

Robotics und Automatisierung im Gartenbau – KTBL-Tagung – 17./18.09.2018 in Erfurt



Autonome Systeme im Freiland

Arno Ruckelshausen

Hochschule Osnabrück / COALA - Competence in Applied Agricultural Engineering



Übersicht

Technologie trifft Natur – nachhaltiger Pflanzenbau im Freiland

Schlüsseltechnologien als Hilfsmittel des Menschen: Sensoren, Daten und Simulationen

Feldrobotik – alternative Ansätze mit *autonomen* Systemen

Zusammenfassung / Diskussion

Übersicht

Technologie trifft Natur – nachhaltiger Pflanzenbau im Freiland

Schlüsseltechnologien als Hilfsmittel des Menschen: Sensoren, Daten und Simulationen

Feldrobotik – alternative Ansätze mit *autonomen* Systemen

Zusammenfassung / Diskussion

Über Industrieanlagen, Autos und Landmaschinen

;-)	Industrieanlagen	Autos	Landmaschinen
... kommunizieren	😊	😐	😐
... navigieren	😞	😊	😊
... arbeiten	😊	😞	😊

Technologie trifft Natur ...



[Field-Robot-Stone](#)

Quellen: Hochschule Osnabrück , agrarheute.com, A.Ruckelshausen

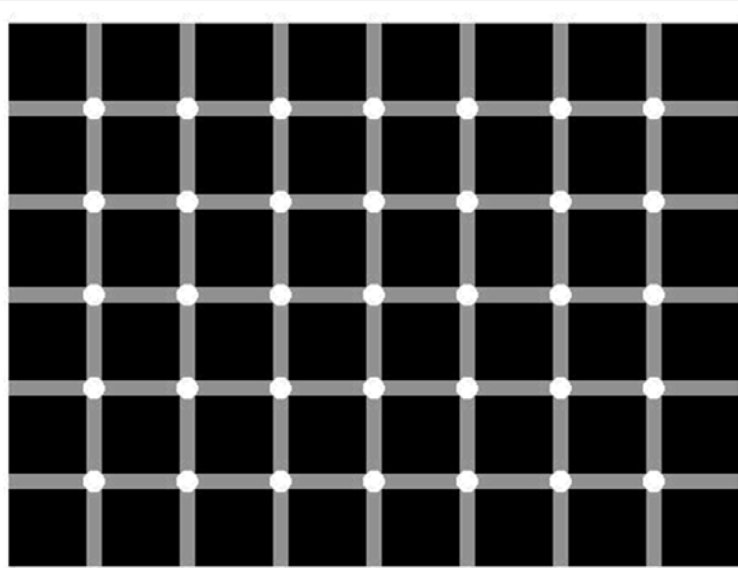
Draußen auf dem Feld ...



Draußen auf dem Feld ...

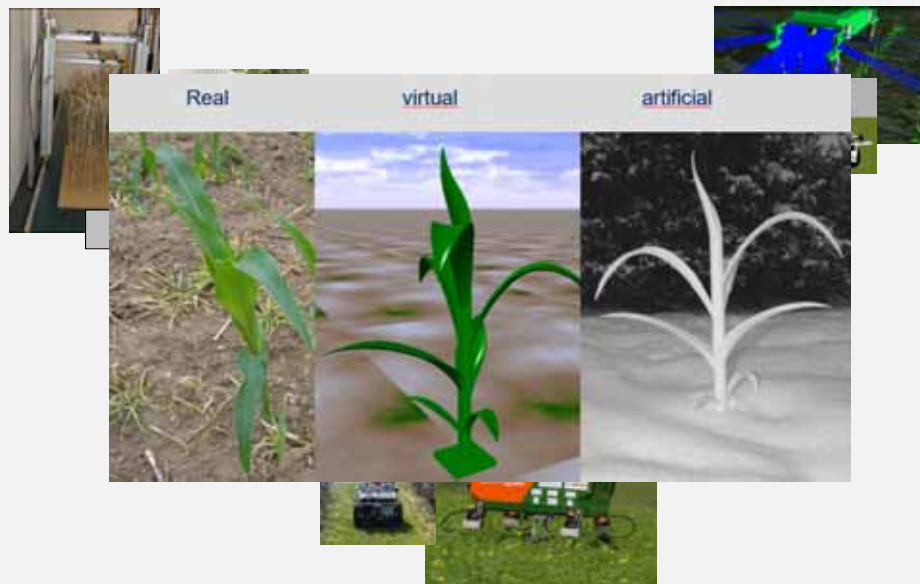


... man traut seinen Augen nicht ;-)



Quelle: Daniel Picon, Optische Täuschungen, Fleurus Idee, 2005.

„Nature in the Loop“: Labortest – Simulation - Feldversuch



Pflanzen – Blickwinkel und Schubladen

Landwirtschaft

- konventionell
- ökologisch
- maritim
- urban
- ...
- ...

