

# Multireflex-Ultraschall-Sensorsystem zur Feld-Phänotypisierung von Getreide

B.Sc. **Dominik Nieberg**<sup>1</sup>, M.Sc. **Mario Jenz**<sup>1</sup>, Prof. Dr. rer. nat. **Arno Ruckelshausen**<sup>1</sup>; PD Dr. rer. nat. **Tobias Würschum**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> **Hochschule Osnabrück**, Osnabrück

<sup>2</sup> **Universität Hohenheim**, Stuttgart

## Abstract

Phenotyping of crops in field trials plays a central role in plant breeding and in field trials. Different sensors for the automatic detection of plant characteristics are used nowadays as a support to the traditional rating of the plant. In this work ultrasonic sensors are first used in field tests for phenotyping of crops within the project *predbreed*. The results mainly relate to cereals, but the sensor has also been used in maize. Ultrasonic sensors need no external components, such as shading or artificial lighting, because this system is insensitive to optical disturbance. The multi-reflection signals of the ultrasonic sensor were evaluated in terms of plant parameters plant height and crop level information. The results show the potential of the ultrasonic sensor as an important input to sensor fusion for field phenotyping. In addition, the sensor system as a single sensor may already provide useful data as to the plant height (by measuring signals from soil and plant) or also as an indicator for the biomass. It has been shown that the sensor data correlate with the plant height.

## 1. Einleitung

Multireflex-Ultraschall-Sensorsysteme haben sich bereits in der Landwirtschaft etabliert, insbesondere zur Maschinensteuerung, ein Beispiel zur Messung von Pflanzeigenschaften ist der P3-Sensor von Agricon [1] mit dem der Pflanzenbestand erfasst wird. In Verbindung mit agronomischen Algorithmen lassen sich online die Ausbringungsmengen im Pflanzenschutz situationsbezogen anpassen. In einem vorhergehenden Projekt wurde die Multireflex-Ultraschall-Technologie bereits zur online Biomasse Abschätzung von Winterweizen eingesetzt [2]. Die Vorteile dieser von den Autoren mitentwickelten Technologie [3] sind die Robustheit gegen Staub und Sonnenlicht. Nach vorherigen vielversprechenden Tests des Sensors unter reproduzierbaren Bedingungen am Teststand der Hochschule Osnabrück [4] wurde dieser in die *BreedVision* Plattform, zur zerstörungsfreien Phänotypisierung [5], integriert und auf dem Feld eingesetzt. In dieser Plattform wird von den Autoren der Ansatz einer Sensor- und Datenfusion – insbesondere

bildgebender – Sensorsysteme verfolgt, um trotz der variablen Pflanzen- und Umgebungsbedingungen aus den Rohdaten zuverlässige Pflanzenparameter abzuleiten. In „*BreedVision*“ sind überwiegend bildgebende optoelektronische Systeme zur Erfassung morphologischer und spektraler Signaturen integriert. Ein Multireflex-Ultraschallsensorsystem bietet aufgrund unterschiedlicher Selektivitäten gegenüber optischen Systemen eine gute Option zur Erweiterung des Sensorfusions-Konzeptes. Die Autoren nutzen alle reflektierten Signale eines einzelnen Ultraschallimpulses. Die mit dem Sensor gewonnenen Informationen können zur Messung von agronomisch wichtigen Merkmalen beitragen und so den Pflanzenzüchtern hilfreiche Indikatoren bei der Selektion liefern.

## 2. Material und Methode

Als Sensor kam der Ultraschallsensor (wms-340/RT) von Microsonic zum Einsatz. Dieser Sensor arbeitet mit einer Frequenz von 120kHz und hat einen Arbeitsbereich von 350mm bis zu 3400mm. Der Sensor sendet einen Ultraschallimpuls aus, die Zeitpunkte der zurückgeworfenen Echos werden mikrocontroller-basiert gemessen, digitalisiert und in einer Datenbank gespeichert. [3]

