

# Methoden zur 3D-Pflanzenvermessung mit Kinect v2 Kamera im Unterglasanbau

Stephan Hülsmann, Indera Nasution, Thomas Rath, Andreas Bettin

DGG-Proceedings, Vol. 7, 2017, No. 11, p. 1-5  
DOI: 10.5288/dgg-pr-sh-2017

Corresponding Author:  
Stephan Hülsmann  
Labor für Biosystemtechnik (BLab)  
Hochschule Osnabrück  
Am Krümpel 31  
49090 Osnabrück  
Germany  
Email: [stephan.huelsmann@hs-osnabrueck.de](mailto:stephan.huelsmann@hs-osnabrueck.de)

## Methoden zur 3D-Pflanzenvermessung mit Kinect v2 Kamera im Unterglasanbau

Stephan Hülsmann, Indera Nasution, Thomas Rath, Andreas Bettin

Labor für Biosystemtechnik (BLab), Hochschule Osnabrueck, Deutschland.

### 1. Einleitung, Stand des Wissens, Zielsetzung

Die Erfassung von Wachstumsinformationen hat im Versuchswesen des Gartenbaus eine hohe Bedeutung. Eine manuelle Wachstumserfassung ist mit hohem Personalaufwand verbunden. Neue Verfahren der automatisierten Pflanzenvermessung basieren auf verschiedenen Messverfahren. Bekannt sind Stereokameraaufbauten für die räumliche Darstellung von Pflanzen (Scharr und Schurr, 2007, Li et al., 2017). Das aktuell kommerziell bekannteste System ist das PlantEye (Phenospex, Heerlen, Niederlande). Das PlantEye verwendet das Verfahren der Triangulation eines Linienlaserscans (Kjaer und Ottosen, 2015). Weitere Forschungsarbeiten benutzen die bekannte Kinect v2 Kamera im Freiland für die Unkrautererkennung und Untersuchungen an Baumwollpflanzen (*Gossypium*) (Andújar et al. 2016, Jiang et al. 2016).

Zielsetzung:

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung einer automatisierten Höhenerfassung unter Verwendung einer Kinect v2 Kamera im Unterglasanbau. Neben dem Entwurf eines Messaufbaus, bildet die Programmierung von kulturspezifischen Algorithmen für die Auswertung der Kameradaten den Schwerpunkt dieser Arbeit. Bei den untersuchten Kulturen handelt es sich um einen Schnittrosenbestand und einzelne Blütenstände einer Gerberakultur.

### 2. Material und Methoden

Die Kinect v2 Kamera ist von Microsoft für die Gestensteuerung der Videospielekonsole Xbox konzipiert worden (Microsoft, Redmond, USA). Dazu werden neben Farbbildaufnahmen auch Tiefenbildaufnahmen der vor der Kamera befindlichen Personen oder Objekten angefertigt. Der Tiefenbildsensor besteht aus einem Infrarotsender und -empfänger und hat eine Auflösung von 512 x 484 Pixel. Das Messprinzip des Tiefenbildsensors basiert auf dem Laufzeitverfahren (englisch: time of flight, ToF). Die Bildinformationen eines Tiefenbildes unterscheiden sich im Vergleich zu einer Farbbildaufnahme darin, dass in den Pixeln der Tiefenbildaufnahme kein Farbwert gespeichert ist, sondern die Entfernung der Oberfläche des Pixels zu der Kinect v2 Kamera. Nach Paulus et al. (2014) liegt der Vorteil von Kinect v2 Kameras im Vergleich zu kommerziellen Systemen nicht in einer höheren Genauigkeit, sondern in ihrem sehr viel geringeren Anschaffungspreis. Seit Beginn der Vermarktung förderte Microsoft die alternative Verwendung der Kinect v2 Kamera, z.B. durch das Bereitstellen notwendiger

Programmbibliotheken, Adapter und Schnittstellen, sodass die Bildinformationen der Kinect v2 Kamera auch mit einem Computer (Windows 8 oder höher) ausgelesen werden kann.