Gartenbau

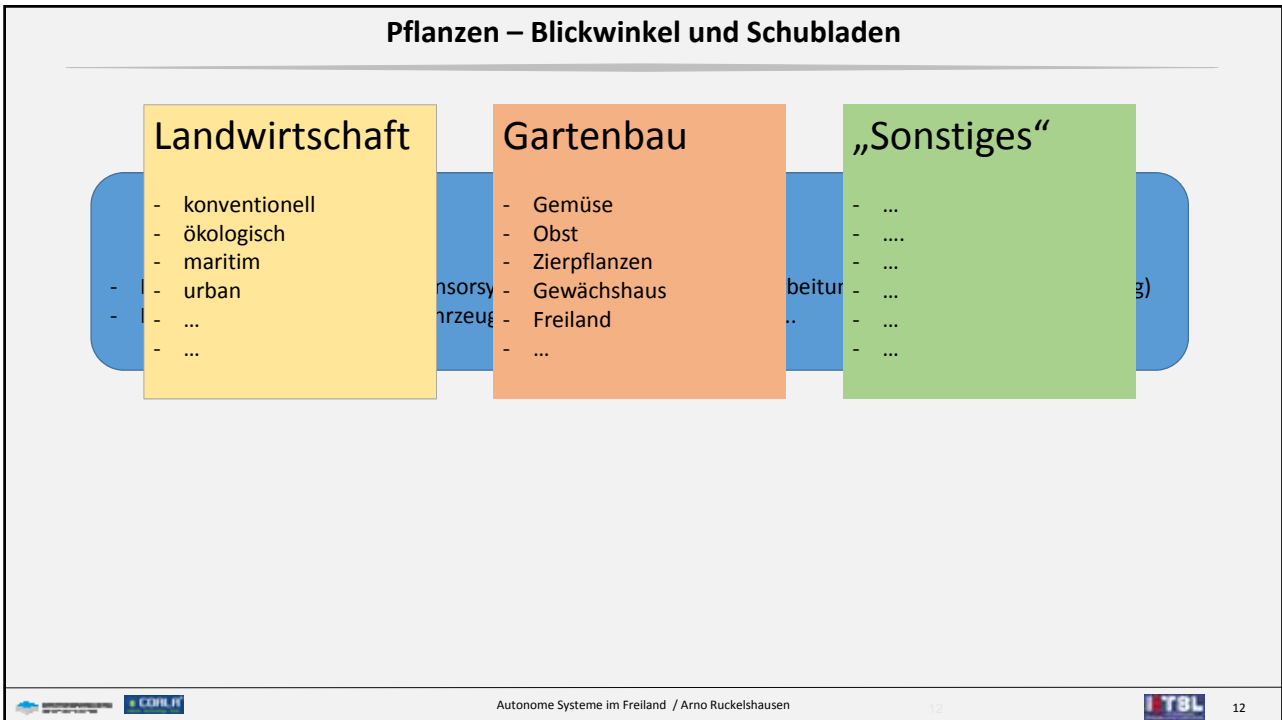
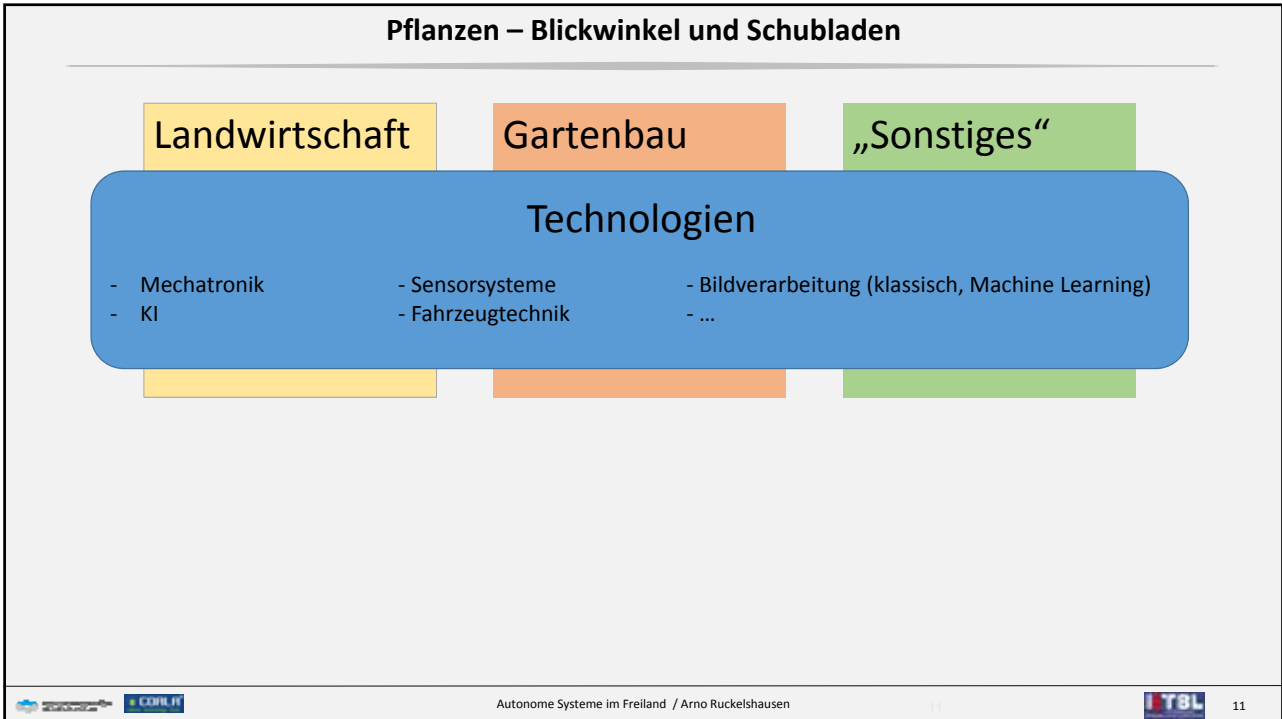
- Gemüse
- Obst
- Zierpflanzen
- Gewächshaus
- Freiland
- ...

