

# Aus- und Weiterbildungskonzepte zu bildgebende Sensorsystemen

## *Further Education Concepts for Image Based Systems*

Arno Ruckelshausen, Axel Höh, Andreas Linz

Hochschule Osnabrück, Competence Center of Applied Agricultural Engineering (COALA), Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück,

E-Mail: bildgebende-sensortechnik@hs-osnabrueck.de, a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

### **Zusammenfassung:**

Die Verfügbarkeit verschiedener bildgebender Sensorsysteme ist sehr stark angestiegen, dies betrifft auch die Verfügbarkeit leistungsfähiger Bildverarbeitungsprogramme. Im Falle einer weniger komplexen Bildverarbeitung steht daher die Auswahl der bildgebenden Systeme für robuste Lösungen im Fokus, insbesondere für Applikationen mit dynamischen Störgrößen wie in der Landwirtschaft. Es wird daher ein Konzept für einen Zertifikatskurs der beruflichen Weiterbildung entwickelt und erprobt, der Grundlagen und praktische Erfahrungen im Bereich bildgebender Systeme in der Agrar- und Lebensmitteltechnik vermittelt. Die Motivation und das Konzept werden beschrieben, ebenso erste Praxiserfahrungen.

**Deskriptoren:** Bildgebende Sensorsysteme, Weiterbildung, Lehrformen

### **Abstract:**

The availability of various image based systems has been increased, which is also true for the availability of powerful image processing programs. As a consequence, in the case of less complex image processing, the selection of imaging systems for robust solutions has come into focus, in particular for applications with dynamic noise sources such as in agriculture. A concept for a certificate course as further education and training has been developed and tested, which provides basic knowledge and practical experience in the field of imaging systems in agricultural and food technology. The motivation and the concept are described, as well as first practical experiences.

**Keywords:** *image based systems, further education, teaching*

## **1 Motivation**

Die Verfügbarkeit von Kamerasystemen ist in den letzten Jahren sehr stark angestiegen, der Bereich „Imaging“ stellt für viele Anwendungsgebiete eine Schlüsseltechnologie dar. Der Querschnittscharakter in Verbindung mit der technischen und gesellschaftlichen Bedeutung von Kamerasystemen erfuhr im Jahr 2009 durch die Vergabe des Nobelpreises

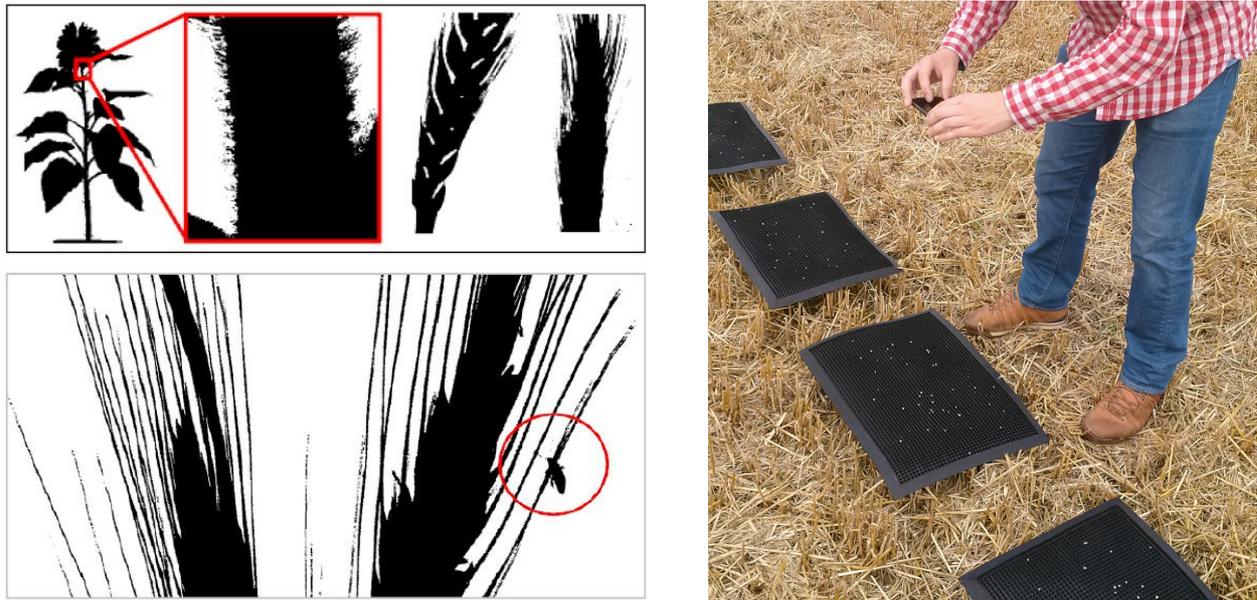
für Physik – im Sinne eines „Ingenieur-Nobelpreises“ – eine besondere Würdigung. Die Fortschritte in der Elektronik und Informatik haben auch in der Landwirtschaft zunehmend Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit Imaging-Technologien gefördert (Zhang 2016, Weltzien & Gebbers 2016, Ruckelshausen 2016). Allerdings sind die Rahmenbedingungen im Vergleich zur industriellen (Indoor-)Produktion oder dem Automotive-Bereich deutlich komplexer: Landmaschinen müssen Outdoor nicht nur fahren, sondern auch arbeiten und sind insbesondere einer Vielzahl dynamischer Störgrößen ausgesetzt. Beispiele sind Sonnenlicht, Staub, Feuchtigkeit oder Erschütterungen. Trotz dieser schwierigen Rahmenbedingungen gibt es erhebliche Fortschritte. Dies wird am Beispiel von 5 Medaillen als Auszeichnungen für Innovationen auf der Agritechnica 2015 belegt (DLG e.V. 2015): Kamerasysteme zur Fahrerassistenz mit Bildverarbeitung (Fendt, Deutz-Fahr) und erweiterter Realität (John Deere, siehe Abb. 1, rechts), der Einsatz von Smart Phones (Amazonen-Werke, siehe Abb. 2, rechts) oder der Einsatz von Laserscanner zur Höhenführung (Horsch) sind Beispiele für den Pflanzenbau.



