

Vom Feldroboter zur Feldrobotik – vom Unkraut zum Beikraut

Arno Ruckelshausen

Hochschule Osnabrück / Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik





Übersicht

Die digitale Transformation trifft Unkräuter

Innovation durch adaptive Autonomie

Entscheidend ist auf dem Feld

Übersicht

Die digitale Transformation trifft Unkräuter

Welterschöpfungstag

Country Overshoot Days 2019

When would Earth Overshoot Day land if the world's population lived like...



Source: Global Footprint Network National Footprint Accounts 2019

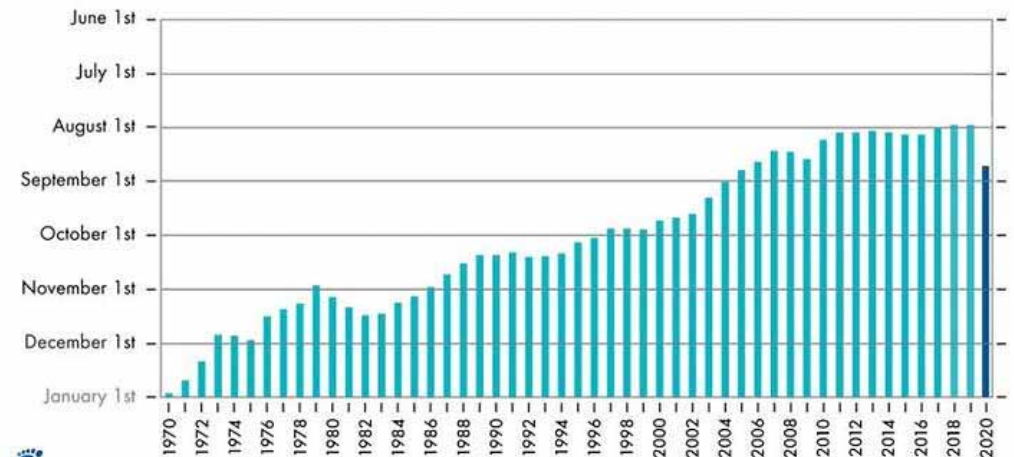


1 Earth

Earth Overshoot Day 1970 - 2020



1.6 Earths



Source: Global Footprint Network National Footprint and Biocapacity Accounts 2019



Global:

2018: 01-August

2019: 29-Juli

2020: 22-August

Quelle: <https://www.wwf.de/earth-overshoot-day/>; <https://klimaohnegrenzen.de/artikel/2020/06/08/earth-overshoot-day-2020-ressourcen-fuer-dieses-jahr-am-22-august-aufgebraucht>

About Industry, Automotive and Agriculture

; -)	Industry	Automotive	Agriculture
... communicate	😊	😐	😐
... navigate	😞	😊	😊
... work	😊	😞	😊

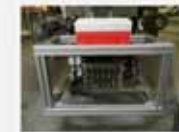


Autonome Systeme zur Unkrautregulierung - Forschung/Entwicklung/Produkte



Quellen: Mechanische Unkrautregulierung – Technik für die Praxis, DLG-Merkblatt 449; 2019; ecoRobotix SA; Stekete; Naio/KULT; FarmDroid; ETAROB/MASTOR; AGROINTELLI; RIPPA;

Forschung zur Unkraut/Beikraut-Regulierung: Hochschule Osnabrück



1999	2006	2014	2020
Sensorgesteuerte Querhacke	Weedy	BoniRob/RemoteFarming	MWLP/Stempel
Sensorfusion	Kamera	Kameras	Spektral/3D-Kamera
Hacke	Sprayer	Roboterarm/Stempel	Stempelsystem

Paradigmenwechsel: Mechanische Unkrautregulierung (+ Imaging-Technologien)

„Ökologische
Landwirtschaft



AGRI
TECHNICA®
THE WORLD'S NO. 1

„Konventionelle“
Landwirtschaft



Quellen: Claas, Garford, John Deere; Innovation Magazine Agritechnica 2017

Paradigmenwechsel: Mechanische Unkrautregulierung (+ Imaging-Technologien)

Nachhaltige
Landwirtschaft

(mit Technologien
als Hilfsmittel)



AGRI
TECHNICA®
THE WORLD'S NO. 1



Quellen: Claas, Garford, John Deere; Innovation Magazine Agritechnica 2017

Übersicht

Innovation durch adaptive Autonomie

Autonomie: Von Autos und Landmaschinen

Navigation (Landmaschinen)

