

## Methode zur optoelektronischen Online-Bestandsdichtemessung in der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung

### *Method for opto-electronic on-line measurement of crop density in site-specific farming*

Jörg Preckwinkel<sup>1</sup>, Guido Thösink<sup>1</sup>, Andreas Linz<sup>1</sup>, Johannes Marquering<sup>2</sup>,  
Arno Ruckelshausen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt Intelligente Sensorsysteme, Fachhochschule Osnabrück, Albrechtstraße 30, 49076 Osnabrück

E-mail: [j.preckwinkel@fh-osnabrueck.de](mailto:j.preckwinkel@fh-osnabrueck.de)

<sup>2</sup> AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG, Am Amazonen-Werk 9-13, 49205 Hasbergen-Gaste

**Zusammenfassung:** Eine neue optoelektronische Methode zur berührungslosen Messung des Höhenprofils von Pflanzenbeständen wird vorgeschlagen, wobei Triangulationsensoren mit hoher geometrischer und zeitlicher Auflösung zum Einsatz kommen. Mittels statistischer Online-Auswertung werden aus der Höhenmessung einzelner Pflanzen Kenndaten für die teilflächenspezifische Landbewirtschaftung gewonnen, z.B. die mittlere Wuchshöhe oder die Pflanzendichte. Die reduzierten Daten stehen dem Anwender via CAN-Bus zur Interpretation und Weiterverarbeitung zur Verfügung.

**Deskriptoren:** Laserdistanzsensor, Triangulation, Höhenprofil, Pflanzenbestandsdichte.

**Summary:** *A new opto-electronic method is proposed for the contactless measurement of height profiles in crop using triangulating distance measurement sensors with a high geometric and temporal resolution. Characteristic data is gained by a statistical on-line analysis of the measured height from individual plants. This reduced data, e.g. the average plant height or the crop density, can be deployed for site-specific farming and is provided via CAN-bus for user applications.*

**Keywords:** *laser distance sensor, triangulation, height profile, crop density*

## 1. Einleitung

Grundlage für die präzise teilflächenspezifische Landwirtschaft ist die möglichst genaue Kenntnis über den Zustand des Pflanzenbestandes. Wichtige Voraussetzung zur Ermittlung dieser Informationen sind zuverlässige Sensordaten. Verschiedene Verfahren stehen zur Verfügung. Neben der Offline-Auswertung von Satelliten- oder Flugzeugaufnahmen oder GPS-gestützten Verfahren mit ihren prinzipbedingten Nachteilen gibt es auch unterschiedliche Ansätze für die Online-Messung. Jedoch haben die komplexen Randbedingungen bei Feldeinsätzen mit den einhergehenden zahlreichen Störgrößen bislang einen umfassenden Sensoreinsatz verhindert. Systeme die auf spektraler Analyse beruhen, z.B. zur Stickstoffdüngung (THIESSEN 2001, GRAEFF *et al.* 2001), haben den Nachteil von hohen Investitionskosten und einer komplexen Interpretation der Messdaten. Mechanische Verfahren (EHLERT *et al.* 2002) lassen dagegen einen höheren Wartungsaufwand erwarten, und das Messsignal muss mittels zusätzlicher Sensorinformationen korrigiert werden.

Im Rahmen einer Kooperation zwischen den Amazonen-Werken H. Dreyer GmbH & Co. KG und der Fachhochschule Osnabrück wurde daher eine Methode für ein berührungsloses und damit nahezu verschleißfreies Sensorsystem entwickelt. Zum Einsatz kommen schnelle und relativ kostengünstige optoelektronische Distanzsensoren, mit deren Hilfe zuverlässige Informationen über den Pflanzenbestand ermittelt werden sollen. Die ausgangsseitigen Daten des Sensorsystems kann der Anwender direkt verwenden oder mit Informationen aus Datenbanken verrechnen, und damit zu einer Ertragsoptimierung beitragen (VORRICHTUNG... 2002). Es gibt bereits Arbeiten, die sich mit der Kombination von Höhenmessungen und anderen Messparametern (z.B. NDVI, „Normalised Difference Vegetation Index“) unter der Verwendung von Ultraschall-Distanzsensorik auseinandersetzen (SCOTFORD *et al.* 2003). Jedoch erfüllen die Ultraschallsensoren nicht die Anforderungen an die örtliche und zeitliche Auflösung, weshalb hier optoelektronische Distanzsensoren eingesetzt werden.