**Abbildung 1:** Beispiele für den Kameraeinsatz in der Landwirtschaft: Teilbreitensteuerung auf Grundlage einer Bildanalyse (links, Quelle: AgriCon GmbH); „Birdview“ mit erweiterter Realität auf Grundlage mehrerer Kamerasysteme zur Fahrerassistenz (rechts, Quelle: John Deere).

Die Komplexität der jeweiligen Anwendungen in Verbindung mit einer zunehmenden Vielzahl verschiedener bildgebender Technologien lenkt den Fokus stärker auf die Auswahl bildgebender Systeme für die Applikation unter spezifischen Störgrößeneinflüssen. Die Bildverarbeitung mit Bildinterpretation ist zwar weiterhin maßgeblich für die Umsetzung der Analyseergebnisse in Handlungsanweisungen, jedoch steht mit den heute verfügbaren Werkzeugen eine schlagkräftige Unterstützung bei der Bildverarbeitung zur Verfügung, die im Falle weniger komplexer Situationen bereits nicht mehr das „Bottleneck“ darstellt. Abbildung 1 zeigt den Einsatz von Kameras in verschiedenen Praxissituationen der Landwirtschaft. In Abbildung 2 wird die Vielfalt bildgebender Sensorsysteme am Beispiel eines bildgebenden Lichtschattensensors (Kovacheva et al. 2015, Nieberg 2015)

verdeutlicht. Derartige Sensoren werden bisher überwiegend in der Sicherheitstechnik eingesetzt, ermöglichen aber in der Landwirtschaft – speziell im Feldversuchswesen und der Pflanzenphänotypisierung (Ruckelshausen & Busemeyer 2015) – eine völlig neue Sichtweise. Auch die große Verbreitung der Smartphones eröffnet zunehmend neue Applikationen, z.T. in Verbindung mit neuen Geschäftsmodellen.



**Abbildung 2:** Beispiele für verschiedenartige bildgebende Sensorsysteme in der Landwirtschaft: Hochauflöser Lichtschattensensor zur Pflanzenphänotypisierung (Quelle: Nieberg 2015); Aufnahme und Bildverarbeitung zur Querverteilung von Düngerkörnern mit einer Smartphone-App (Quelle: „EasyCheck“, Amazonen-Werke H.Dreyer GmbH & Co. KG)