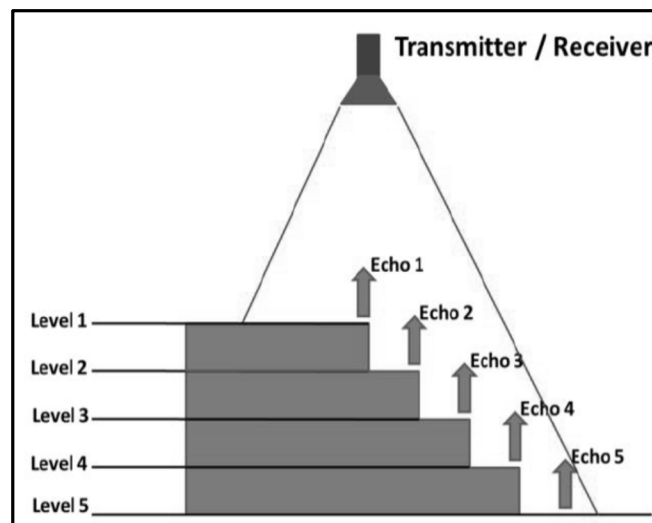


Bild 1: Prinzip der Multireflection [3]

Bild 1 zeigt das Prinzip der Multireflection. Bei ersten Messungen wurde der Ultraschallsensor 175cm über einem Förderband angeordnet und Pflanzen auf einer Fläche von ca. 100cm x 30cm vermessen, die zu Testzwecken ähnlich wie in einer Versuchsparzelle angeordnet waren. Die am Förderband gewonnenen Kenntnisse, flossen in die Weiterentwicklung des Berechnungsalgorithmus für Feldmessungen ein. Der Ultraschallsensor wurde für die Feldmessungen in „*BreedVision*“ integriert (Bild 2).

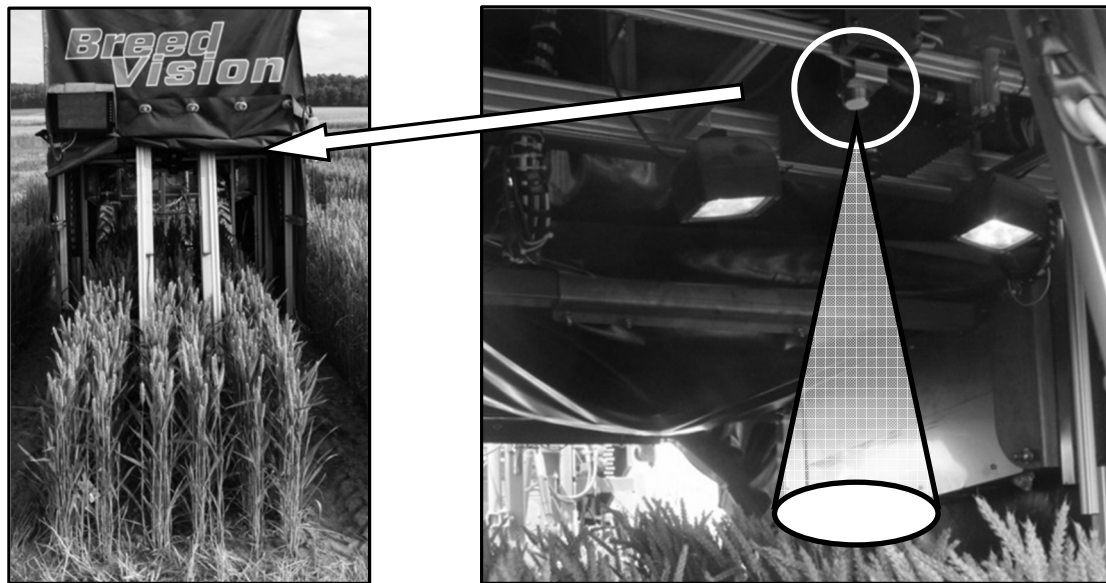


Bild 2: BreedVision Plattform (links); Einbauposition des Sensors (rechts)

Beim konventionellen Verfahren wird die Pflanzenhöhe gemessen indem visuell über die gesamte Parzelle gemittelt wird. Der Ultraschallsensor ist zwischen zwei Pflanzenreihen positioniert und der Abstand zwischen Sensor und Ähren wird, durch den Bediener der *BreedVision* Plattform, auf ca. 50cm eingestellt. Vermessen wurden Weizen- und Triticale-Feldversuchspartellen mit den Abmaßen 450cm x 150cm.

### 3. Datenauswertung

Zur Datenauswertung werden die Rohdaten aus der Datenbank importiert. Die Zeit jedes Echos wird in einen Abstand zum Sensor umgerechnet. Die Temperatur wird von einem Temperatursensor erfasst und bei der Abstandsbestimmung berücksichtigt. Da mögliche Eigenreflektionen des Sensors oder Doppelreflektionen am Messaufbau das Ergebnis verfälschen, werden alle Werte kleiner 40cm und größer 200cm gelöscht.