## 2. Das Messprinzip

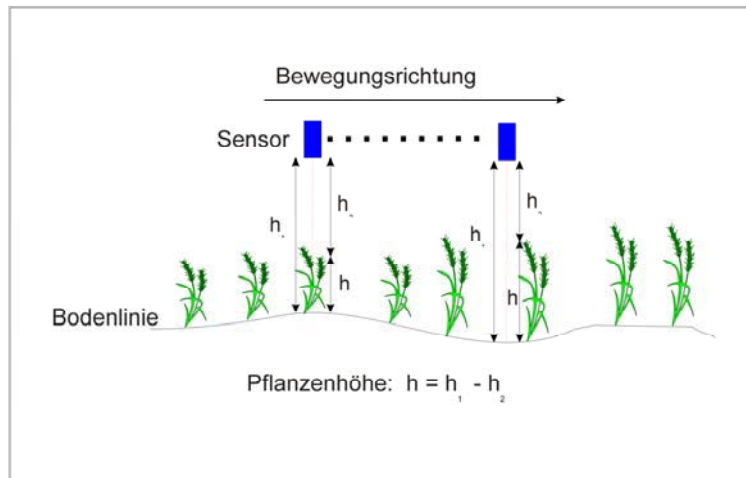


Bild 1: Messprinzip des Sensorsystems

Ein oder mehrere Triangulationssensoren sind vor der Zugmaschine angebracht. Wie die Skizze in Bild 1 zeigt, weist der messende Lichtstrahl vertikal in Richtung des Bodens. Während der Überfahrt wird in regelmäßigen Abständen der vom Sensor gemessene Distanzwert abgetastet. Das somit erhaltene detaillierte Höhenprofil wird durch Differenzbildung zwischen lokalen Minimal- und Maximalwerten zur Bestimmung einer durchschnittlichen Pflanzenhöhe herangezogen. Da in dem Profil sowohl Pflanzen- als auch Bodenmesswerte enthalten sind, werden so Bodenunebenheiten ausgeglichen. Die verwendeten Sensoren erlauben Abtastraten von mehr als 1 kHz, wodurch bei einer Geschwindigkeit von 10 km/h in einem Raster von wenigen Millimetern abgetastet wird. Am Markt stehen verschiedene Sensortypen zu Verfügung, die sich hauptsächlich in der Form der Lichtquelle (LED, Laser), des Empfängerelements (PSD, CCD), der Distanzbereiche oder der Anwendung verschiedener Modulationsverfahren unterscheiden. Bei den eingesetzten Sensoren handelt es sich um Laser-Triangulationssensoren der Firma Baumer electric ([www.baumerelectric.com](http://www.baumerelectric.com)) die Laserdioden verwenden und einen Messbereich von 200 mm bis 1000 mm aufweisen.

Die Abtastung der Sensorsignale übernimmt ein Mikrocontroller. Er führt eine A/D-Wandlung des anliegenden Höhenmesswerts durch und speichert die Werte zwischen. Wenn eine genaue Distanzmessung aufgrund von Störeinflüssen nicht möglich ist, kann der jeweilige Sensor dies über einen Alarmausgang mitteilen. Mit Hilfe dieser Information kann im Mikrocontroller eine Filterung der ungültigen Daten vor der eigentlichen Auswer-

tung durchgeführt werden. Der Benutzer erhält schließlich die gefilterten und verarbeiteten Daten über den CAN-Bus. Falls eine externe Datenbank verfügbar ist, kann in Kombination mit diesen Informationen die Pflanzenmasse prognostiziert werden.

