	5 cm

*Tab. 1: Messung der Pflanzenhöhe für 2 Feldabschnitte (Hafer).  
Table 1: Height profile measurements for 2 field sections (oat).*

## **Fazit**

Ein neues optoelektronisches Sensorsystem wurde im Rahmen erster Labor- und Feldversuche für Messungen des Pflanzenbestandes dynamisch getestet und lieferte Erfolg versprechende Ergebnisse:

- Optoelektronische Distanzsensoren (insbesondere Triangulationssensoren) können bis zu Geschwindigkeiten von mindestens 10 km/h zur Messung der Pflanzenhöhe eingesetzt werden.
- Messungen mit einer Auflösung im Bereich weniger Millimeter erlauben eine statistische Auswertung der Signale.
- Das System arbeitet unabhängig von Bodenunebenheiten und Vibrationen.
- Die schnelle mikrocontrollerbasierte Auswertung erlaubt die Implementierung von Filteralgorithmen und die Generierung kundenspezifischer reduzierter Daten für das Bussystem zur weiteren Verarbeitung durch den Anwender.

Im nächsten Schritt ist die systematische Untersuchung für verschiedene Nutzpflanzen in unterschiedlichen Wachstumsstadien unter Störgrößeneinfluss geplant, wobei über entsprechende Datenbanken die Korrelation zu weiteren Pflanzenmerkmalen (z.B. Pflanzenmasse) hergestellt werden soll.

Referenzen (werden im Internet abgelegt):

[1] Schön, H.; Auernhammer, H.: Neue Techniken der Prozeßsteuerung und Automatisierung im Pflanzenbau und in der Tierhaltung. Agrarwirtschaft 48 (1999), H. 3/4, S. 130-140.

[2] Thiessen, E.: Erfahrungen mit der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung. Landtechnik 56 (2001), H. 4, S. 278 – 279.

[3] Thiessen, E.: Variabilität der Teilflächen bei der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung. Landtechnik 57 (2002), H. 1, S. 12 – 13.

[4] Graeff, S.; Steffens, D.; Schubert, S.: Präziser Düngen mit Sensoren. DLG Mitteilungen 11 (2001), H. 4, S. 50 – 51.

[5] Dammer, K.-H.; Giebel, A.; Witzke, K.; Adamek, R.: Sensorgestützte Applikation von Pflanzenschutzmitteln. Landtechnik 57 (2002), H. 4, S. 210 – 211.

[6] Ehlert, D.; Domsch, H.: Sensor Pendulum-Meter in Field Tests. AGENG 2002, Budapest, 2002, paper number 02-PA-003.

[7] Vorrichtung zur Messung der Pflanzenbestandsdichte. Deutsche Patentschrift 103 29 472.4, 2002.

[8] Scotford, I.M.; Miller, P.C.M.: Characterisation of winter wheat using measurement of normalised difference vegetation index and crop height. Precision Agriculture 2003, Wageningen Academic Publisher, The Netherlands, pp 621-626.

[9] Ruckelshausen, A.; Dzinaj, T.; Gelze, F.; Kleine Hörstkamp, S.; Linz, A.; Marquering, J.: Microcontroller-based multi-sensor system for online crop/weed detection. Proceedings of the International Brighton Conference "Weeds", 1999, pp 601-606.

[10] [www.baumerelectric.com](http://www.baumerelectric.com)