Arbeiten (Landmaschinen)

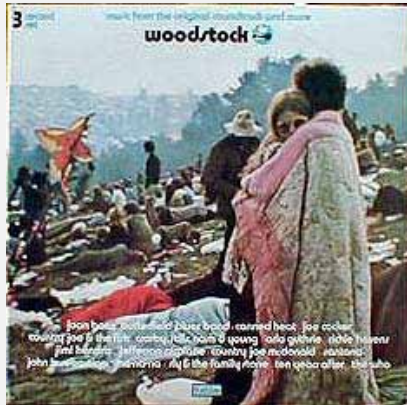
Navigation (Autos)

	LEVEL 0 DRIVER ONLY	LEVEL 1 ASSISTED	LEVEL 2 PARTIAL AUTOMATION	LEVEL 3 CONDITIONAL AUTOMATION	LEVEL 4 HIGH AUTOMATION	LEVEL 5 FULL AUTOMATION
DRIVER	Driver continuously performs the longitudinal and lateral dynamic driving task.	Driver continuously performs the longitudinal or lateral dynamic driving task.	Driver must monitor the system at all times.	Driver does not need to monitor the system at all times. Driver must be capable of resuming dynamic driving task.	Driver is not required during defined use case*.	No driver required during entire journey.
	No intervening vehicle system active.	The other driving task is performed by the system.	System performs longitudinal and lateral driving task in a defined use case*.	System performs longitudinal and lateral driving task in a defined use case*. Recognizes its limits and requests driver to resume the dynamic driving task with sufficient time margin.	System performs the lateral and longitudinal dynamic driving task in all situations in a defined use case*.	System performs entire dynamic driving task on all road types, speed ranges and environmental conditions.
AUTOMATION						

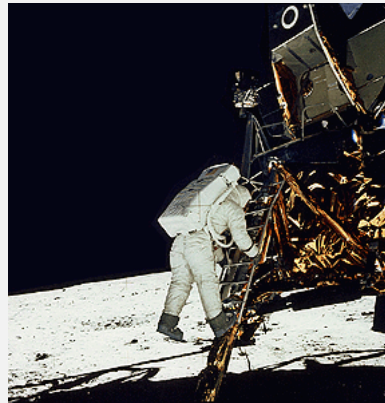
to do ...

Quelle: Automation – From Driver Assistance Systems to Automated Driving, VDA/Verband der Automobilindustrie (VDA), 2015

1969 - Imaging



Woodstock



Mondlandung



Entwicklung des CCD-Sensors

Innovationstreiber-Technologie „Optoelektronische Systeme“

(Anwendungsorientierte ;-) Nobelpreise in Physik: CCD-Bildsensor (2009), blaue LED (2014), Laserwerkzeuge (2018)

Dennoch verlassen wir erst jetzt die „Steinzeit“ der Bildverarbeitung ...

Quellen: AgriCareerNet, Lehrmaterialien „Bildgebende Sensortechnik“, A.Ruckelshausen, 2018

Imaging goes Agritechnica – Innovationstreiber für Agrarsysteme (Medaillen 2015/2017/2019)



Medaillengewinnende Technikvermittlung

John Deere-Weltweit (Stand 8.11.19, Halle 11 Stand 802)

Die Kommunikation ist ein zentraler Bestandteil der Arbeit in der Landwirtschaft. In der Digitalisierung wird die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine immer wichtiger. Die Digitalisierung ermöglicht es, die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine zu verbessern. Dies führt zu einer höheren Effizienz und Sicherheit in der Landwirtschaft.



Connect Monitor

AGCO Deutsches Gerät Geschäftsbereich (Stand 8.11.19, Halle 11 Stand 818)

Das Connect Monitor ist ein innovatives System, das die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine verbessert. Es ermöglicht eine intuitive Bedienung der Maschine und eine Erhöhung der Sicherheit. Das System ist einfach zu installieren und zu bedienen.



Autonome Roboter mit Präzisions-Unkrautbekämpfungsgesät

naio Technologies (Stand 8.11.19, Halle 11 Stand 804)

Die größte Herausforderung bei der mechanischen Unkrautbekämpfung ist die Identifizierung von Unkräutern in den Reihen. Das naio-System nutzt eine künstliche Intelligenz, um Unkräuter zu erkennen und zu bekämpfen. Dies führt zu einer präzisen Unkrautbekämpfung und einer Erhöhung der Ertragsleistung.