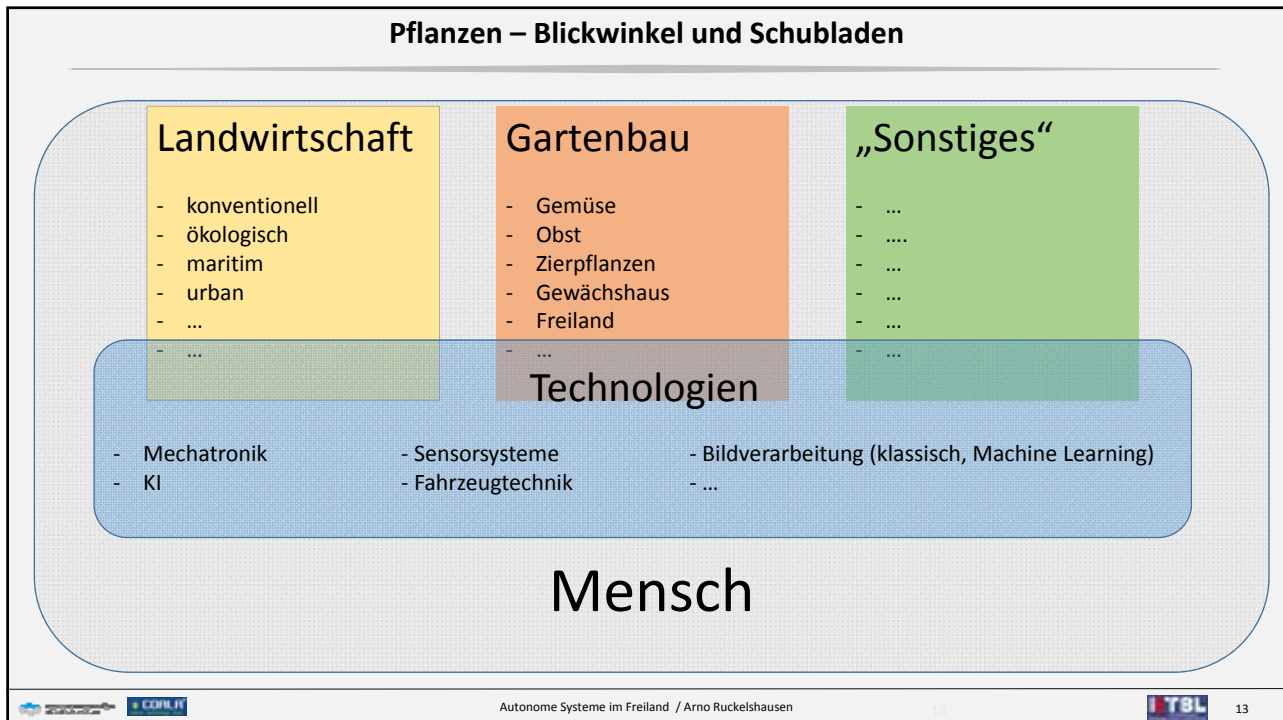
„Sonstiges“

- ...
-
- ...
- ...
- ...
- ...

Technologien

- Mechatronik
- KI
- Sensorsysteme
- Fahrzeugtechnik
- Bildverarbeitung (klassisch, Machine Learning)
- ...





Übersicht

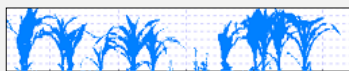
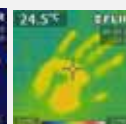
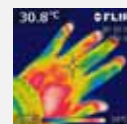
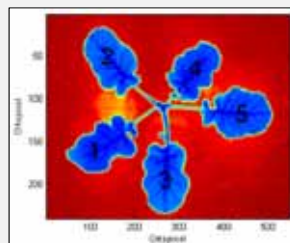
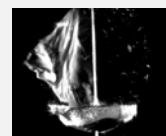
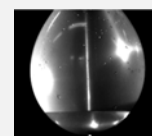
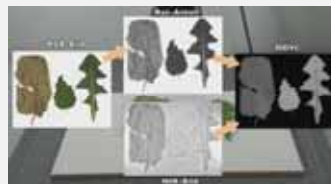
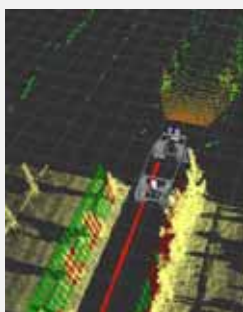
Technologie trifft Natur – nachhaltiger Pflanzenbau im Freiland

Schlüsseltechnologien als Hilfsmittel des Menschen: Sensoren, Daten und Simulationen

Feldrobotik – alternative Ansätze mit autonomen Systemen

Zusammenfassung / Diskussion

Technische Augen – bildgebende Sensorsysteme



Quellen: Hochschule Osnabrück, John Deere

Technische AGRI CAREERNET Sensorsysteme






Weiterbildungsangebot


Fortbildungsmöglichkeiten in der Agri- und Lebensmitteltechnik







Autonome Systeme im Freiland / Arno Ruckelshausen


Low cost imaging






Examples: Raspberry Pi, Camera, Imaging software (openCV) ; Webcams ; Kinect















Smartphones

Quellen: Deepfield Robotics, Bayer, Fraunhofer IFF, MS Kinect, University of Applied Sciences Osnabrück (student project „Spectral Imaging App“, 2018)

Lichtschattensensoren



Lichtschattensensoren

Kartoffeln	Mais	Sonnenblumen	Gerste
			
↓	↓	↓	↓
			

Hyper/multi-spectral Imaging

Technische Lösungen zur bildgebenden Spektroskopie

Full Frame



Filter wheel

Programmable filter

Line-based system

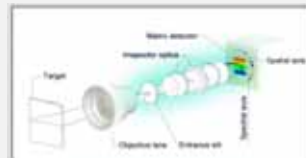
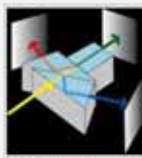


Image-based spectrometer



Multi-chip camera



Filter matrix

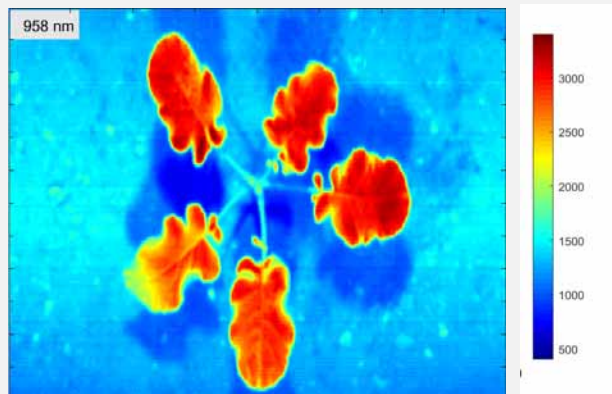
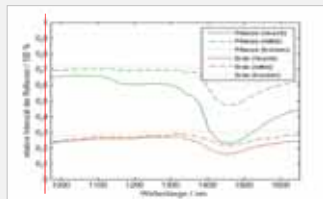


Multiwavelength Laser Line Profile Sensor (MWLP)

Quellen: Materialien Zertifikatskurs „Bildgebende Sensortechnologien“ (Hochschule Osnabrück, 2018), IMEC/XIMEA, Specim

