

Guido Thösink, Jörg Preckwinkel, Andreas Linz und Arno Ruckelshausen, Osnabrück, sowie Johannes Marquering, Hasbergen

Optoelektronisches Sensorsystem zur Messung der Pflanzenbestandsdichte

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 und 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; e-mail: Johannes.Marquering@amazonen.de
 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

Schlüsselwörter

Optoelektronische Abstandsmessung, Triangulationssensor, Pflanzenhöhe, Pflanzenbestand.

Keywords

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

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04218 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Die teilflächenspezifische Landwirtschaft 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 - etwa bei dem Einsatz von Spektralsensoren zur Düngung [2, 3, 4, 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 gegebenen-

Bild 1: Messprinzip zur Bestimmung der Pflanzenhöhe

Fig.1: Basic concept for crop height measurement

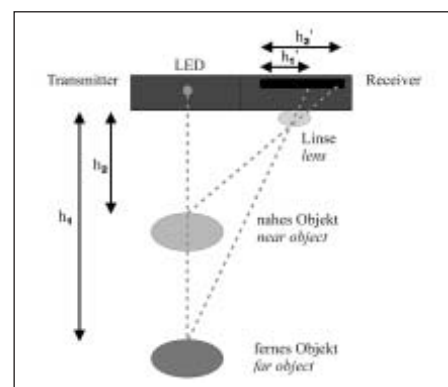
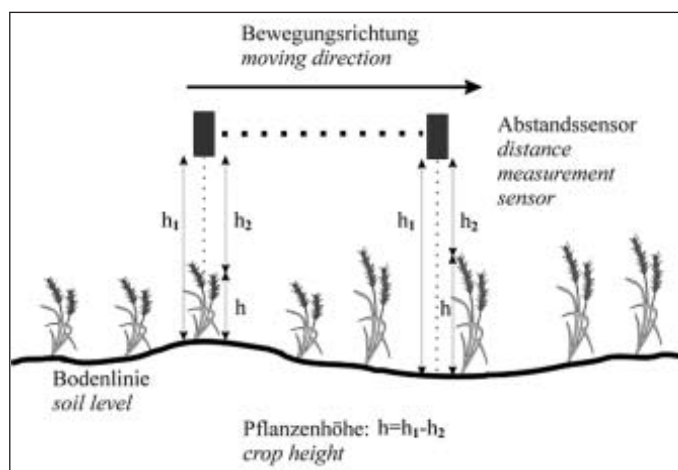


Bild 2: Funktionsprinzip eines Triangulationssensors (Beispiel)

Fig.2: Basic function of a triangulation sensor (example)

falls 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 Vegetationsindex (NDVI: „Normalised Difference Vegetation Index“) als spektrale Signatur mit Höhenmessungen unter Verwendung von Ultraschallsensoren durchgeführt [8], jedoch können Ultraschallsensoren die Anforderungen bezüglich der örtlichen Auflösung und der Geschwindigkeit nicht erfüllen. Es werden daher optoelektronische Distanzsensoren zur Abstandsmessung eingesetzt. Be-

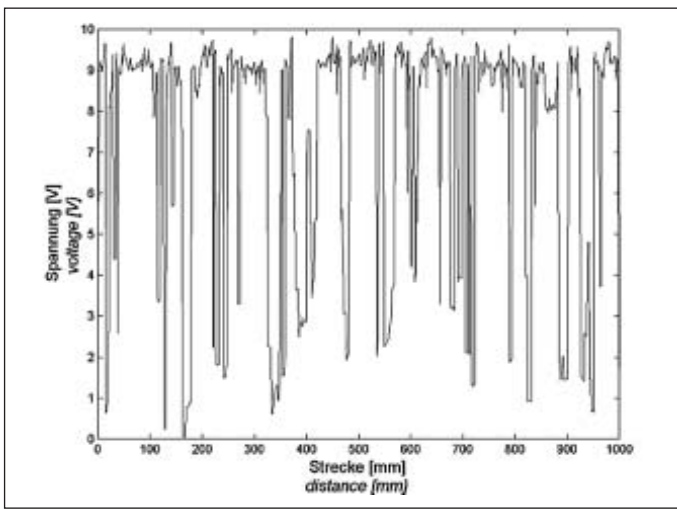


Bild 3: Höhenprofil eines Feldausschnittes für Hafer

Fig. 3: Height profile for a field section of oats

reits bei der Entwicklung eines Multisensorsystems zur Unterscheidung von Nutzpflanzen und Unkräutern in Reinkulturen 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 Bodenebenheiten berücksichtigen.

Tab. 1: Messung der Pflanzenhöhe für 2 Feldabschnitte (Hafer)

Table 1: Height profile measurements for 2 field sections (oat)

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

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 zum Beispiel verschiedene Lichtquellen (LED, Laserdioden), Entfernungsbereiche oder Pulsverfahren verwendet werden. Im Rahmen der dargestellten Versuche wurde

ein Laser-Distanzsensor der Firma Baumer electric [10] verwendet.

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 (etwa 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.

In Abhängigkeit von der geforderten Genauigkeit kann die Statistik durch eine entsprechend lange Messstrecke 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 Feldver-

suche wurden durchgeführt, Bild 3 zeigt Original-Messdaten eines Feldausschnittes (1 m) 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 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.

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

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 Bodenebenheiten 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 (etwa Pflanzenmasse) hergestellt werden soll.

Bild 4: Histogramm zur Höhenverteilung der Messsignale

Fig. 4: Histogram for the height distribution of the measured signals

