

# Datenerfassung aktueller Bestandsparameter mittels eines fahrzeuggestützten LiDAR-Scanners

J. Selbeck, V. Dworak und D. Ehlert

Abteilung Technik im Pflanzenbau  
Leibniz-Institut für Agrartechnik  
Max-Eyth-Allee 100  
14469 Potsdam  
jselbeck@atb-potsdam.de  
vdworak@atb-potsdam.de  
dehlert@atb-potsdam.de

**Abstract:** Für die Präzisionslandwirtschaft wird eine immer detailliertere Erfassung, Auswertung und Speicherung von Pflanzenparametern nötig. Die Daten können für teilflächenspezifischen Pflanzenschutz und Düngungsmaßnahmen des Bestands eingesetzt werden. Da das verwendete LiDAR (Light Detection And Ranging) System nicht speziell für die Landwirtschaft entwickelt wurde, ist eine Verifizierung der Anwendbarkeit für die Präzisionslandwirtschaft erforderlich. Anhand der Daten eines Maisbestands wurde ein 3D Modell generiert und daraus die Höhe, das Volumen, sowie die Masse des Bestands abgeleitet. Desweiteren wird gezeigt, dass eine Einzelpflanzenerkennung nicht möglich ist, jedoch die Daten und Ergebnisse robust gegenüber Geschwindigkeitsänderungen bei der Datenerfassung sind.

## 1 Einleitung

Getreidebestandsparameter wie Höhe, Bestandsdichte und Volumen sind wichtige Parameter in agrarwirtschaftlichen Produktionsketten und dienen als Grundlage, um beispielsweise die Biomasse zu bestimmen. Wenn diese Parameter teilflächenspezifisch vorliegen, können sie zur mengengesteuerten Applikation von Düngungs- und Pflanzenschutzmitteln dienen. Ebenfalls können die Parameter bei der Ernte zur Steuerung von Fahrzeuggeschwindigkeit und Drehzahlsteuerung von Funktionseinheiten wie Schlagleistendreschtrammel und Häcksler benutzt werden [EAH09].

Spektrale und multispektrale Methoden können zur Detektion von Getreidewachstumsindizes [Pi03] und zur Bestimmung des NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) eingesetzt werden. Diese Methoden beruhen auf fotografischen (Fotografie) oder rasternden (Laserscanner) Verfahren und werden teilweise durch weltraum-, flugzeug- oder helikoptergestützte Systeme [Do03, Se00, Ba99] ermittelt und finden hauptsächlich während der frühen Wachstumsphase ihren Einsatz. Sie werden nicht in der Reifezeit eingesetzt [In08] und können keine Aussage über die räumliche Ausdehnung von Pflanzen und Bestand geben. Diese Systeme sind einerseits sehr kostenintensiv und können andererseits auch nicht die Daten innerhalb von Stunden oder teilweise

Sekunden zur aktiven Echtzeitsteuerung von Landmaschinen bereitstellen. Wird allerdings ein Laserscanner auf der Landmaschine so installiert, dass er beispielsweise vom Kabinendach den Bereich vor der Maschine erfasst, können die Daten auf der Landmaschine direkt ausgewertet werden. Der Abstand zum Bestand ist so gering (etwa 4 bis einige zehn Meter) das aufgrund des geringen Laserstrahldurchmessers (einige Millimeter bis Zentimeter) eine detailliertere Abbildung des Getreides und somit eine teilflächenspezifische Erfassung der Bestandsparameter stattfinden kann. Im Bereich der landwirtschaftlichen Forschung sind kaufbare, kostengünstige Lasertriangulationsmesser und -scanner getestet worden [To04, EL02]. Obwohl positive Ergebnisse erzielt wurden, sind alle genutzten Systeme entweder nicht für den Außeneinsatz konzipiert, oder nur für den Automobilssektor vorgesehen. Ebenfalls wurde oft der Abstand zwischen Sensor und Pflanzenbestand kleiner gewählt als es im Praxiseinsatz möglich ist. Daher muss ein geeigneter kostengünstiger Laserscanner gefunden werden, der robust genug ist, um auf einer Landmaschine montiert und betrieben zu werden und gleichzeitig die geforderten Randbedingungen wie Breite des Scanbereichs und räumliche Auflösung bietet.

## 2 Traktor-Laserscanner: Aufbau und Datenauswertung

Aus Sicht der Autoren erfüllt der - von der Firma ibeo für den Automobilssektor hergestellte - Laserscanner ALASCA XT die oben erwähnten Anforderungen. Dieser Scanner ist geschützt gegen Staub und Spritzwasser und kann im begrenzten Maß mechanische Belastungen verkraften.