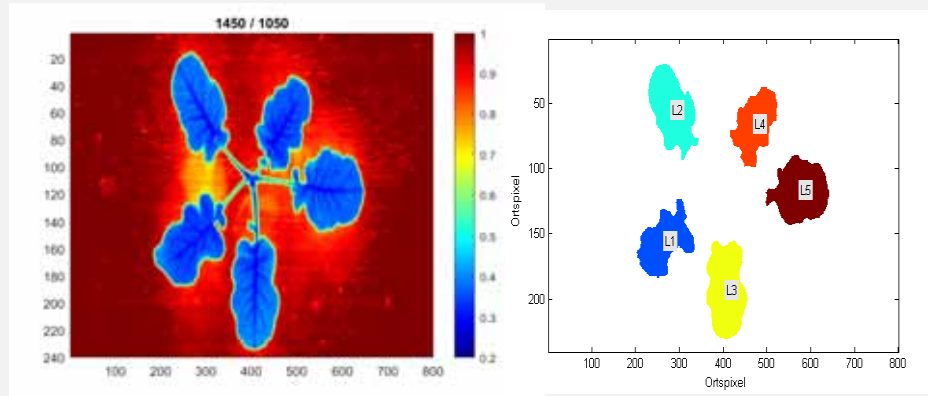
Hyper/multi-spectral Imaging

Datengrundlage zur Spektralauswertung: HyperSpectralCube (HSC)



M. Thiel: Bildgebende NIR-Hyperspektral-Technologie zur in-situ Erfassung von Pflanzenparametern am Beispiel des Blattwassergehalts, Dissertation Osnabrück/Hannover, 2018

Hyper/multi-spectral Imaging



Wasserindex:

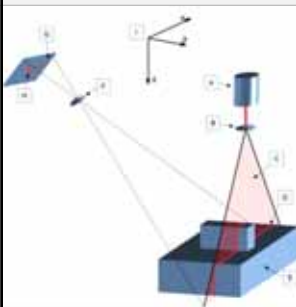
$$WI = \frac{R_{1450}}{R_{1050}}$$

WI für jede Blattfläche auf Basis der Segmentierung:

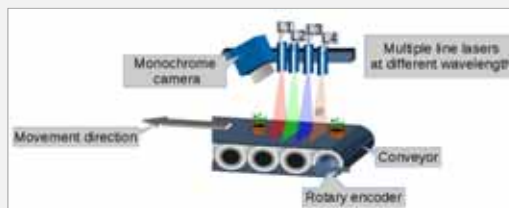
$$WI_{Blatt} = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \frac{R_{1450}(x_i, y_{ij})}{R_{1050}(x_i, y_{ij})}$$

MWLP – Sensorsystem: Kombination von 3D- und Spectral Imaging

Lichtschnitt-Prinzip



Multispektraler 3D-Sensor (MWLP)



Kameramodul

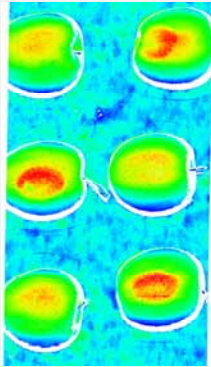


Quelle: Hochschule Osnabrück

MWLP – Applikationsbeispiel: Qualitätskontrolle / Obst



Scattering example: apples dropped from 60 cm height



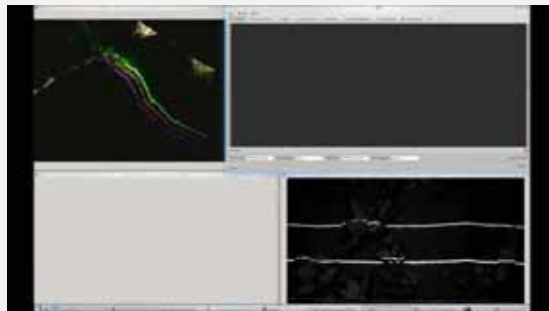
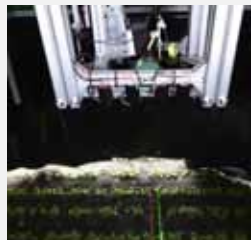
MWLP system, scattering signature of apples @ 850nm, immediately after drop



Photo of scene, immediately after dropping / damaging the apples

Quelle: Strothmann, W., Ruckelshausen, A., Hertzberg, J., Scholz, C., & Langenkamp, F. (2017). 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, 79-93.

MWLP-Sensorsystem im Feldversuch



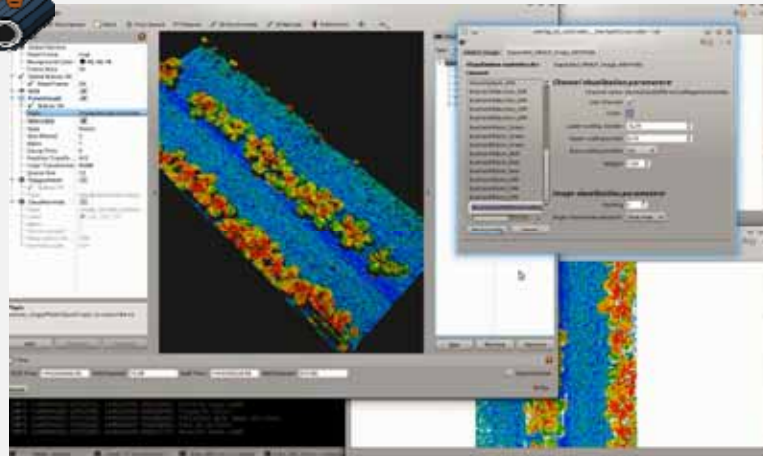
[Movie-MWLP](#)

[Movie-Phenotyping](#)

MWLP-Sensorsystem im Feldversuch

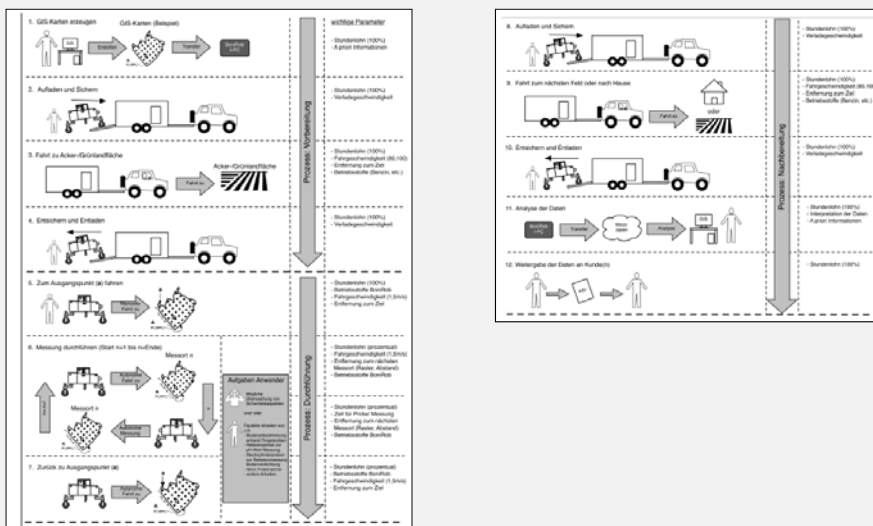


3D-NDVI-Imaging



Quelle: Multi-wavelength laser line profile sensing for agricultural applications, Wolfram Strohmaier, Dissertation, 2016