Der Messaufbau bestand aus einer Kinect v2 Kamera mit Halterung, die mittels eines Adapters an einen Computer (USB 3.0; Windows 10) angeschlossen wurde. Die Kinect v2 Kamera wurde über dem Bestand installiert und das Sichtfeld auf den Bestand ausgerichtet. Die ausgegebenen Farb- und Tiefenbilder konnten durch ein selbst entwickeltes Programm auf dem Computer abgespeichert werden. Dazu wurde die von Microsoft zur Verfügung gestellte Programmbibliothek „Kinect for Windows SDK 2.0“ und die Programmiersprache C# verwendet. Um Störeffekte durch die in der Globalstrahlung enthaltene Infrarotstrahlung zu vermeiden, erfolgte die Tiefenbildaufnahme in den Nachtstunden. Die Aufnahme erfolgte automatisiert durch den verbundenen Computer. Aus Dokumentationsgründen wurde zusätzlich eine Farbbildaufnahme des Bestandes in den Tagstunden aufgenommen. Der Onlinetransfer der erzeugten Tiefenbilder erfolgte durch mobiles Internet unter Verwendung eines UMTS-Sticks. Die Kosten für den gesamten Versuchsaufbau beliefen sich auf etwa 400 €. Die Verarbeitung der übermittelten Tiefenbilder wurde mit der lizenzpflichtigen Bildverarbeitungssoftware Halcon 12<sup>®</sup> des Unternehmens MVTec (München, Deutschland) durchgeführt. Die Bildverarbeitungssoftware ermöglichte das Verarbeiten der Tiefenbildinformationen, einzelner Pixel oder ganzer Regionen durch das Auswerten des Histogramms einer Tiefenbildaufnahme.

Bei den untersuchten Kulturen handelte es sich um *Rosa cv.* und *Gerbera cv.* Die Schnittrosen wurden in einer GEFA-Rosenrinne mit japanischem Schnittsystem kultiviert. Die Kultur der Gerbera erfolgte in Stellagen. Die von der Kinect v2 Kamera erfasste Beetlänge betrug etwa 3 m. Eine schematische Darstellung des Messaufbaus ist in Abbildung 1 dargestellt.

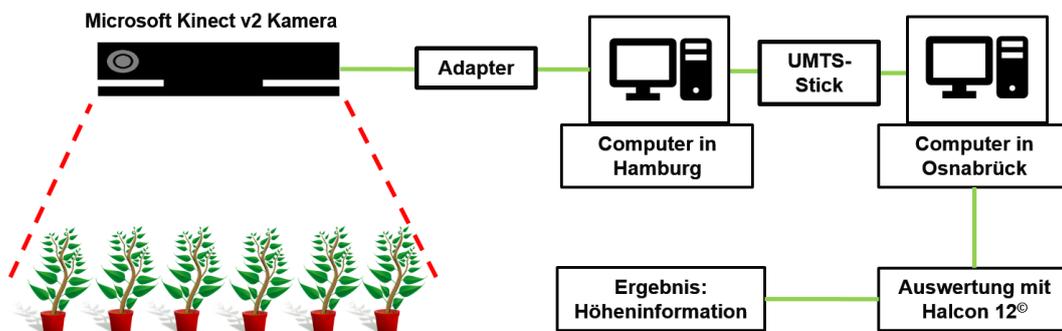


Abb. 1: Schematischer Messaufbau der Höhenerfassung, der Datenübertragung und Datenverarbeitung

Die Untersuchung der Genauigkeit der Tiefenbildinformationen wurde am Standort Osnabrück durchgeführt. Hierfür wurde eine Kalibration mit einer 25 cm<sup>2</sup> großen Referenzfläche aus Hartkarton vorgenommen. Die Referenzfläche wurde waagrecht in variierenden Entfernungen zu der Kinect v2 Kamera positioniert und die erfassten Entfernungsdaten den realen Entfernungen zur Kinect v2 Kamera gegenübergestellt. Der Messdurchlauf wurde in der Bildmitte und im Bildrand vollzogen, um eventuell auftretende Verzerrungseffekte ausschließen zu können.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Genauigkeit der Tiefenbildinformationen