Alle Abstandswerte zum Sensor werden mit dem maximalen Abstandswert der gesamten Parzelle subtrahiert und daraufhin invertiert. So wird aus den Echos eine Matrix mit Höheninformationen erstellt. Um eine Matrix ohne Bodenunebenheiten zu erhalten wird jede Datenreihe eines ausgesendeten Ultraschallimpulses um ihren minimalen Höhenwert reduziert. In Bild 3 sind die Höhenwerte einer Förderbandmessung dargestellt. Es wurden für eine vereinfachte Darstellung mehrere Echos zusammengefasst. Bei dieser Messung wurden bis zu 11 Echos, bei einem ausgesendeten Schallimpuls, zurückgeworfen und aufgezeichnet. Die ersten drei Echos sind überwiegend im oberen Bereich der Pflanzen aufgetreten. Im Bereich der Blätter und am Boden finden sich weitere Echos.

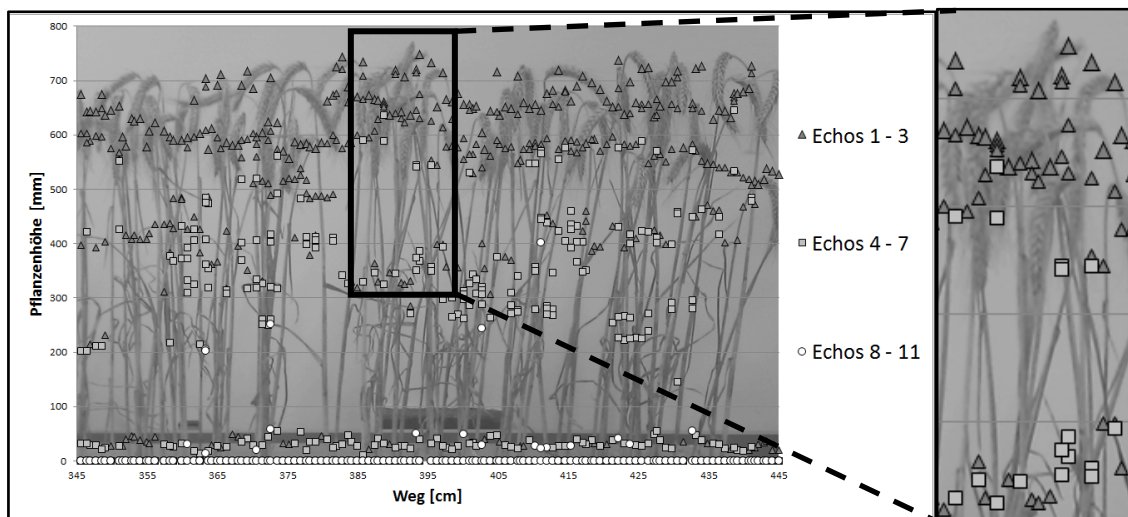


Bild 3: Beispielbild mit Echos einer Förderbandmessung

### 3.1 Bestimmung der Pflanzenhöhe

Für die Pflanzenhöhe werden nach der vorhergegangenen Berechnung nur die Höchstwerte einer Datenreihe betrachtet. Am Anfang und Ende der Parzellen werden jeweils 15% abgeschnitten um Randeffekte zu eliminieren. Aus den verbleibenden 70% der Echos wird der Mittelwert errechnet und alle Echos unterhalb dieses Mittelwertes beseitigt. Dieser Vorgang wiederholt sich. Abschließend wird der Mittelwert der vorhandenen Echos gebildet. So scheiden unter anderem Echos, die nicht von den Ähren zurückgeworfen wurden, bei der Bestimmung der Pflanzenhöhe aus.

### 3.2 Bestimmung des Lagerindex

Wenn große Teile eines Pflanzenbestandes, unter anderem durch Umwelteinflüsse, umknicken spricht man von Lagern des Pflanzenbestandes. Das Lager wird vor der Ernte bonitiert. Durch eine Neigung zu Lager können Abweichungen bei der Pflanzenhöhenbestimmung mittels des Ultraschallsensorsystems auftreten. Um hierfür zu korrigieren, wird die ermittelte Pflanzenhöhe auf abweichende Echos untersucht und mit einem Lagerindex bewertet. Um fehlerhafte Reflektionen zu minimieren wird der Messpunkt des Höchstwertes gelöscht. Es werden die nächsten drei Höchstwerte gemittelt und die Differenz zur Pflanzenhöhe wird berechnet. Bei Abweichungen bis zu 10cm wird der Index 1 vergeben. Weitere Indexklassen folgen in 10cm Schritten.