Diese Überlegungen in Verbindung mit der hohen Innovationsrate in dieser Domäne haben zur Idee eines Weiterbildungsangebotes im Themenbereich bildgebender Sensortechnologien für Teilnehmer aus Landtechnik- und Industrieunternehmen sowie anderen Einrichtungen geführt. Hinzu kommen Erfahrungen mit Studierenden an der Hochschule Osnabrück beim praktischen Umgang mit bildgebenden Technologien. Hier wurden in den letzten Jahren Erfahrungen mit den Lehrmethoden „Fortgeschrittenen-Praktikum“ und „Case Studies“ gewonnen. Die Studierenden aus den Studiengängen der Elektrotechnik, Informatik und Mechatronik (Gruppen mit typischerweise 2 Studierenden) führen nur einen oder zwei Praktikumsversuche mit klassischen Anleitungen durch und entwickeln eigene Ideen zur Nutzung der bildgebenden Technologien. Diese werden dann durchgeführt, ausgewertet und in der großen Gruppe diskutiert. Diese Form des Praktikums – „Fortgeschrittenen-Praktikums“ – fördert die Initiative der Studierenden und hat schon zu vielen Ideen geführt, die weiterverfolgt wurden. Das Feedback der Studierenden

ist sehr positiv. Weitere Erfahrungen wurden mit Fallstudien (Case Studies) gewonnen, bei denen die Studierendengruppe (ca. 5 Teilnehmer\_innen) – ohne zusätzliche „Heimarbeit“ – innerhalb von 2 Zeitblöcken mit je 4 Stunden eine Fragestellung konzeptionell und mit technologischer Unterstützung im Sinne einer Machbarkeit bearbeiten und präsentieren. Hier werden überwiegend Raspberry Pi-Kamerasysteme mit installierter Bildverarbeitung (openCV) und gegebenenfalls weiteren Sensoren genutzt, die eine schnelle Einarbeitung für die Studierenden ermöglichen. Die positiven „hands-on“-Erfahrungen sind in das Konzept für das Weiterbildungsangebot eingeflossen.

## 2 Konzept des Zertifikatskurses

Im Rahmen des geförderten Verbundprojektes AgriCareerNet (*AgriCareerNet 2017*) wird das Weiterbildungsangebot in Form eines Zertifikatskurses „Bildgebende Systeme in der Agrar- und Lebensmitteltechnik“ aufgebaut. Neben den oben dargestellten Bezügen zur Landtechnik ergeben sich ähnliche Bezüge (z.T. überlappend) für den Lebensmittelbereich.

Zielgruppe für den Kurs sind zunächst Teilnehmer aus der Industrie, die sich einen Überblick und praxisorientierten Einblick in die bildgebenden Sensortechnologien mit dem Fokus auf Landwirtschaft/Lebensmitteltechnik verschaffen möchten. Die Teilnehmerzahl sollte zwischen 10 und 15 liegen, so dass von typischerweise drei Ansprechpartnern eine gute Betreuung der Hands-on-Phasen gewährleistet ist. Der eintägige Kurs fokussierte sich zunächst auf eine Übersicht zu bildgebenden Sensortechnologien. Hier werden auch technologische Grundlagen zu CCD- und CMOS-Sensoren, Farbe und Lichttechnik knapp erläutert. Die individuellen Interessen der Teilnehmer\_innen werden aufgenommen. Anschließend gibt es zu ausgewählten Themen bildgebender Sensorik Kurzvorträge, die bereits auf das spätere praktische Arbeiten mit den Systemen hinweisen. Beispiele für Kurzvorträge sind: Hochgeschwindigkeitskameras, Multi- und Hyperspektralsysteme, 3D-Sensoren, kombinierte Spektral/3D-Systeme (MWLP, *Strothmann et al. 2017*), Low-Cost-Sensoren und Lichtschattensensoren. Darüber hinaus wird auf Konzepte der Bildverarbeitungs-Werkzeuge, Simulationsumgebungen (wie ROS), Smart Sensors oder Sensor-Daten-Fusion eingegangen. Im Laufe des Nachmittags beginnt die Hands-on-Phase, in die mit einem Laborrundgang zum Einsatz bildgebender Technologien in Forschungsprojekten übergeleitet wird. Für das praktische Arbeiten stehen Labormessplätze mit bildgebenden Sensortechnologien zur Verfügung, entsprechende Softwarewerkzeuge zur Visualisierung oder eine erste Bildverarbeitung sind installiert. In Tabelle 1 wird eine Übersicht zu den Technologien gegeben.

Der eintägige Zertifikatskurs endet mit einer offenen Diskussion zu Fragen der Teilnehmer\_innen und einem Feedback zum Kurs. Weiterhin werden Fragebogen zur Evaluation des Zertifikatskurses ausgefüllt.