Eine Gegenüberstellung der mit der Kinect v2 Kamera ermittelten Entfernungen zu den realen Entfernungen von dem Referenzobjekt zu der Kinect v2 Kamera ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Höhenabweichung der mit der Kinect v2 Kamera ermittelten Entfernungen beträgt in der Bildmitte 1 – 5 mm, am Bildrand 1 – 10 mm, bei einer Entfernung von 0,75 – 1,45 m.

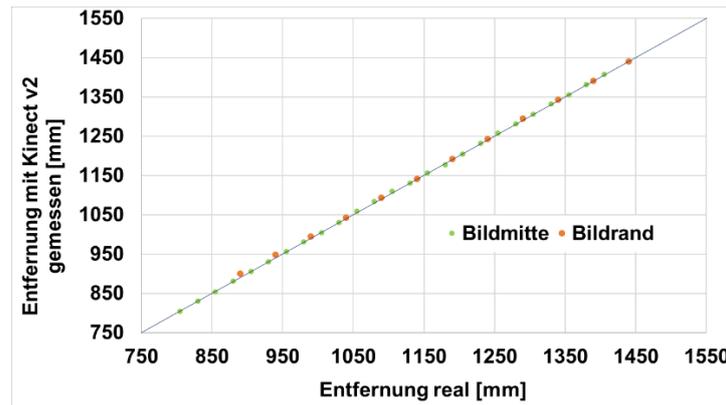


Abb. 2: Validierung der Tiefenbildinformationen anhand einer Referenzfläche (waagrecht zu der Kamera ausgerichtete Hartkartonfläche) in verschiedenen Entfernungen zu der Kinect v2 Kamera

#### 3.2 Höhere Erfassung Rosen

Nach dem Einlesen des Tiefenbildes in die Bildverarbeitungssoftware und Festlegung des Untersuchungsbereiches wurde eine Schwellenwertbildung durchgeführt. Dazu erfolgte eine Selektion aller Pixel, deren Entfernungsdaten geringer als die der Substratoberfläche waren. Die selektierten Pixel enthielten nur Entfernungsdaten des Pflanzenbestandes (Abb. 3). Die mittlere Pflanzenhöhe wurde aus der Entfernung der Kinect v2 Kamera zu der Substratoberfläche, abzüglich der gemittelten Entfernungsdaten der Pflanzenteile, bestimmt.

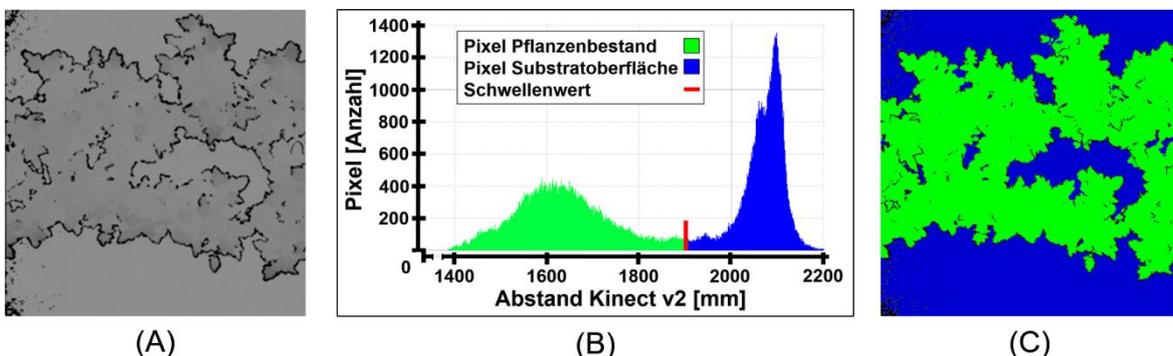


Abb. 3: Graustufendarstellung eines Rosenbestandes (A) mit nachfolgender Histogrammauswertung durch Schwellenwertbildung (B) und extrahierten Pflanzenbestandteilen (C)

In Abbildung 4 ist der Verlauf der mit der Kinect v2 Kamera erfassten mittleren Höhe eines Rosenbestandes dargestellt. Die Entwicklung der mittleren Höhe war durch das periodische Wachsen des Bestandes mit anschließendem Ernteprozess geprägt.

