

# 1-Bit Imaging mit Lichtschrankensensoren zur Ähren- und Grannen-Detektion von Getreide

Ivana Kovacheva, Daniel Mentrup, Simon Kerssen, Tobias Würschum, Arno Ruckelshausen

iotec GmbH  
Albert-Einstein-Str.1  
49076 Osnabrück  
Kovacheva.Ivana@iotec-GmbH.de  
Daniel.Mentrup@iotec-GmbH.de  
Simon.Kerssen@iotec-GmbH.de  
Tobias.Wuerschum@Uni-Hohenheim.de  
A.Ruckelshausen@HS-Osnabrueck.de

**Abstract:** Bildgebende Lichtschrankensensoren vermessen die Seitenprofile, von Pflanzenbeständen, nach dem Schattenwurfprinzip. Morphologische Parameter von Getreide, wie Höhe oder Ährenlänge, können absolut vermessen werden. Mithilfe eines neuen Laserzeilensensors werden sogar die Grannen an den Ähren detektiert.

## 1 Einleitung

Die messtechnische Bestimmung von Pflanzenstrukturen ist heutzutage unerlässlich für die Berechnung von agronomisch relevanten Merkmalen, und folglich für die Optimierung der Zuchtmethoden. Die zerstörungsfreie Pflanzenphänotypisierung wird mithilfe von - überwiegend - bildgebenden Sensoren mit verschiedenen Selektivitäten ermöglicht. Durch eine Datenfusion wird der Einfluss der feldbedingten Störgrößen zur Ermittlung von Pflanzenparameter reduziert [BMM13].

Die meisten bildgebenden Sensoren, wie Farb- oder Hyperspektral-Kameras, erfassen den Bestand von Oben. Durch Lichtschrankensysteme werden Schattenprojektionen des Seitenprofils des Pflanzenbestandes erzeugt, dies ermöglicht die Messung der absoluten Höhe oder der Flächenbelegung ([BMM13] [Ko13]).

Der erste Einsatz einer spezifischen Variante von Lichtschrankensensoren („Lichtgitter“) in agrartechnischen Anwendungen wurde für die feldbasierte Unterscheidung von Nutzpflanzen und Beikräutern von den Autoren bereits 1998 realisiert [DKL98]. Die Weiterentwicklung eigener und kommerziell verfügbarer Systeme und des Datenmanagements haben maßgeblich zu weiteren Applikationen – wie Einzelpflanzendetektion [FHL05] und Feldphänotypisierung [BMM13] – beigetragen. Die Technologie wurde auch für andere Arbeitsgruppen für Labor- oder Feldmessungen bereitgestellt ([FBM14], [MTD11]).

Im Rahmen dieses Beitrags wird die Erkennung individueller Ähren mithilfe eines hochauflösenden Lichtgitters gezeigt. Als nächstes wird die Detektion von Grannen vorgestellt, die von einem ultrahochoflösenden Laserzeilensensor erfasst und durch entsprechende Bildverarbeitungsalgorithmen extrahiert werden.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Angewendete Sensorsysteme

Für die Zwecke dieses Beitrags werden zwei bildgebende Lichtschrankensensoren eingesetzt, die die Pflanzenbestände nach dem Schattenwurfprinzip vermessen. Befindet sich ein Objekt zwischen den Sensoreinheiten, werden die Lichtstrahlen an den entsprechenden Positionen unterbrochen. Wenn sich der Sensor bzw. das Messobjekt bewegt und die Daten kontinuierlich ausgelesen werden, wird ein endloses 1-Bit Bild erzeugt. Die Sensoren unterscheiden sich jedoch bezüglich Aufbau, Auflösung, Umwandlung und Auslesegeschwindigkeit der Daten.