Autonome Fahrer- und Geräteführung im Weidbau

AGCO Deutsches Gerät Geschäftsbereich (Stand 8.11.19, Halle 11 Stand 818)

Das autonome Fahrer- und Geräteführungssystem ermöglicht eine präzise und sichere Führung der Maschine. Es reduziert den Fahrerlast und erhöht die Effizienz der Arbeit. Das System ist einfach zu bedienen und zu warten.

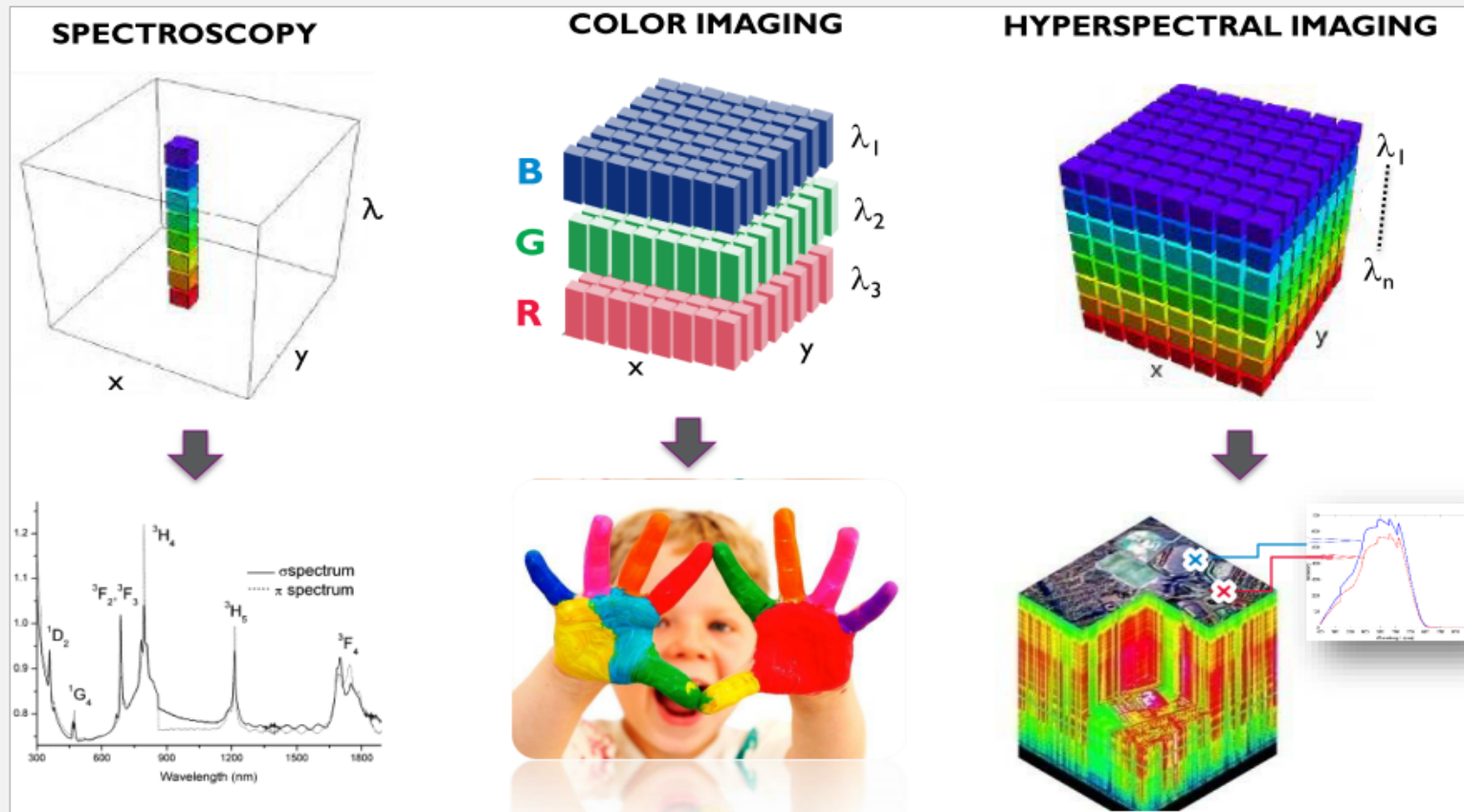
ROPA

GRIMME

Das ROPA-System ermöglicht eine präzise und sichere Führung der Maschine. Es reduziert den Fahrerlast und erhöht die Effizienz der Arbeit. Das System ist einfach zu bedienen und zu warten.