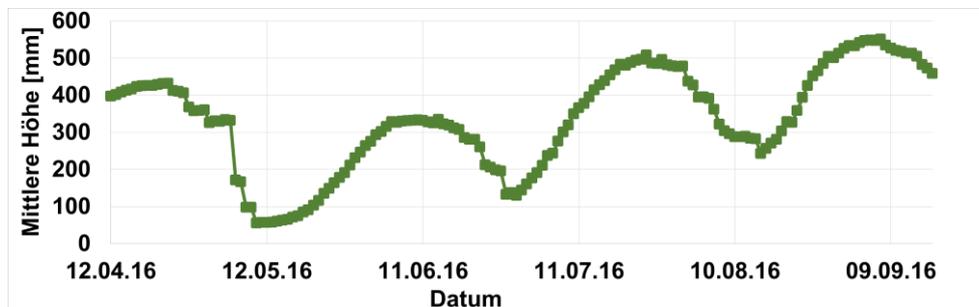


Abb. 4: Täglich ermittelte durchschnittliche Höhe in mm eines Schnittrosenbestandes im Zeitverlauf von April bis September

### 3.3 Höhenerfassung von Einzelblüten bei Gerbera

Gerberapflanzen weisen eine im Wuchs gehemmte Sprossachse auf und nur Triebe des Blütenstandes zeigen ein starkes Streckungswachstum. Aus diesem Grund wurde eine Analyse des Einzelblütenwachstums durchgeführt. Dazu erfolgte die Selektion der Tiefenbildinformationen oberhalb der Blattoberflächen des Gerberabestandes. Die separierten Regionen beinhalteten Entfernungsdaten von Blütenständen in verschiedenen Stadien und Bestandteile der Gewächshauskonstruktion. Die Regionen der jungen im Streckungswachstum befindlichen Blütenstände wurden durch ihre Rundheit selektiert. Blütenstände, deren Entwicklungsstadium zu weit fortgeschritten war und das Streckungswachstum nahezu eingestellt hatten, konnten anhand ihrer großen Fläche herausselektiert und entfernt werden. Erhalten blieben die Regionen von jungen Gerberablütentrieben mit geschlossenen Blütenständen (Abb. 5). Die Position und die Entfernungsdaten dieser Regionen wurden gespeichert. Identisch erfolgte die Verarbeitung der Tiefenbilddaufnahme des Folgetages. Es schloss sich die Zuordnung der gespeicherten Positionen und Entfernungsdaten mit den am Folgetag ermittelten Positionsdaten durch Anwendung eines Clusteralgorithmus (k-Nearest-Neighbor, Halcon (MVTec München, Deutschland)). Anhand der erfassten Höhenunterschiede der Einzelblütenstände im Vergleich der beiden Tage, konnte das Wachstum bestimmt werden.

