

Detlef Ehlert, Michael Heisig und Antje Giebel

Einsatzpotenzial von Laserscannern im Pflanzenbau

Die Landwirtschaft muss immer effizienter und präziser produzieren, dafür sind neue sensortechnische Lösungen erforderlich. Es wird im Folgenden der Frage nachgegangen, ob die Pflanzenproduktion mit Laserscannern präziser gestaltet werden kann. Es sind zahlreiche Laserscanner mit unterschiedlichen Messeigenschaften verfügbar. Um ihr Einsatzpotenzial für die Erfassung von verfahrensrelevanten Objekten in der Pflanzenproduktion bewerten zu können, sind zielgerichtete Untersuchungen notwendig. Im Beitrag werden die Messeigenschaften eines für die automobilen Fahrerunterstützung entwickelten Laserscanners zur Erkennung von Pflanzenbeständen, Bestandeskanten, Regelspuren, Schwaden und Hindernissen vorgestellt.

Schlüsselwörter

Präzisionslandwirtschaft, Laserscanner, Pflanzenbestand, Modellierung

Keywords

Precision Agriculture, laser scanner, crop stand, modelling

Abstract

Ehlert, Detlef; Heisig, Michael and Giebel, Antje

Potential of laser scanners in crop production

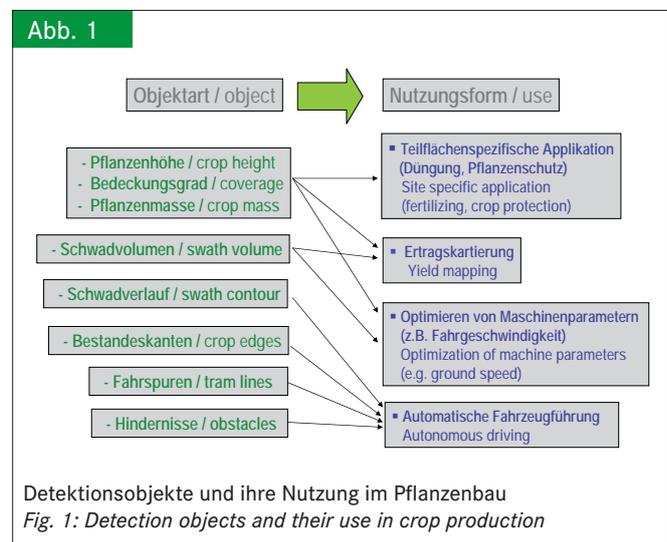
Landtechnik 65 (2010), no. 2, pp. 99-101, 5 figures, 1 table

To meet the demands for future agriculture toward more efficiency and precision, new sensor solutions are needed. Whether laser scanners can contribute to make crop production more precisely is discussed. Meanwhile, many models of laser scanners with different measuring properties are available; specific tests are necessary to assess the potential for detection of relevant parameters in crop production. The paper presents measuring properties for detection of crop stands, crop edges, tram lines, swaths and obstacles of a laser scanner developed for automobile driver assistance.

■ Mit der Agritechnica 2009 wurde der Trend zur verstärkten Anwendung von Sensortechnik und Agrarelektronik nicht nur bestätigt, sondern mit einer Reihe neuer technischer Lösungen beschleunigt. So war z.B. eine deutliche Zunahme von optoelektronischen Sensoren zur Messung von Pflanzenparametern bzw. zur Erkennung der Beladungszustände auf Transportfahrzeugen und deren Zuordnung zu Erntemaschinen zu erkennen.

Im folgenden Beitrag werden neben bereits vorhandenen Lösungen Einsatzpotenziale von Laserscannern im Pflanzenbau diskutiert und Ergebnisse beispielhaft dargestellt. Im Pflanzenbau gibt es für Laserscanner ein erhebliches Anwendungspotenzial. **Abbildung 1** verdeutlicht mögliche Detektionsobjekte sowie ihre Nutzung im Pflanzenbau. Die Pflanzenhöhe, der Bedeckungsgrad und die Pflanzenmasse liefern wichtige Informationen, die für die teilflächenspezifische Applikation von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, für das Erstellen von