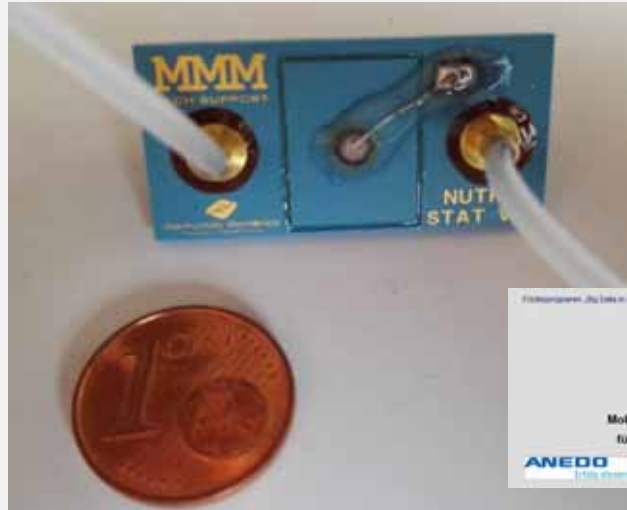
Feldrobotik und Sensoren triggern Innovationen



Quelle: Wirtschaftlichkeit zur Feldroboter-basierte Bodenparameter-Bestimmung (Christian Scholz, Masterarbeit HS Osnabrück, 2015)

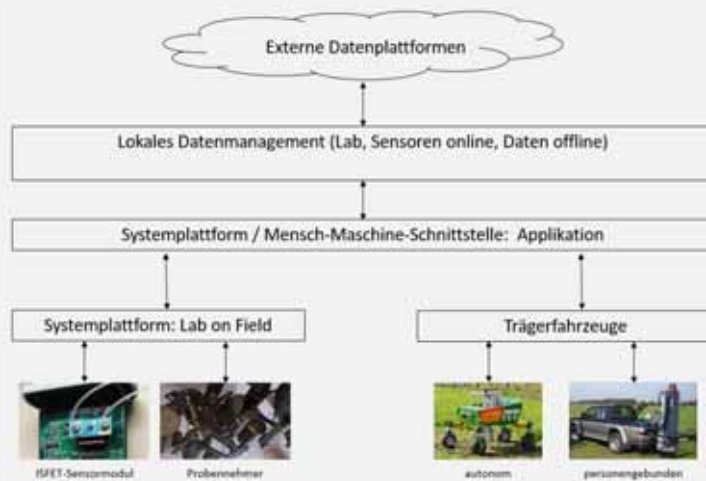
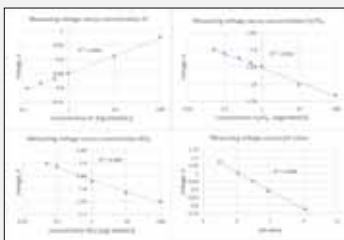
Feldrobotik und Sensoren triggern Innovationen

Mobiles Bodenprobenlabor (Forschungsprojekt *soil2data*)



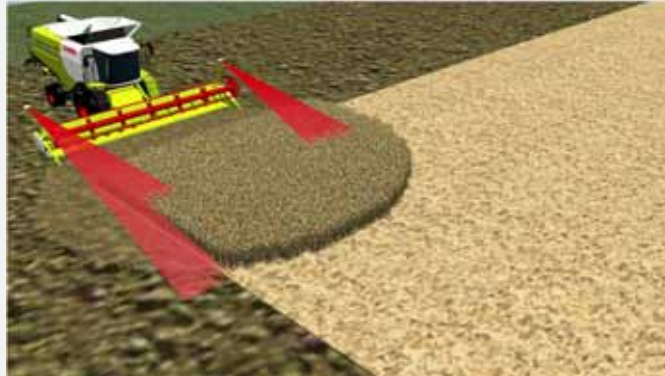
IS-FET-Sensor

Feldrobotik und Sensoren triggern Innovationen



Simulation: Schlüsseltechnologie für Praxislösungen

Beispiel: Laserscanner-basierte Lenkung



Quelle: Redenius, J., Dingwerth, M., Hertzberg, J., & Ruckelshausen, A. Simulation von Laserscannern in Pflanzenbeständen für die Entwicklung umfeldbasierter Funktionen, Lecture Notes in Informatics, Vol. P-278 (GIL-Tagung), 2018

Simulation: Schlüsseltechnologie für Praxislösungen

„Digitaler Pflanzenschutz“: Entwicklung eines autonomen Plantagen-Pflege-Roboters zur Pflanzenschutzapplikation im Obst- und Weinbau (eIWOBot)



eIWOBot - Cooperator Partner

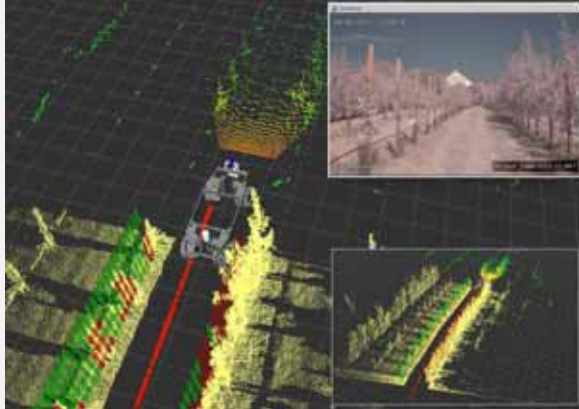
Cooperator	Technische Universität Dresden
Cooperator	Technische Universität Braunschweig
Cooperator	University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt
Cooperator	Research Center for Intelligent Systems and Robotics (ICIS)
Cooperator	Agri-IT - Weinbau Cluster
Cooperator	Wegmann Cluster Plant Growth and Development
Cooperator	Research Center for Intelligent Systems and Robotics (ICIS)
Cooperator	Research Center for Intelligent Systems and Robotics (ICIS)



Figure 4: eIWOBot in the vineyard (top-left: eIWOBot, bottom-left: eIWOBot in the vineyard (left), right: eIWOBot in the vineyard (right), bottom-right: eIWOBot in the vineyard (right))

Simulation: Schlüsseltechnologie für Praxislösungen

Simulation-und-Feld



Feld

Ulz, A., Brunner, D., Fehman, J., Herzig, T., Keicher, R., Ruckelshausen, A., Schwarz, H.-P.: Modelling environment for an electric driven selective sprayer robot in orchards. In: Proceedings of the 4th European Conference on Precision Agriculture, Amsterdam, 4-6 July 2016, pp. 848-853. ISSN 2046-4250, 850-851.