### 2.1 Der Laserscanner im landwirtschaftlichen Einsatz

Der Laserscanner benutzt vier Scanebenen die einen Winkel von  $0,8^\circ$  zueinander aufweisen. Es werden mit einer Frequenz von 12,5 Hz alle vier Scanebenen mit einem maximalen Scanwinkel  $\gamma$  von  $\pm 90^\circ$  abgetastet:

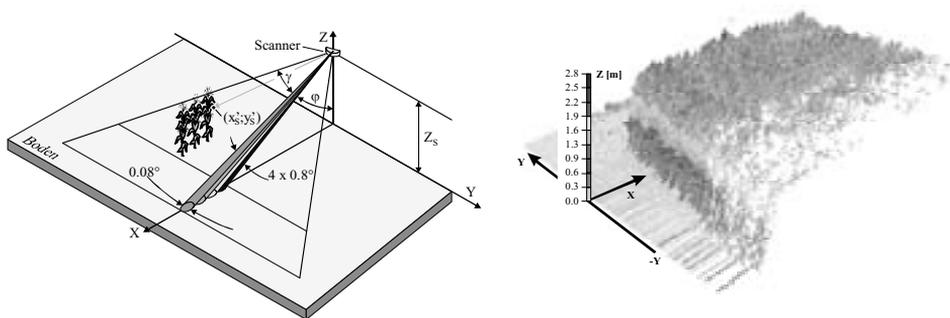


Abb. 1: Schema des Scanner-Traktor Aufbaus (links), 3D Punktwolke des Maisbestandes (rechts)

Der Scanner wird hier seitlich auf einem Ausleger (ca. 4 m) in 3,70 m Höhe mit einem Anstellwinkel  $\varphi = 61^\circ$  an dem Traktor befestigt und liefert die  $X_s$ - und  $Y_s$ -Koordinate für jeden detektierten Messpunkt über die Ethernet-Schnittstelle (Abb. 1 links).

## 2.2 Datenauswertung

Da der Koordinatenursprung der Sensor des Laserscanners selbst ist, müssen die Daten noch koordinatentransformiert werden, um wahre Bestandshöhen mit Bezug zum Boden zu erhalten. Die Einzelscans können nun z.B. mit Hilfe der Softwarepakete SAS und Arcview zu einem 3D Modell zusammengefügt werden.

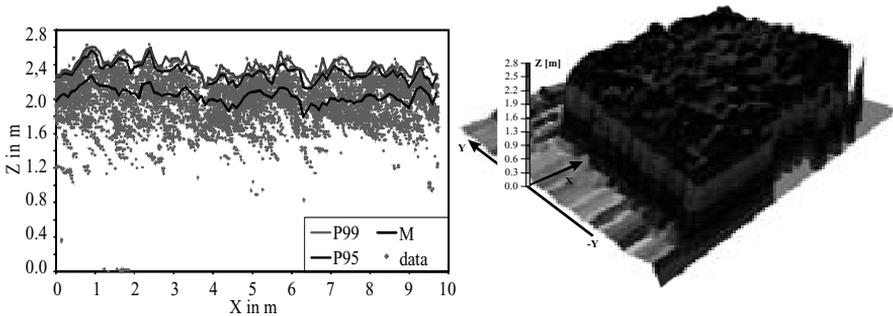


Abb. 2: Versuch der Einzelpflanzenerkennung (Seitenansicht des 75 cm breiten Datenbereichs [Maisreihe], links), Volumenmodell des Maisbestandes (rechts)

Abbildung 1 (rechts) veranschaulicht die Punktwolkendarstellung als Möglichkeit der Rekonstruktion der aufgenommenen Daten nach der Koordinatentransformation. Der Reihenabstand der Maispflanzen betrug 75 cm. Zur Verifizierung der Einzelpflanzenerkennung wurde ein 75 cm breiter Datenbereich aus der Abbildung 1 (rechts) so herausgeschnitten, dass die Maisreihe in der Mitte des Datenbereichs liegt (Abb. 2 links). Allerdings ist in dieser Abbildung zu erkennen, dass weder mit dem Perzentil 99, Perzentil 95, mittlere Höhenwert (Mean), noch mit der Punktwolke selber einzelne Pflanzen zu unterscheiden sind.