#### Lichtgitter:

Für die Messungen auf dem Feld (Abbildung 1) und im Labor wird das Lichtgitter Infra-Scan vom Hersteller Sitronic GmbH eingesetzt. Der Sensor wird durch diskrete, übereinander angeordnete Lichtschranken aufgebaut. Der Sender ist dabei mit 288 Infrarotdioden ausgestattet, die mit einer effektiven Messrate von 330 Hz nacheinander durchgepulst werden. Der Empfänger besteht aus gleichvielen Silizium-PIN-Fotodioden, die parallel zum Sender angeordnet sind. In vertikaler Richtung wird dabei eine Auflösung von 2,5 mm erreicht. Die Daten werden durch einen Mikrocontroller umgewandelt und seriell ausgelesen. Diese Technologie hat sich bei der Bestimmung von Biomasse und absolute Höhe von Getreidebeständen als mächtiges Werkzeug erwiesen [BMM13]. Weiterhin ermöglicht die gute Auflösung die Erkennung einzelner Ähren und die Bestimmung von Ährenlänge und – Winkelstellung [Ko13] [KKM14].



Abbildung 1: Integration des Lichtgitters in den Phänotypisierungsplattformen für Feldmessungen in Mais (BoniRob links) und in Triticale (BreedVision rechts)

#### Laserzeilensensor:

Um über weitere Algorithmen mehr Pflanzenparameter extrahieren zu können, wird eine höherauflösende Bildaufnahme benötigt. Dies kann durch das innovative Sensorsystem OEOS der iotec GmbH ermöglicht werden, dessen Technologie bisher nicht für Pflanzenphänotypisierung eingesetzt wurde. Der Sender besteht aus Lasern, welcher mittels

Optiken, einen parallelen Lichtvorhang erzeugt. Auf der Empfängerseite werden CCD-Zeilen, mit einer Auflösung in vertikaler Richtung von 64  $\mu\text{m}$  eingesetzt. Die Datenaufnahme erfolgt über einen FPGA, dies ermöglicht ein paralleles Belichten und Auslesen der CCD-Zeilen. Durch die hohe Messrate von bis zu 4000 Hz kann in Bewegungsrichtung eine 10-mal höhere Bildauflösung als beim Vergleichssystem, bei gleicher Geschwindigkeit, erzielt werden. Durch die hohe Auflösung in vertikaler und horizontaler Richtung ist die Aufnahme von Ähren und Grannen möglich.

## 2.2 Algorithmen

Die Algorithmen für die Auswertung der Lichtgitterdaten wurden ausführlich in [KKM14] beschrieben. An dieser Stelle wird erläutert, wie die Ähren und ihre Grannen aus den Laserzeilensensordaten automatisch detektiert und gezählt werden.

Für die Detektion der Ähren werden zunächst Bildverarbeitungsoperatoren, wie Erosion und morphologische Öffnung, angewendet. Somit werden Halme, Blätter und Grannen entfernt und infolgedessen resultiert ein Bild, das nur die Ähren beinhaltet. Weiterhin werden die alleinstehenden Ähren automatisch erkannt und mithilfe der Koordinaten von Ährenanfang und -spitze die Pflanzenhöhe, Ährenlänge, Winkel zwischen den Ähren und dem Halm berechnet.

Die automatische Detektion der Grannen erfolgt durch eine zweite Reihe morphologischer Bildverarbeitungsoperatoren. Als erstes wird der Bereich um die schon erkannte Ähre aus der Originalaufnahme geschnitten. Mit einem bestimmten Strukturelement werden die Grannen wiederum durch Erosion entfernt. Danach wird das resultierende Bild expandiert und das Ergebnis wird von dem Originalbild abgezogen. Das somit erstellte Differenzbild beinhaltet die Grannen (siehe Abbildung 2d).