<b>Bildgebende Sensortechnologien</b>	
Hyperspektral-Kameras (VIS, NIR)	3D-Time-of-flight-Kamera
Multispektralkamera	Laserscanner (2D/3D)
Programmierbarer Spektralfilter	Stereokamera
IR-Wärmekameras	Lichtschnittkamera
Lichtgitter/Lichtschattensensoren	Plenoptische Kamera
Low-Cost Imaging (Kinect, Raspberry Pi)	Hochgeschwindigkeitkameras (bis 1 Mfps, Grauwerte/Farbe)
<b>Software-Werkzeuge zur Unterstützung:</b>	
Matlab (mit Image Processing und Computer Vision Toolbox)	Labview (mit NI Vision Builder for Automated Inspection)
Open CV	ImageJ
Robot Operating System (ROS)	Eigene Programme

**Tabelle 1:** Übersicht zum Einsatz von Technologien bei der Erprobung des Zertifikatskurses „Bildgebende Systeme in der Agrar- und Lebensmitteltechnik“.

### 3 Erste Erfahrungen und Ausblick

Im Rahmen des Fördervorhabens wurden erste Erfahrungen zur Durchführung eines Zertifikatskurses gewonnen, teilgenommen haben Mitarbeiter\_innen aus Unternehmen, die Produkte und Services für die Landwirtschaft anbieten. Neben einem insgesamt sehr positiven Feedback gab es Anregungen für die weitere Entwicklung des Kurses. Beispiele sind insbesondere die bereits angedachte differenziertere Zielgruppenorientierung, die fachliche Schwerpunktbildungen oder Fokussierungen ermöglicht (es gab sowohl Interesse für mehr Grundlagen als auch mehr Hands-on-Zeitfenster). Gegebenenfalls können nur kurz angesprochene Schnittstellen der bildgebenden Sensortechnologien zur Weiterverarbeitung ausführlicher erläutert werden (Beispiele: Sensor-Daten-Fusion oder Simulationstechnologien).

Die praktische Durchführung eines „Test-Kurses“ hat mit den Praxiserfahrungen und dem konstruktiven Feedback wichtige Impulse für die weitere Ausgestaltung des Zertifikatskurses geboten. Das Interesse zeigt die Bedeutung des Themas für die Praxis.

## Danksagung

Die Entwicklung und Praxiserprobung des Zertifikatskurses „Bildgebende Systeme in der Agrar- und Lebensmitteltechnik“ an der Hochschule Osnabrück wird im Rahmen des Verbundprojektes „AgriCareerNet“ sowie der Qualifizierungsinitiative „Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

## Literaturverzeichnis

**AgriCareerNet:** Netzwerk für Agrarkarrieren, URL: <http://www.agri-career.net/agricareernet/>, Forschungsprojekt Georg-August-Universität Göttingen und Hochschule Osnabrück, Förderung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Stand: 14.03.2017.

**DLG e.V.:** Agritechnica – Neuheiten 2015, URL: <https://www.agritechnica.com/de/innovation-award/neuheiten-2015/>, Stand: 14.03.2017.

**Kovacheva, I., Mentrup, D., Keressen, S., Würschum, T., & Ruckelshausen, A. (2015):** 1-Bit Imaging mit Lichtschrankensensoren zur Ähren-und Grannen-Detektion von Getreide. In GIL Jahrestagung (pp. 85-88).

**Nieberg, D.:** Innovative Lichtschrankensensoren zur Erfassung morphologischer Pflanzeigenschaften in Labor- und Feldversuchen, Master Thesis, Hochschule Osnabrück/The Plant Accelerator, University of Adelaide, Australia, 2015.

**Ruckelshausen, A.:** „Bildgebende Sensorsysteme auf dem Vormarsch / Sensorik – die Schlüsseltechnologie für den Pflanzenbau, LOP 11/216, ISSN 1432-9387, S. 20ff, 2016.

**Ruckelshausen, A., Busemeyer, L.:** Towards digital and image based phenotyping; in: KUMAR, Jitendra; PRATAP, Aditya; KUMAR, Shiv. Phenomics in Crop Plants: Trends, Options and Limitations. Phenomics in Crop Plants: Trends, Options and Limitations, Springer, India, 2015.

**Strothmann, W., Ruckelshausen, A., Hertzberg, J., Scholz, C., & Langsenkamp, F.:** Plant classification with In-Field-Labeling for crop/weed discrimination using spectral features and 3D surface features from a multi-wavelength laser line profile system, Computers and Electronics in Agriculture, 134, pp.79-93, 2017.

**Weltzien, C. & Gebbers, R.:** Aktueller Stand der Technik im Bereich der Sensoren für Precision Agriculture., Referate der 36. GIL-Jahrestagung, 22.-23. Februar 2016, Osnabrück, S. 217-220, ISBN 978-3-88579-647-3.

**Zhang, Q.:** Precision Agriculture Technology for Crop Farming, CRC Press, 2016.