Abb. 1



Ertragskarten und auch für das Optimieren von Parametern auf Erntemaschinen (z. B. Fahrgeschwindigkeit, Trommeldrehzahl) genutzt werden können. Das messtechnische Erfassen des Schwadvolumens bietet die Möglichkeit, Ertragskarten zu erstellen sowie die Fahrgeschwindigkeit von Feldhäckslern und Ballenpressen automatisch so anzupassen, dass eine maximale Ernteleistung bei Vermeidung von Verstopfungen erzielt wird. Darüber hinaus kann die sensortechnische Erfassung von Schwadverläufen, Bestandeskanten, Fahrspuren und Hindernissen genutzt werden, um allein oder im Zusammenwirken z. B. mit satellitengestützter Ortungstechnik eine automatische Fahrzeugführung zu unterstützen.

In wissenschaftlichen Untersuchungen wird am Leibniz-Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim e.V. (ATB) der Frage nachgegangen, welches Potenzial Laserscanner besitzen, die in **Abbildung 1** dargestellten Aufgaben zu lösen.

Eingesetzter Laserscanner

In den Untersuchungen wurde ein Laserscanner (**Tabelle 1**, **Abbildung 2**) verwendet, der für die Fahrerunterstützung in Fahrzeugen entwickelt worden war (ibeo-ALASCA XT, Automobile Sensor GmbH, Hamburg, Germany). Der Laserscanner arbeitet nach der LIDAR (LIght Detection And Ranging)-Technologie durch Messen der Laufzeit von Lichtimpulsen. Der integrierte Laser generiert kurze Lichtimpulse, die mittels eines geneigten, rotierenden Spiegels ausgesendet werden. Die Intensität der reflektierten Lichtimpulse wird mit einer Laserdiode gemessen, die sich ebenfalls im Scanner befindet. Messwerte unterhalb einer bestimmten Schwelle werden nicht berücksichtigt. Der Laserscanner ist in der Lage, mit einem Messimpuls bis zu vier Echos von unterschiedlich weit entfernten Zielen zu erfassen. Daraus resultiert, dass Pflanzenbestände bis zu einem bestimmten Grad hinsichtlich ihrer Tiefenstruktur erfasst und Störeinflüsse wie Regentropfen oder Staub eliminiert werden können. Des Weiteren misst der Sensor in vier Ebenen, die einen Divergenzwinkel von $0,8^\circ$ zueinander aufweisen. Entsprechend Herstellerangaben besitzt ein Einzelstrahl eine Di-



Abb. 2

Messanordnung des Laserscanners auf einem Traktor
Fig. 2: Test setup of the laser scanner on a tractor

Tab. 1

Technische Daten des Laserscanners ibeo-ALASCA XT
Table 1: Technical data of the laser scanner ibeo-ALASCA XT

| | |
|---|-------------------|
| Messentfernung <i>Measuring range</i> | 0,3–200 m |
| Wellenlänge <i>Wave length</i> | 905 nm |
| Scanfrequenz <i>Scan frequency</i> | 12,5 Hz |
| Winkelauflösung <i>Angle resolution</i> | 0,125°/0,25°/0,5° |
| Spannung <i>Voltage</i> | 12–15 V |
| Leistungsaufnahme <i>Power requirement</i> | 20 W |
| Sicherheitsklasse <i>Safety class</i> | 1 |
| Länge/Höhe/Breite <i>Length/height/width</i> | 204/215/377 mm |
| Masse <i>Mass</i> | ca. 3,0 kg |

vergenz von $0,8^\circ$ in vertikaler und $0,08^\circ$ in horizontaler Richtung. Somit hat ein Einzelstrahl in einer Entfernung von 10 m eine Höhe von 140 mm und eine Breite von 14 mm. Infolge der vier übereinander angeordneten Messebenen entsteht in einer Entfernung von 10 m somit ein Scan-Band mit einer Gesamthöhe von 0,56 m. Während der durchgeführten Untersuchungen wurde mit einer Scanfrequenz von 12,5 Hz und mit Winkelauflösungen von $0,125^\circ$ für $\gamma < \pm 16^\circ$, von $0,25^\circ$ für $\gamma = \pm 16^\circ$ bis $\pm 60^\circ$, und von $0,5^\circ$ für $\gamma = \pm 60^\circ$ bis $\pm 90^\circ$ gemessen. Obwohl der Laserstrahl während des Scannens in einer Ebene rotiert, wird vom Sensor nicht die Reflexionsentfernung mit dem dazugehörigen Scanwinkel γ in Form von Polarkoordinaten ausgegeben, sondern in Form von kartesischen Koordinaten x und y . Die Entfernung des Reflexionspunktes in Richtung der x -Achse wird in **Abbildung 2** als l_x bezeichnet. Die mögliche Scanbreite wird durch die Hardware des Sensors, den Neigungswinkel ϕ und die Sensorhöhe h_s bestimmt. Außerdem kann die Scanbreite mit Hilfe von Nutzer-Software an die entsprechende Messaufgabe angepasst werden.