## 3 Ergebnisse

Die Messergebnisse von dem Lichtgitter (Abbildung 2b) und dem Laserzeilensensor (Abbildung 2c) unterscheiden sich, hinsichtlich der Bildauflösung, deutlich. Während die Lichtgitterdaten die Erkennung von Ähren und die Berechnung von Ährenlänge und -winkel ermöglichen, ist der Laserzeilensensor in der Lage, zusätzlich die Grannen zu erfassen. Durch die entsprechenden Bildverarbeitungsalgorithmen werden die Grannen extrahiert (Abbildung 2d).

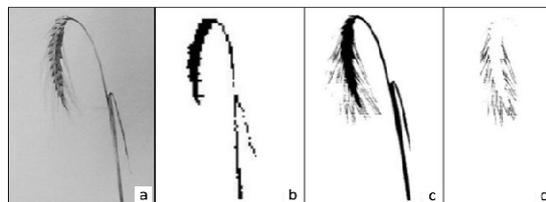


Abbildung 2: a- Triticale; b- Messergebnis vom Lichtgitter; c- Messergebnis vom Laserzeilensensor; d- Extraktion der Grannen aus dem Messergebnis des Laserzeilensensors

## 4 Fazit und Ausblick

Die im Rahmen dieses Beitrages vorgestellten bildgebenden Lichtschranken-sensoren ermöglichen das 1-Bit Imaging des Seitenprofils von Pflanzenbeständen. Mithilfe solcher Messungen kann die effektive Pflanzenhöhe, die Bestandsdichte und die Ähren vom Getreide zerstörungsfrei erfasst werden.

Dank des innovativen Laserzeilensensors können die Grannen an den Ähren detektiert werden. Diese Information kann für weitere wichtige Züchtungsparameter von Bedeutung sein, z.B. für die Schätzung der Anzahl Körner pro Ähre.

Über die aufgeführten Anwendungen hinaus bietet eine Sensorfusion des Laserzeilensensors (seitliche Sicht auf die Pflanzen) mit einer über den Pflanzen angeordneten Kamerasysteme (Draufsicht) die Option, selbst überlappende Pflanzen zu unterscheiden (siehe auch [Ko13], [KKM14]).

## Literaturverzeichnis

- [BMM13] 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*, pp. 2830-2847, 2013.
- [Ko13] Kovacheva, I., Bestimmung von Pflanzenparametern unter Anwendung bildgebender Lichtgittersysteme, Master Thesis, Osnabrück: HS Osnabrück, 2013.
- [DKL98] Dzinaj, T.; Kleine-Hörstkamp, S.; Linz, A. Ruckelshausen; A., Böttger, O.; Kemper, M.; Marquering, J.; Naescher, J.; Trautz, D.; Wisserodt, E., „Multi-Sensor-System zur Unterscheidung von Nutzpflanzen und Beikräutern,“ *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVI*, pp. 233-242, 1998.
- [FHL05] Fender, F., Hanneken, M., Linz, A., Ruckelshausen, A., Spicer, M., „Messende Lichtgitter und Multispektralkameras als bildgebende Systeme zur Pflanzenerkennung,“ *Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 40*, pp. S 7-16, 2005.
- [FBM14] Fanourakis, D., Briese, C., Max, J., Kleinen, S., Putz, A., Fiorani, F., Ulbrich, A., Schurr, U., „Rapid determination of leaf area and plant height by using light curtain arrays in four species with contrasting shoot architecture,“ *Plant Methods*, 2014.
- [MTD11] Montes, J.M.; Technow, F.; Dhillon, B.S.; Mauch, F.; Melchinger, A.E. (2011), „High-throughput non-destructive biomass determination during early plant development in maize under field conditions,“ *Field Crops Research*, Bd. 121, Nr. 2, pp. 268-273, 2011.
- [KKM14] Kovacheva, I.; Kerssen, S.; Mentrup, D.; Rosemann, T.; Bilges, K.; Ruckelshausen, A., „Bildgebende Lichtschrankensensoren zur Detektion von Pflanzenhöhen, Ähren und Grannen,“ Osnabrück, 2014.