

# Einsatzpotenzial von Laser-Abstandssensoren im Pflanzenbau

*In der agrartechnischen Forschung wird gegenwärtig das Potenzial von Laser-Abstandssensoren zur Messung von Pflanzenbestandesparametern erschlossen. Dazu wurden ein Triangulationssensor und ein Sensor, der nach dem Licht-Laufzeit-Prinzip arbeitet, unter Feldbedingungen in Winterweizen untersucht. Auf Grund der erzielten Messergebnisse wird das Licht-Laufzeit-Prinzip als aussichtsreich für zukünftige Anwendungen zur Messung der Bestandesausbildung im Pflanzenbau bewertet.*

Neben spektralanalytischen [1] und mechanischen [2] Messmethoden werden Ultraschallsensoren [3], Radarsensoren [4] und Lasersensoren [5] eingesetzt, um Parameter in Pflanzenbeständen zu messen. Wird ein Laser-Abstandssensor in konstanter Höhe zur Bodenoberfläche über einen Pflanzenbestand bewegt, so entstehen Messwerte, die sich umgekehrt proportional zur Ausbildung des Pflanzenbestandes verhalten. Somit werden in schwach ausgebildeten Pflanzenbeständen große und in gering ausgebildeten größere Abstände gemessen. Laser-Abstandssensoren arbeiten entweder nach dem Licht-Laufzeit-Prinzip oder nach dem Triangulationsprinzip. Laser nach dem Licht-Laufzeit-Prinzip erreichen große Messentfernungen, während sich Triangulationslaser durch eine hohe Messgenauigkeit und begrenzte Messentfernungen charakterisieren lassen. Da unter landwirtschaftlichen Praxisbedingungen Lasersensoren nicht manuell, sondern auf Landmaschinen eingesetzt werden, muss die Messentfernung so groß sein, dass noch vom Kabinendach eines Traktors oder einer selbstfahrenden Landmaschine gemessen werden kann.

## Potenzielle Einsatzgebiete von Laser-Abstandssensoren

Um Pflanzenbestände optimal bewirtschaften zu können, werden Informationen über verfahrensrelevante Boden- und Pflanzenparameter benötigt. Dies gilt in besonderem Maß für die teilflächenspezifische Bestandesführung. Verfahrensrelevante Parameter bei Feldkulturen sind insbesondere die Pflanzhöhe und der Bedeckungsgrad, die meist mit der Pflanzenmassedichte eng korreliert sind. Diese Bestandesparameter gestatten Schätzungen der zu erwartenden Erntemenge, um den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln für eine kleinräumige Bewirtschaftung zu optimieren [6]. Da Laser-Abstandssensoren physikalische Bestandesparameter erfassen, sind sie nicht in der Lage, Pflanzeninhaltsstoffe zu messen. Auf Grund der mit dem Crop-Meter gemachten Erfahrungen [2] ist jedoch ein Einsatzpotenzial von Laser-Abstandssensoren bei der teilflächenspezifischen Applikation von

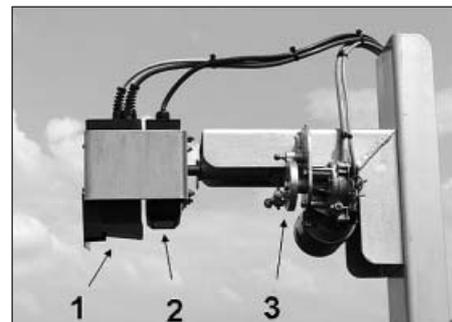


Bild 1: Verwendete Laser-Abstandssensoren: 1 ACUITY-Sensor, 2 LASE-Sensor, 3 Schwenkmechanismus

Fig. 1: Investigated laser rangefinders: 1 ACUITY-sensor, 2 LASE-sensor, 3 pivot device

Stickstoffdünger, Wachstumsreglern und Fungiziden vorhanden.

Ein weiteres Einsatzgebiet entsteht auf Erntemaschinen, indem die zu bewältigenden Pflanzenmengen bereits vor der Maschine erfasst und Betriebsparameter, wie Fahrgeschwindigkeit oder Drehzahlen von Maschinenbaugruppen, noch vor dem Eintritt in die Erntemaschine angepasst werden.