Legt man über die Daten der Punktwolkendarstellung ein Raster aus 75 cm x 75 cm großen Zellen, kann innerhalb jeder Zelle der Perzentil 99, sowie 95 und der mittlere Höhenwert bestimmt werden. Jede Zelle enthält im Mittel rund 700 Datenpunkte. Nimmt man beispielsweise den Perzentil 99, kann mit Hilfe der Zellenfläche das Volumen in jeder Zelle, sowie des gesamten Bestands ausgerechnet werden (986 m<sup>3</sup>, Abb. 2 rechts). Wichtiger für die Ernte ist allerdings die Biomasse, die auf den nächsten Metern der Erntemaschine zugeführt werden wird. Zur Überprüfung ob eine Korrelation der Bestandshöhe und Biomasse existiert, sind an zehn verschiedenen Stellen in dem Maisbestand LiDAR-Messungen vorgenommen worden, und die gescannten Bereiche wurden per Hand geschnitten und gewogen. Abbildung 3 (links) zeigt das Verhältnis von Biomasse und mittlerer Bestandshöhe. Mit einem R<sup>2</sup> von 0,94 ist für die Messungen im Mais eine hohe Korrelation gegeben.

Da verschiedene Landmaschinen mit verschiedenen Geschwindigkeiten betrieben werden, ist weiterhin eine Analyse der Datenstabilität durchgeführt worden. Zur Überprüfung wurde die Gesamtheit aller Scans mit diversen Datenreihen, die nur jeden 32ten Scan benutzen, verglichen. Abbildung 3 (rechts) zeigt die hohe Zuverlässigkeit der

verschiedenen reduzierten Datenreihen für den Mittelwert (MW) und den Perzentil 99 (P99). Scan 0 beinhaltet die Scans 0, 32, 64,..., Scan 4 beinhaltet die Scans 4, 36, 68,..., usw.

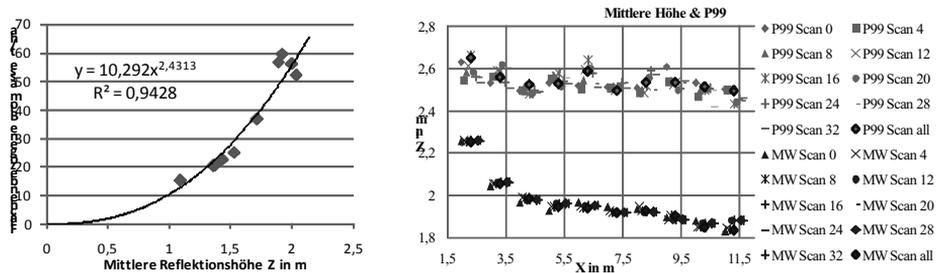


Abb. 3: Vergleich der gewogenen Biomasse mit der mittleren Reflektionshöhe (links), Datenzuverlässigkeit bei verschiedenen Geschwindigkeiten (rechts)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass zwar eine Einzelpflanzenerkennung mit dem ausgewählten LiDAR-Sensor nicht möglich ist, aber diverse andere Pflanzenparameter detektiert werden können und die Biomasse für Mais daraus abgeleitet werden kann. Die Daten zeigen gegenüber verschiedenen Geschwindigkeiten eine hohe Stabilität.

## Literaturverzeichnis

- [Ba99] Baltsavias EP (1999). Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 54, No. 2-3, pp. 164-198.
- [Do03] Doraiswamy PC; Moulin S; Cook PW; Stern A (2003). Crop Yield Assessment from Remote Sensing. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 69, No. 6, pp. 665–674.
- [EAH09] Ehlert D; Adamek R; Horn H-J (2009). Laser rangefinder-based measuring of crop biomass under field conditions. Precision Agriculture, Vol. 10, No. 5, pp. 395-408.
- [EL02] Ehsani R; Lang L (2002). A Sensor for Rapid Estimation of Plant Biomass. Proceedings of the Sixth International Conference on Precision Agriculture, ASA-CSSA-SSSA, 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711 USA, pp. 950–957
- [In08] Inman D; Khosla R; Reich R; Westfall DG (2008). Normalized difference vegetation index and soil color-based management zones in irrigated maize. Agronomy Journal, Vol. 100, No. 1, pp. 60-66.
- [Pi03] Pinter Jr. PJ; Hatfield JL; Schepers JS; Barnes EM; Moran MS; Daughtry CST; Upchurch DR (2003). Remote Sensing for Crop Management. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 69, No. 6, pp. 647-664.
- [Se00] Senay GB; Lyon JG; Ward AD; Nokes SE (2000). Using High Spatial Resolution Multispectral Data to Classify Corn and Soybean Crops. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 66, No. 3, pp. 319-327.
- [To04] Thoesink G; Preckwinkel J; Linz A; Ruckelshausen A; Marquering J (2004). Optoelektronisches Sensorsystem zur Messung der Pflanzenbestandesdichte. Landtechnik, Vol 59, pp. 78-79.