Übersicht

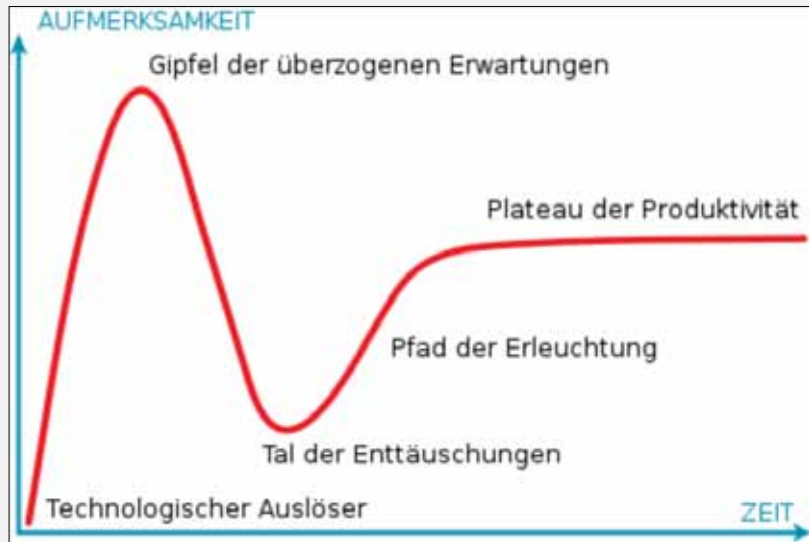
Technologie trifft Natur – nachhaltiger Pflanzenbau im Freiland

Schlüsseltechnologien als Hilfsmittel des Menschen: Sensoren, Daten und Simulationen

Feldrobotik – alternative Ansätze mit *autonomen* Systemen

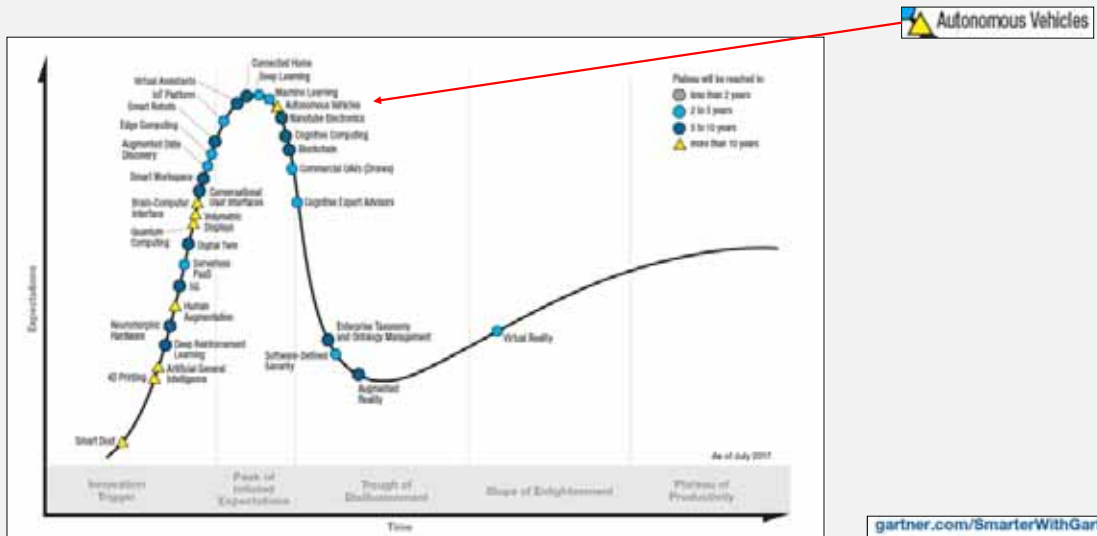
Zusammenfassung / Diskussion

Gartner Hype Cycle



Quellen: Gartner Inc., Wikipedia (2018)

Gartner Hype Cycle Emerging Technologies (2017) – Autonomie



Warum Feldrobotik ?

- *Innovative nachhaltige Konzepte für den Pflanzenbau*
- Unterstützung des Menschen durch automatisierte/autonome Prozesse
- Verbesserung der Qualität und Einsparung von Ressourcen durch hyperpräzise Prozesse
- Wirtschaftlicher Nutzen (Arbeitszeiten von Robotern, Schwärmen)
- Reduzierung von Umweltbelastungen (wie Chemikalien oder Bodenkompression)

Blick in die (Gegenwart und) Zukunft: Autonome Systeme

Neue autonome Plattformen



Quellen: Nao Technologies, Precision Makers, Deepfield Robotics - Robert Bosch Start-up GmbH; 2013-2018

Autonomisierung existierender Maschinen

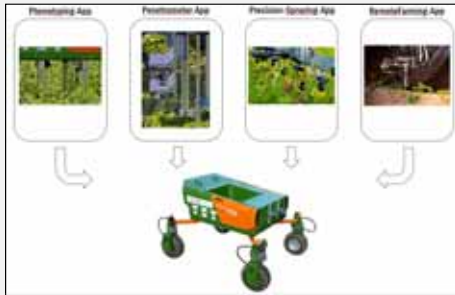


Quellen: CNH, 2017; profi 10/2016: Strautmann/University of Applied Sciences 2017; Hochschule Geisenheim University, Fendt, 2017

Beispiel: Forschungsplattform „BoniRob“



„App-Concept“ (BoniRob)



„Family“ (BoniRob)



Quellen: Deepfield Robotics - Robert Bosch Start-up GmbH, University of Applied Sciences Osnabrück, Amazonen-Werke, 2016/2017