## Untersuchte Lasermodelle

Nach in den Jahren 2003 und 2004 erfolgten Voruntersuchungen zur Auswahl eines geeigneten Laser-Abstandssensors für das Erfassen von morphologischen Pflanzenbestandesparametern wurde seit der Vegetationsperiode 2005 ein modifizierter Sensor ODS 1600 HT 2select von der Fa. LASE (Dänemark) eingesetzt (Bild 1), der folgende technische Daten aufweist:

### Technische Daten des LASE-Sensors Technical data of the LASE-Sensor

Messbereich	800 – 2400 mm
Wellenlänge	670 nm
Messfrequenz	2000 Hz
Betriebsspannung	24 V
Leistungsaufnahme	12 W
Laserausgangsleistung	10 mW
Laserklasse	3b
Länge/ Höhe /Breite	146/136/50 mm
Masse	1,6 kg
Preis	11400

Dieser Sensor arbeitet nach dem Triangulationsprinzip. Für dieses Prinzip ist kennzeichnend, dass vom Sensor ein Laserstrahl

Dr.-Ing. Detlef Ehlert ist Abteilungsleiter der Abteilung Technik im Pflanzenbau am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim; e-mail: [dehlert@atb-potsdam.de](mailto:dehlert@atb-potsdam.de)  
Dipl.-Ing. Rolf Adamek ist Mitarbeiter der Abteilung.

## Schlüsselwörter

Präzisionslandwirtschaft, Pflanzenmassemessung, Laser-Abstandssensoren

## Keywords

Precision agriculture, crop biomass measurement, laser rangefinder

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07108 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

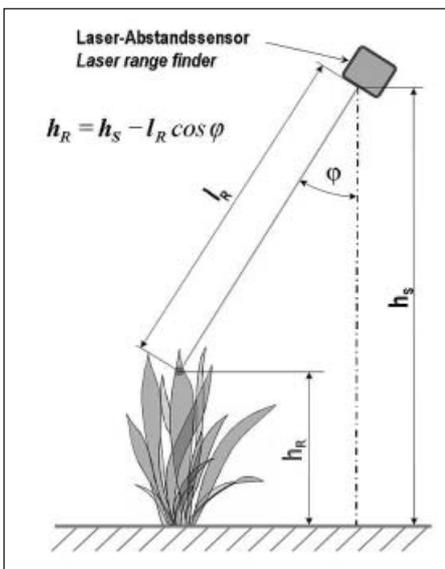


Bild 2: Berechnung der Reflexionshöhe;  $h_r$  Reflexionshöhe,  $h_s$  Höhe des Sensors,  $l_r$  Reflexionsabstand

Fig. 2: Calculation of reflection height;  $h_r$  reflection height,  $h_s$  height of sensor,  $l_r$  reflection distance

ausgesendet wird, der in einer bestimmten Entfernung auf eine Oberfläche (Pflanzenteil oder Boden) trifft und dort diffus reflektiert wird. Diese Reflexion wird über eine Linse auf einem im Sensorgehäuse installierten Empfänger abgebildet, der daraus ein dem Abstand proportionales Messsignal erzeugt.

Im Jahr 2006 wurde ein zweiter Laser-Abstandssensor ACUITY AccuRange 4000-LIR von der amerikanischen Fa. Schmitt Measurement Systems, Inc. eingesetzt, der nach dem Licht-Laufzeit-Prinzip arbeitet (Bild 1). Im Gegensatz zum LASE-Sensor besitzt dieser eine Empfängereinrichtung, die sich coaxial in der Strahlachse befindet. Da das Laserlicht eine elektromagnetische Welle darstellt, wird bei dieser Ausführung zur Errechnung des Reflexionsabstands die Phasenverschiebung zwischen ausgesendetem und empfangenem Licht gemessen.

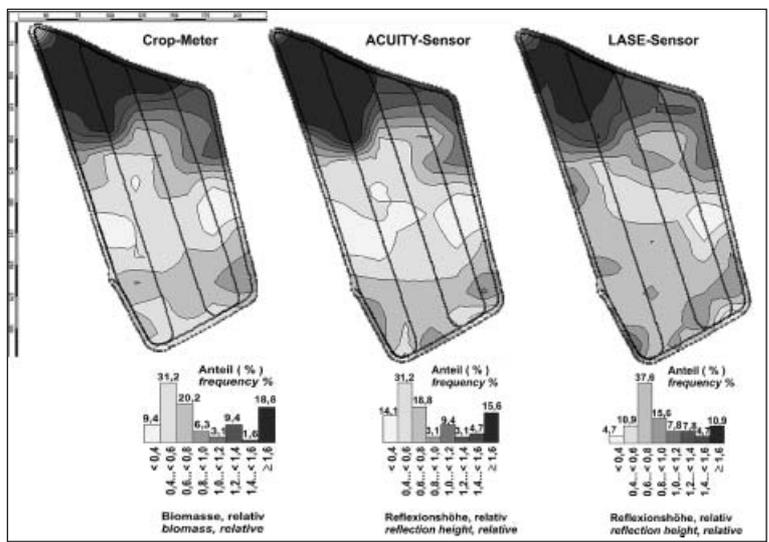
#### Technische Daten des ACUITY-Sensors Technical data of the ACUITY-Sensor