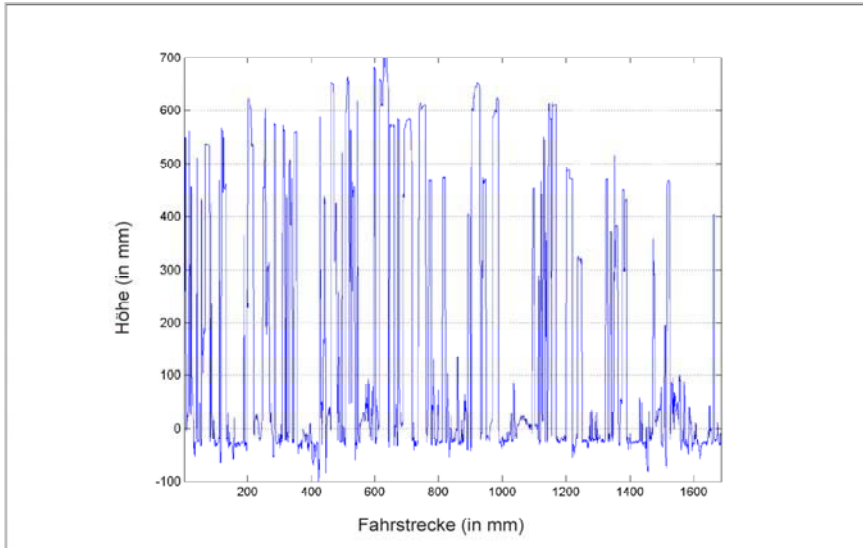


Bild 2: Höhenprofil einer kurzen Messstrecke in Hafer

### 3. Versuchsergebnisse

Es wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Eine motorisch angetriebene Drehscheibe diente dabei im Labor zur Simulation von Geschwindigkeiten bis zu 10 km/h. Die Sensoren von Baumer electric waren in der Lage, Objektbreiten von wenigen Millimetern Breite im gesamten untersuchten Geschwindigkeitsbereich zuverlässig zu messen. Mit einem manuell geschobenen Messwagen wurden im Feld einige Messreihen aufgenommen. Bild 2 zeigt einen kurzen Ausschnitt eines Höhenprofils von Hafer. Die Spitzen repräsentieren dabei Pflanzensignale. Ein auf die Achse des Messwagens geflanschter Drehimpulsgeber definierte den Messtakt und damit die horizontale Auflösung von einem Millimeter.

Bild 3 zeigt eine typische Häufigkeitsverteilung der Sensormesswerte. Deutlich ist eine Bimodalität zu erkennen, die Boden- und Pflanzensignale voneinander trennt. Mit dem Einsatz von pflanzenspezifischen Software-Filteralgorithmen ist eine Höhenbestimmung möglich.

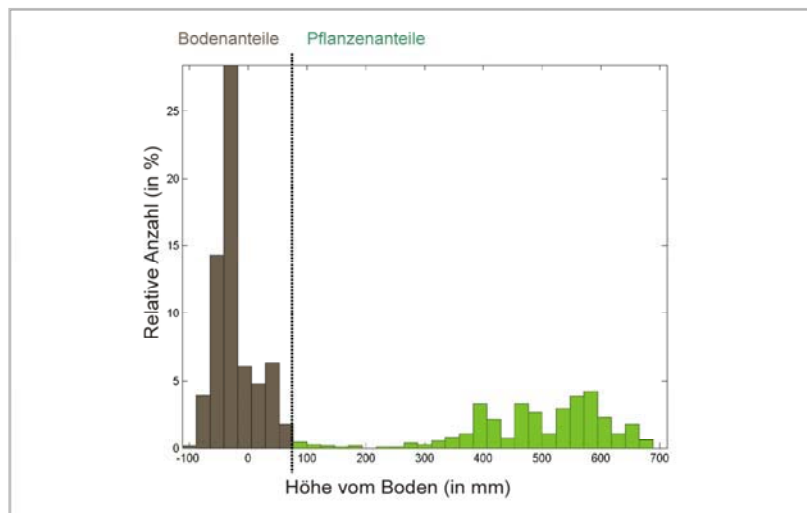


Bild 3: Häufigkeitsverteilung der Höhenmesswerte

#### 4. Fazit

Ein neues optoelektronisches Sensorsystem für Messungen des Pflanzenbestandes wurde in ersten Labor- und Feldversuchen dynamisch getestet und lieferte Erfolg versprechende Ergebnisse. Optoelektronische Distanzsensoren eignen sich für die Messung der Pflanzenhöhe bei Geschwindigkeiten bis zu 10 km/h und darüber. Dabei ist die Auflösung so hoch, dass eine statistische Auswertung der Signale möglich ist. Spezifische Filteralgorithmen in der mikrocontrollerbasierten Auswertung können die Profildaten je nach Anwendung reduzieren. Das System arbeitet verschleißfrei und nahezu unabhängig von Bodenunebenheiten und Vibrationen. Im weiteren Verlauf ist eine systematische Untersuchung verschiedener Nutzpflanzen in unterschiedlichen Wachstumsstadien geplant. Dabei ist das Ziel der Aufbau einer Korrelationsdatenbank mit weiteren Pflanzenmerkmalen, wie beispielsweise der Pflanzenmasse.

#### 5. Literatur

**EHLERT D, DOMSCH H (2002)** Sensor Pendulum-Meter in Field Tests. AGENG 2002, Budapest, paper number 02-PA-003

**GRAEFF S, STEFFENS D, SCHUBERT S (2001)** Präziser Düngen mit Sensoren. DLG Mitteilungen 116, H. 4, S. 50 – 51

**SCOTFORD IM, MILLER PCM (2003)** 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

**THIESSEN E (2001)** Erfahrungen mit der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung. Landtechnik 56, H. 4, S. 278 – 279

**VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER PFLANZENBESTANDSDICHTE. (2002)** Deutsche Patentschrift 103 29 472.4, 2002

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