Da der Scanner auf einem Fahrzeug angebracht wurde, hängt der gemessene Reflexionsabstand l_x von der Anbauhöhe h_s und vom Neigungswinkel ϕ des Sensors ab. Wie aus **Abbildung 2** ersichtlich, ist daher dieser Abstand nicht geeignet, um ein Objekt (z. B. Pflanzenbestand) anschaulich zu beschreiben. Aus diesem Grunde wurde die Reflexionshöhe h_R eingeführt, die nach

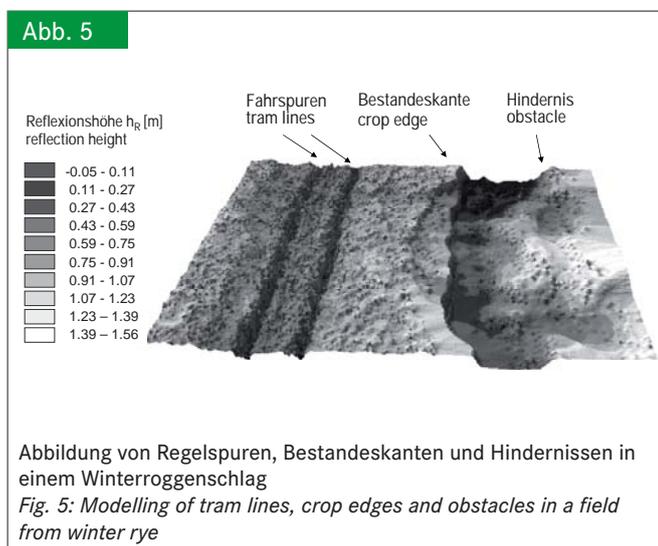
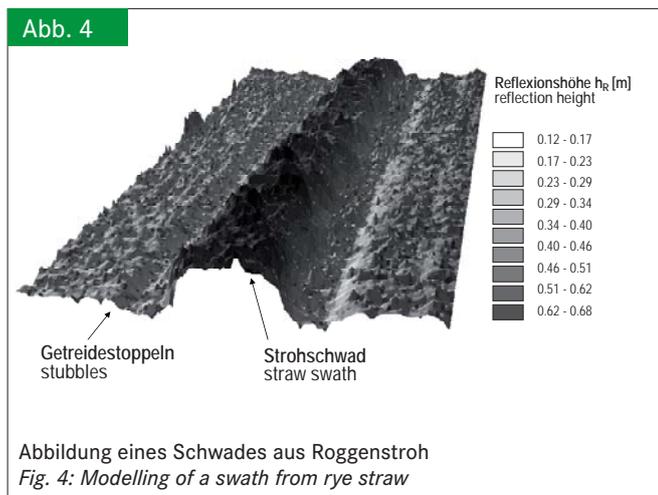
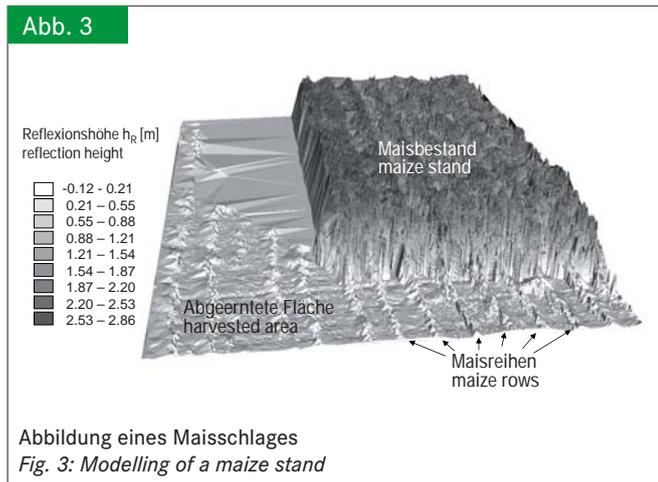
$$h_R = h_s - l_x \cdot \cos \phi \quad (\text{Gl. 1})$$

errechnet werden kann.