Messbereich	bis 16,50 m
Wellenlänge	780 nm
Messfrequenz	50 000 Hz
Betriebsspannung	intern 5 V
Leistungsaufnahme	1,5 W
Laserausgangsleistung	20 mW
Laserklasse	3b
Länge/ Höhe /Breite	160/80/80 mm
Masse	0,624 kg
Preis	6900

Um die prinzipielle Eignung des Messprinzips der Laser-Abstandsmessung unter Feldbedingungen zu bewerten, wurden im Jahr 2006 Testfahrten mit beiden Sensoren in Getreidebeständen durchgeführt. Als Referenz dienten Messwerte eines Crop-Meters, das auf der gleichen Fläche zum Einsatz kam. Um einen anschaulichen Wert für die

Bild 3: Vergleich der Kartierungsergebnisse in Winterweizen (BBCH 55)

Fig. 3: Comparing mapping results in winter wheat (BBCH growth stage 55)



Bestandesausbildung aus den Abstandsmessungen zu erhalten, wurde die mittlere Reflexionshöhe entsprechend Bild 2 errechnet. Ein Hege Geräteträger diente als Basisfahrzeug für die Messfahrten.

### Ergebnisse

Die Messfahrten erfolgten am 8. und 9. Juni 2006 auf einem Winterweizenschlag (2,5 ha) im Wachstumsstadium BBCH 55. Die kartenmäßige Darstellung der Messwerte zeigt für alle drei Sensoren Ähnlichkeiten, indem die Bereiche mit markanter Bestandausbildung übereinstimmend wiedergegeben werden. So wurde von allen Sensoren im nördlichen Drittel eine starke Bestandausbildung mit einer am nördlichsten Punkt abnehmenden Tendenz ausgewiesen (Bild 3). Auch der sehr schwach ausgebildete Weizenbestand im mittleren Drittel ist in der grundsätzlichen Tendenz erkannt worden, wobei die Konturen der Zonen Unterschiede aufweisen. Dies gilt besonders für den LASE-Sensor. Im unteren Bildbereich (Süden) zeichnet sich ein wieder stärker ausgebildetes Pflanzenwachstum ab, in dem sich Inseln mit mittleren Beständen befinden.

Um die Korrelationen der Messergebnisse der Sensoren mit der Referenzmessung quantitativ zu beschreiben, wurden im geografischen Informationssystem ArcView entlang den gefahrenen Regelspuren Pixel mit einer Größe von 10•10 m generiert und ihnen die jeweiligen Messwerte der Sensoren zugeordnet. Da mit einer Aufzeichnungsfrequenz von 1 Hz und einer Fahrgeschwindigkeit von 2 ms<sup>-1</sup> gearbeitet wurde, sind jedem Pixel etwa fünf Messwerte zuzuordnen. Die jeweiligen Mit-

telwerte wurden errechnet und als Funktion dargestellt (Bild 4). Aus dieser Darstellung geht hervor, dass die errechnete mittlere Reflexionshöhe und die Referenzmessung mit dem Crop-Meter sich direkt proportional verhalten und Bestimmtheitsmaße von 0,77 für den LASE-Sensor und 0,81 für den ACUITY-Sensor erreicht werden. Auffällig ist, dass die aus dem LASE-Sensor errechneten Reflexionshöhen deutlich über denen des ACUITY-Sensors liegen. Ursache könnten nicht erkannten Fehlmessungen sein.

### Schlussfolgerungen

Die mit den Laser-Abstandssensoren gewonnenen Messergebnisse zeigen eine hohe Korrelation mit der Crop-Meter Referenzmessung. Damit wurde nachgewiesen, dass für das Prinzip der Laser-Abstandsmessung ein Potenzial der messtechnischen Erfassung der Ausbildung von Pflanzenbeständen als Informationsquelle für teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen besteht. Während für den LASE-Sensor bei nicht vorhandener Pflanzenmasse bereits eine mittlere Reflexionshöhe von 0,12 m errechnet wurde, geht die Regressionslinie des ACUITY-Sensors nahezu durch den Nullpunkt. Unter Berücksichtigung des höheren Bestimmtheitsmaßes scheint das Licht-Laufzeit-Messprinzip zur Erfassung der Pflanzenmasse besser geeignet zu sein.

Bild 4: Funktionelle Beziehungen zwischen Messwerten der Laser-Abstandssensoren und der Referenzmessung

Fig. 4: Functional relationships between readings from the laser rangefinder and reference sensor