Schnittstelle Indoor/Outdoor: Gardening Robot (kommerziell)



HarvestAutomation-HSOs

Autonome kleine Feldroboter: Systemkonzept

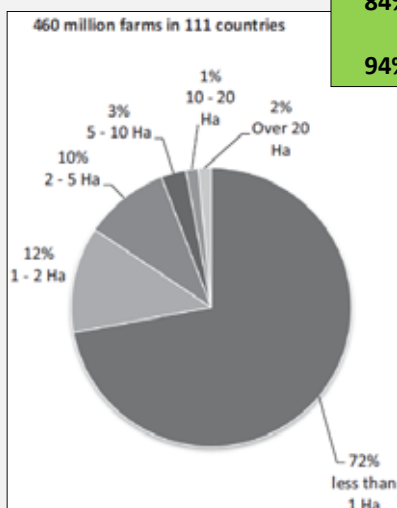


Movie-Xaver-MARS



Quelle: Fendt, youtube

Globaler Blick auf Betriebe und Maschinen: XXL oder xxs?



84% bis 2 ha
94% bis 5 ha



XXL oder xxs (es geht nicht nur um Technik) ?

Quelle: A.Ruckelshausen, Agritechnica 2017; New Holland (links), Fendt (rechts)

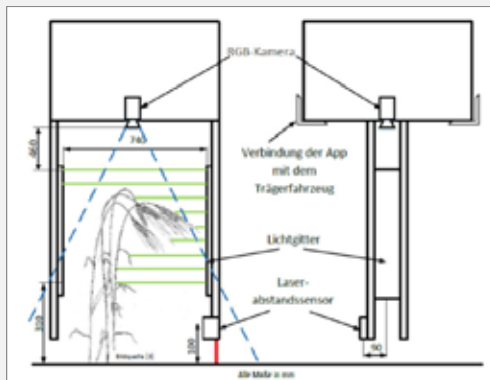
Quelle: Lowder, Sarah K., Jakob Skoet, and Terri Raney. "The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide." *World Development* 87 (2016): 16-29.

XXL-Traktoren ohne Menschen auf der Maschine



Quellen: CNH International, 2017; Innovations Magazine, Agritechnica 2011

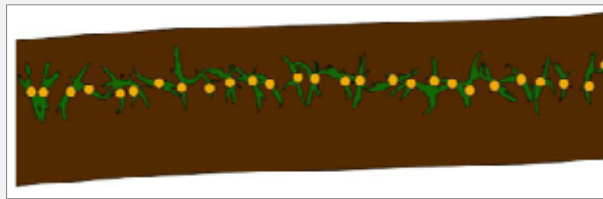
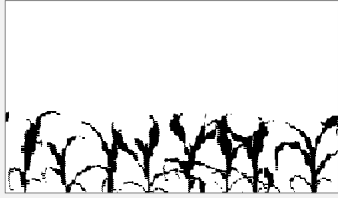
Anwendungsbeispiel: Phänotypisierung von Pflanzen



[BoniRob-Phenotyping](#)

Daniel Peters: „Datenbankbasierte Sensorfusion zur Bestimmung von Pflanzenparametern im Feld am Beispiel Mais“, Masterarbeit, Hochschule Osnabrück, 2017

Anwendungsbeispiel: Phänotypisierung von Pflanzen



Daniel Peters: „Datenbankbasierte Sensorfusion zur Bestimmung von Pflanzenparametern im Feld am Beispiel Mais“, Masterarbeit, Hochschule Osnabrück, 2017

Anwendungsbeispiel: Unkraut/Beikraut-Regulierung

1999 ;-)

Rückblick: Autonome einzelpflanzenbasierte Unkrautregulierung (F&E)



Sensorgesteuerte Querhacke (Hochschule Osnabrück, Amazonen-Werke, Förderung DBU)

Hacke
mit
Messerwerkzeugen

Weiterentwicklung Querhacke (Uni Kopen...

Osnabrück, Amazonen-Werke)

Quellen: Hochschule Osnabrück, Hochschule für Bildende Künste Braunschweig

Anwendungsbeispiel: Unkraut/Beikraut-Regulierung

2018 = 1999 + 19 Jahre

Blick nach vorne: Autonome (selektive) Unkrautregulierung



Quellen: Garford, naio Technologies, Kress Umweltschonende Landtechnik GmbH, Robert Bosch Start-up GmbH Deepfield Robotics

Paradigmenwechsel: Mechanische Unkrautregulierung (mit Bildsensorik)

2017



Quellen: Claas, John Deere; Innovation Magazine Agritechnica 2017

Zukunftsprozess: "Remote Farming"



Quelle: Gerhard Holzappel /1975 (Dank@Oliver Hensel)

Zukunftsprozess: "Remote Farming" (Beispiel Beikrautregulierung)

BoniRob with mechanical weed control App



Webinterface with marker tools



server



Human remote worker

(remote)

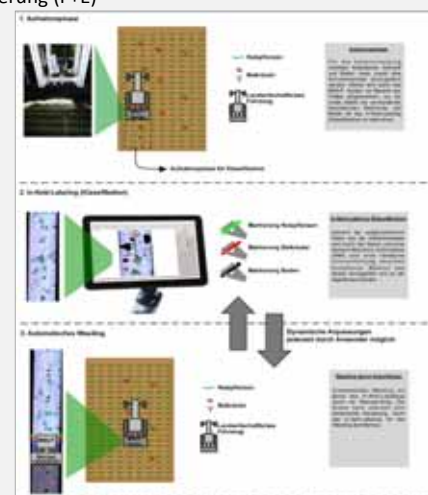
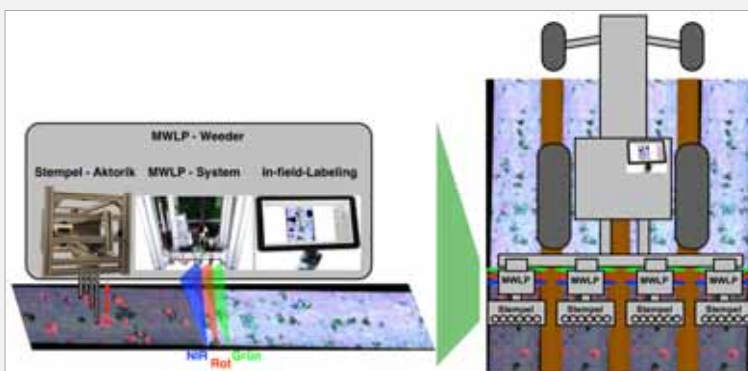
Zukunftsprozess: "Remote Farming" (Beispiel Beikrautregulierung)