Abbilden eines Pflanzenbestands

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Bestände von Raps, Winterweizen, Winterroggen und Mais abgescannt. Als Ergebnis können räumliche Verteilungen der Reflexionshöhen

errechnet und daraus in einem Geoinformationssystem (GIS, ArcView 3.2) der Pflanzenbestand modelliert werden, was Rückschlüsse auf die Pflanzenhöhe und den Bedeckungsgrad ermöglicht. In **Abbildung 3** ist beispielhaft ein Ausschnitt aus einem in der Ernte befindlichen Maisfeld dargestellt. Deutlich sind der noch stehende Maisbestand sowie die Mais-



stoppeln mit der vorhandenen Reihenstruktur zu erkennen. Regressionsrechnungen bezüglich des funktionellen Zusammenhangs zwischen der Biomasse und der mittleren Reflexionshöhe ergaben Bestimmtheitsmaße von $R^2 = 0,95$ für Mais und $R^2 = 0,96$ für Winterweizen.

Abilden von Schwaden

Da Schwaden im Vergleich zu stehenden Pflanzenbeständen eine verhältnismäßig klare Kontur aufweisen, werden sie auch als kompakte Objekte abgebildet. Dies ist beispielhaft für ein Strohschwad in **Abbildung 4** dargestellt. Um die vom Scanner gewonnenen Daten für eine Maschinensteuerung nutzbar zu machen, sind robuste Algorithmen für eine sichere Berechnung des aktuellen Schwadvolumens sowie des Schwadverlaufs zu entwickeln.

Bestandeskanten, Fahrspuren und Hindernisse

Beispielhaft ist in **Abbildung 5** dargestellt, wie sich Fahrspuren, Bestandeskanten und Hindernisse in einem Schlag mit Winterroggen abbilden lassen. Deutlich sind die beiden Fahrspuren als Vertiefungen zu erkennen, die für Düng- und Pflanzenschutzmaßnahmen angelegt wurden. Das Gleiche gilt für die Bestandeskante, die durch einen plötzlichen Abfall der Reflexionshöhe charakterisiert ist. Unmittelbar hinter der Bestandeskante befand sich ein Dungstapel, der durch wieder ansteigende Reflexionshöhen als kompaktes Objekt ausgewiesen wird.

Schlussfolgerungen

Es gibt im Pflanzenbau zahlreiche verfahrensrelevante Objekte, deren sensortechnische Erfassung mit Laserscannern dazu beitragen kann, Produktionsprozesse präziser und effektiver zu gestalten. Gegenwärtig existieren nur wenige Erkenntnisse hinsichtlich des Anwendungspotentials von Laserscannern im Pflanzenbau. Die durchgeführten Untersuchungen haben bestätigt, dass der Einsatz von Laserscannern auf Landmaschinen zu verwertbaren Messergebnissen führt. Auf der Grundlage der mit dem Laserscanner gewonnenen Abstands-Messwerte konnten nach einer entsprechenden Umrechnung und Modellierung in einem geografischen Informationssystem Abbildungen von Pflanzenbeständen, Strohschwaden, Fahrspuren, Bestandeskanten und Hindernissen generiert werden. Für eine praktische Nutzung der Ergebnisse sind weitere Forschungsarbeiten zur Entwicklung zuverlässig arbeitender Software für die Objekterkennung und -interpretation erforderlich.

Autoren

Dr.-Ing. Detlef Ehlert ist Leiter der Abteilung Technik im Pflanzenbau am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, E-Mail: dehlert@atb-potsdam.de

Dipl.-Ing. Michael Heisig ist Mitarbeiter in dieser Abteilung des ATB.

Dipl.-Ing. agr. Antje Giebel ist Mitarbeiterin in dieser Abteilung des ATB.