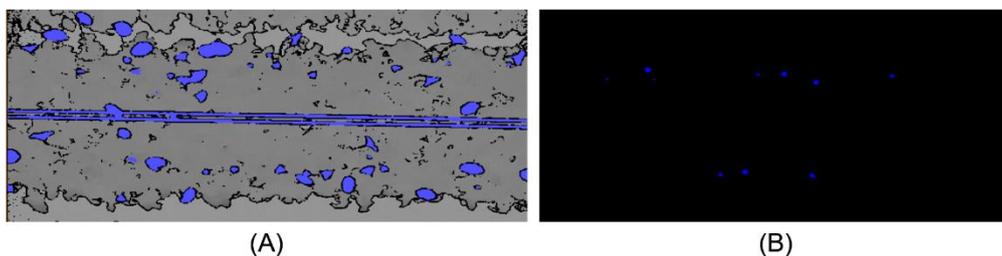


Abb. 5: Tiefenbilddaufnahme des Gerberabestandes mit selektierten Regionen (blau) oberhalb der Blattoberfläche (links) und nachfolgend selektierten, im Streckungswachstum befindlichen Blüten (rechts, blau)

#### 4. Diskussion

Die mit der Kinect v2 Kamera erstellten Tiefenbilder weisen bei der Validierung mit einer Referenzfläche aus Hartkarton eine ausreichende Genauigkeit auf. Die Kalibrierung mit weiteren Materialien wie z.B. Pflanzenteilen, sowie eine Validierung mit verschiedenen Objektwinkeln steht noch aus. Erst dies ermöglicht eine realistische Bewertung. Im Vergleich zu Andújar et al. (2016) und Jiang et al. (2016) wurde die Kinect v2 Kamera erstmalig im Gewächshaus verwendet. Der entwickelte Versuchsaufbau bietet ein hohes Automatisierungspotential und die vorgestellten Algorithmen können ohne großen Aufwand an weitere Kulturen angepasst und verwendet werden.

Nach Li et al. (2017) nimmt die Tiefenbildgenauigkeit bei Stereokamerasystemen mit zunehmender Entfernung ab. Im Vergleich dazu bestätigt die Untersuchung von Pagliari und Pinto (2015) die hohe Tiefenbildgenauigkeit der Kinect v2 Kamera und zeigt, dass der Messfehler mit zunehmender Entfernung nur gering zunimmt

#### 5. Schlussfolgerung

Mit den eingerichteten Versuchsaufbauten, in Kombination mit den vorgestellten Algorithmen, ist die tägliche Ermittlung der Pflanzenhöhe realisierbar. Dies ermöglicht die Onlineerfassung von Wachstumsverläufen und die Bestimmung der Auswirkung von Kulturmaßnahmen auf das Pflanzenwachstum.

#### 6. Literatur

Andújar, D., Dorado, J., Fernández-Quintanilla, C., Ribeiro, A. (2016): An Approach to the Use of Depth Cameras for Weed Volume Estimation. *Sensors*, 16(7): 972. doi: 10.3390/s16070972

Jiang, Y., Li, C., Paterson, A.H. (2016): High throughput phenotyping of cotton plant height using depth images under field conditions. *Computers and Electronics in Agriculture* 130: 57-68. doi: 10.1016/j.compag.2016.09.017

Kjaer, K.H., Ottosen, C.O. (2015): 3D Laser Triangulation for Plant Phenotyping in Challenging Environments. *Sensors*, 15(6): 13533-13547. doi: 10.3390/s150613533

Li, D., Xu, L., Tang, X.S., Sun, S., Cai, X., Zhang, P. (2017): 3D Imaging of Greenhouse Plants with Inexpensive Binocular Stereo Vision System. *Remote Sens*, 9(5): 508. doi: 10.3390/rs9050508

Pagliari, D., Pinto, L. (2015): Calibration of Kinect for Xbox One and Comparison between the Two Generations of Microsoft Sensors. *Sensors*, 15(11): 27569-27589. doi: 10.3390/s151127569

Paulus, S., Behmann, J., Mahlein, A.K., Plümer, L., Kuhlmann, H. (2014): Low-Cost 3D System: Suitable Tools for Plant Phenotyping. *Sensors*, 14(2): 3001-3018. doi: 10.3390/s140203001

Scharr, H., Schurr, U. (2007): A stereo imaging system for measuring structural parameters of plant canopies. *Plant Cell and Environment*, 30(10): 1299-1308. doi: 10.1111/j.1365-3040.2007.01702.x