Movie-RF

Anwendungsbeispiel: Unkraut/Beikraut-Regulierung

MWLP – Applikation: Mechanische Unkrautregulierung (F+E)



Quelle: Hochschule Osnabrück / Feldtage in Forst/Waldsachsen (19.06.2018), Elbers Hof, Nettelkamp bei Uelzen (20.06.2018) und Ruhstorf an der Rott (21.06.2018)

Anwendungsbeispiel: Unkraut/Beikraut-Regulierung

MWLP – Applikation: Mechanische Unkrautregulierung (F+E)



Stempelsystem

MWLP-Sensor



Quelle: Hochschule Osnabrück / Feldtage in Forst/Waldsachsen (19.06.2018), Elbers Hof, Nettelkamp bei Uetzen (20.06.2018) und Ruhstorf an der Rott (21.06.2018)

xxs-robots: International Field Robot Event (Studierendenwettbewerb)



Movie-Irrigation



Movie-Rescue



Anwendungsbeispiel: Bewässerung/Beregnung

Beregnungsbedürftigkeit landwirtschaftlicher Flächen

1961-1990

2011-2040

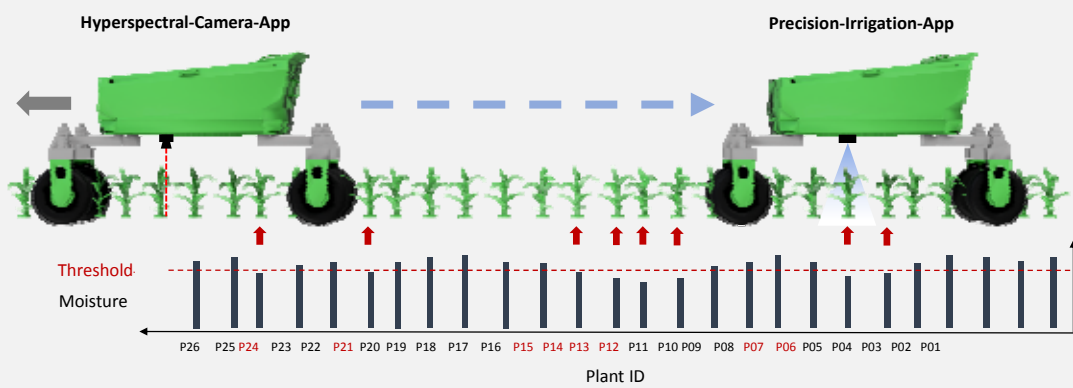
2071-2100



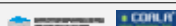
Quelle: Ekkehard Fricke, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Die Zukunft der Bewässerung am Beispiel Nord- und Ostdeutschlands, NETAFIM-Fachtagung, Geisenheim 2016



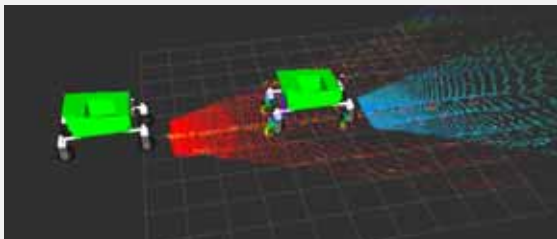
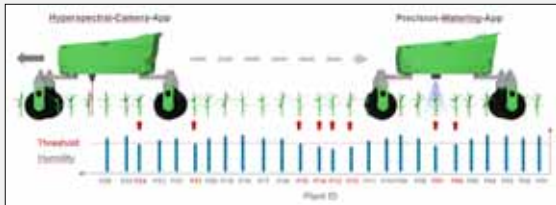
„Kooperative“ („autonome“) Prozesse von Feldrobotern



Quelle: Jan Roters, Kooperative Prozesse mit dem autonomen Feldroboter BoniRob am Beispiel der selektiven Bewässerung von Mais, Masterarbeit, Hochschule Osnabrück, 2018



„Kooperative“ („autonome“) Prozesse von Feldrobotern



Quelle: „Kooperative Prozesse mit dem autonomen Feldroboter BoniRob am Beispiel der selektiven Bewässerung von Mais“, Masterarbeit Jan Roters, Hochschule Osnabrück, Juni 2018



Autonome Systeme im Freiland / Arno Ruckelshausen

57



57

Roboterschwärme – nicht nur Science Fiction ...



[Movie-BoniRob-Swarm](#)



Autonome Systeme im Freiland / Arno Ruckelshausen

58



58

Übersicht

Technologie trifft Natur – nachhaltiger Pflanzenbau im Freiland

Schlüsseltechnologien als Hilfsmittel des Menschen: Sensoren, Daten und Simulationen

Feldrobotik – alternative Ansätze mit *autonomen* Systemen

Zusammenfassung / Diskussion

Perspektiven für autonome Systeme im Freiland

- Schlüsseltechnologien wie Sensorik, Datenmanagement und -interpretation, Simulation und Robotik sind Innovationstreiber für nachhaltige Prozesse im Pflanzenbau. Der Bereich der bildgebenden Sensortechnologien (Sensorsysteme, Interpretation) wird zur Automatisierung und Qualitätskontrolle eine herausragende Rolle spielen.
- Der Einsatz neuer Technologien löst Grenzen zwischen Domänen auf (Landwirtschaft – Gartenbau , konventionell – ökologisch) und eröffnet neue Prozessoptionen.
- Hochgradig automatisierte Systeme im Freiland werden nach Praxis Gesichtspunkten, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen zunehmend eingesetzt. Klare Definitionen bzgl. der häufig verwendeten Begriffe „Autonomie“ oder „Intelligenz“ stehen aus. Intelligente autonome Systeme sind dem Vortragenden nicht bekannt ;-)
- In Zukunft werden nur ökologische Prozesse unter Integration des Menschen ökonomisch erfolgreich sein.
- Technologien bleiben nach wie vor Hilfsmittel des Menschen, nachhaltigere Lösungen erfordern eine noch stärkere interdisziplinäre und praxisorientierte Zusammenarbeit.