#### 4. Messergebnisse

Die hier dargestellten Messergebnisse beziehen sich auf Triticale, welche am Standort Moosburg (in 2014) vermessen wurden. Die Ergebnisse basieren auf Parzellen, welche mit einem guten Lagerindex (gleich eins) bewertet wurden. In Bild 4 sind die Ergebnisse der Vorhersage der Pflanzenhöhe mittels der Daten des Multireflex-Ultraschall-Sensorsystems dargestellt. Die vorhergesagte Pflanzenhöhe zeigt eine gute Korrelation mit den konventionell erhobenen Referenzwerten. Das Sensorsystem ist daher gut zur automatischen Erfassung der Wuchshöhe von Getreide unter Feldbedingungen geeignet.

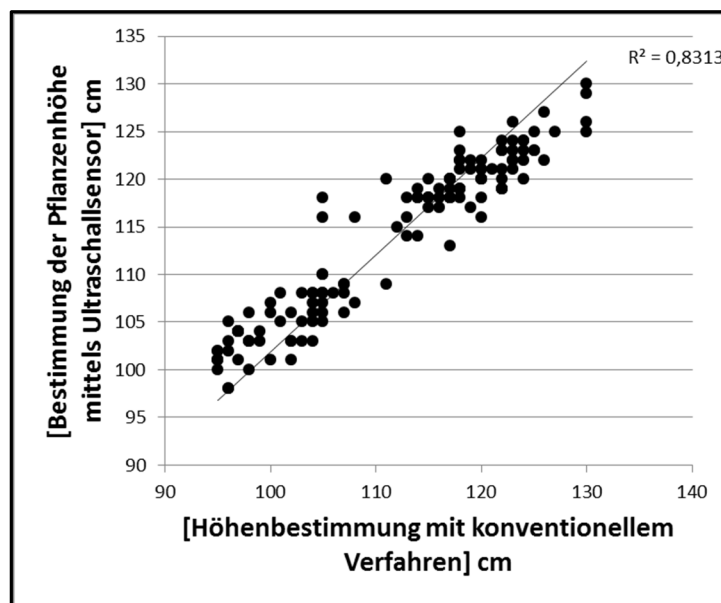


Bild 4: Korrelation zwischen Ultraschallmessdaten und konventionellem Verfahren

#### 5. Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass Ultraschallsensoren einen wichtigen Beitrag zur Feld-Phänotypisierung von Getreide liefern können, entweder durch Sensor-Fusion mit anderen Sensoren aber auch durch den Sensor als eigenständiges System. Hier bietet unter anderem die Analyse der Intensitäten von Echos weitere Möglichkeiten. Die Autoren sehen neben der Wuchshöhe weiteres Potential bei der Erfassung von Pflanzenparametern durch Ultraschallsensoren, zum Beispiel bei der Bestimmung der Biomasse.

#### 6. Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Forschungsprojektes "predbreed" vom Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) gefördert.

## 7. Literaturhinweise

- [1] P3 Sensor von Agricon: <http://p3-sensor.agricon.de/produkte/p3-sensoren/>  
[Zugegriffen am 29. August 2014]  
Archiviert mit Webcite als: <http://www.webcitation.org/6SBz6pcw0>
  
- [2] Reusch,S.: Use of Ultrasonic transducers for on-line biomass estimation in winter wheat; Yara International Research Centre Hanninghof; 48249 Dülmen
  
- [3] Makeen, K.; Kerssen, S.; Mentrup,D.; Oelmann,B.; Ruckelshausen,A.; Multiple Reflection Ultrasonic Sensor System for Morphological Plant Parameters; Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 78, 2012,pp. 110-116, ISSN 0947-7314
  
- [4] Möller K., Scholz C., Wunder E., Ruckelshausen A.: Sensorteststand zur Entwicklung von Sensorsystemen unter dynamisch-reproduzierbaren Testbedingungen; 33. GIL- Jahrestagung, Massendatenmanagement in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Potsdam 2013, Tagungsband, ISBN 978-3-88579-605-3, S. 203-206.
  
- [5] Busemeyer, L.; Mentrup, D.; Möller, K.; Wunder, E.; Alheit, K.; Hahn, V.; Maurer, H.P.; Reif, J.C.; Würschum, T.; Müller, J.; Rahe, F.; Ruckelshausen, A. ; BreedVision — A Multi-Sensor Platform for Non-Destructive Field-Based Phenotyping in Plant Breeding, Sensors, 2013, Vol. 13, pp. 2830-2847.