Quellen: DLG, Pöttinger, Claas, agrocom, FruitTec, John Deere, Rostselmash, ROPA, Grimme, AGCO/Fendt, Naio, Deutz Fahr, Horsch, Amazonen-Werke; Agritechnica 2015/2017/2019

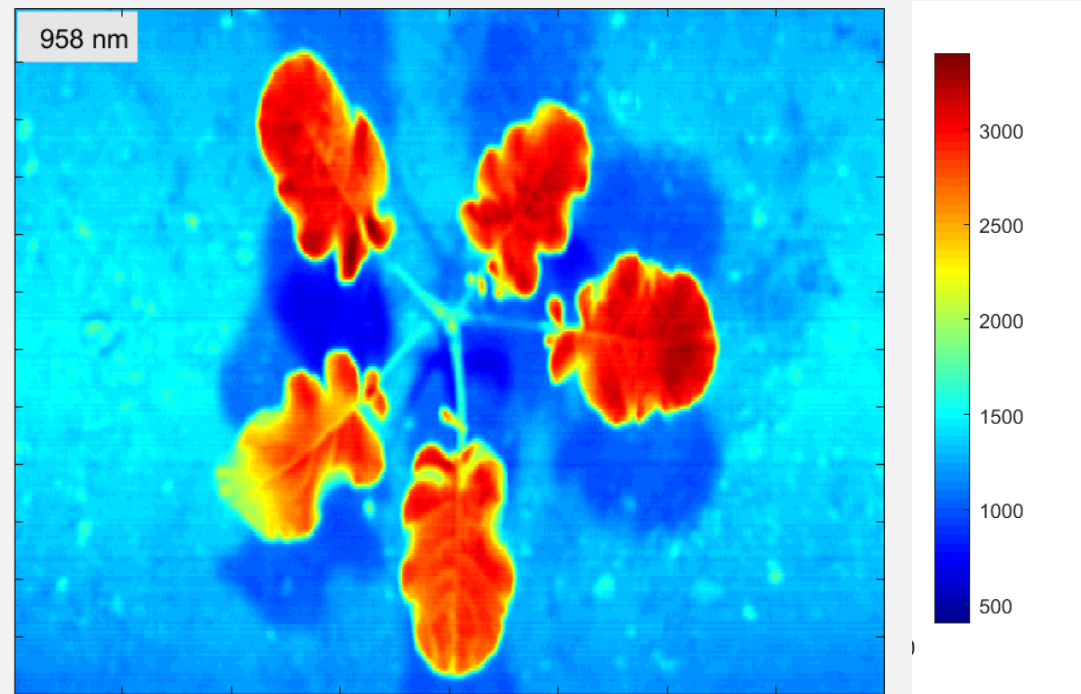
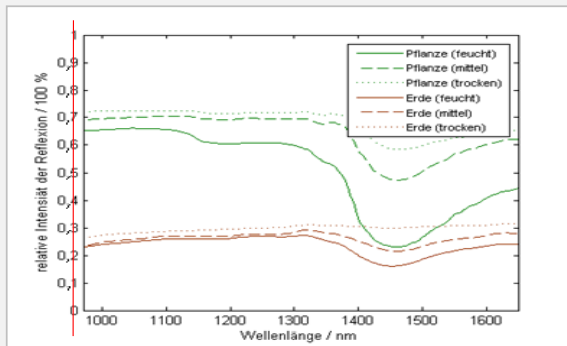
Vom Spektrometer zum Hyperspectral Imaging (Spektralsensoren)



Quellen: imec 2016, ximea 2017

Hyperpectral Imaging (Pflanzen)

Datengrundlage zur Spektralauswertung: HyperSpectralCube (HSC)



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

Simulation – Schlüsselkomponente der Praxis (Digitaler Zwilling)



BoniRob



Great Cornholio (Field Robot Event)



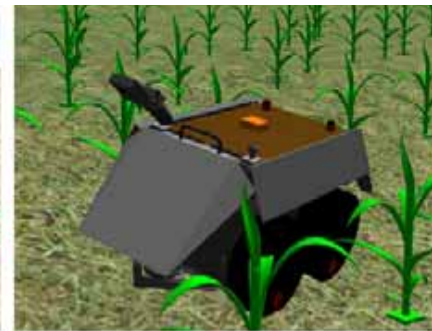
elWObot



Verti-Q



b.)



d.)



f.)

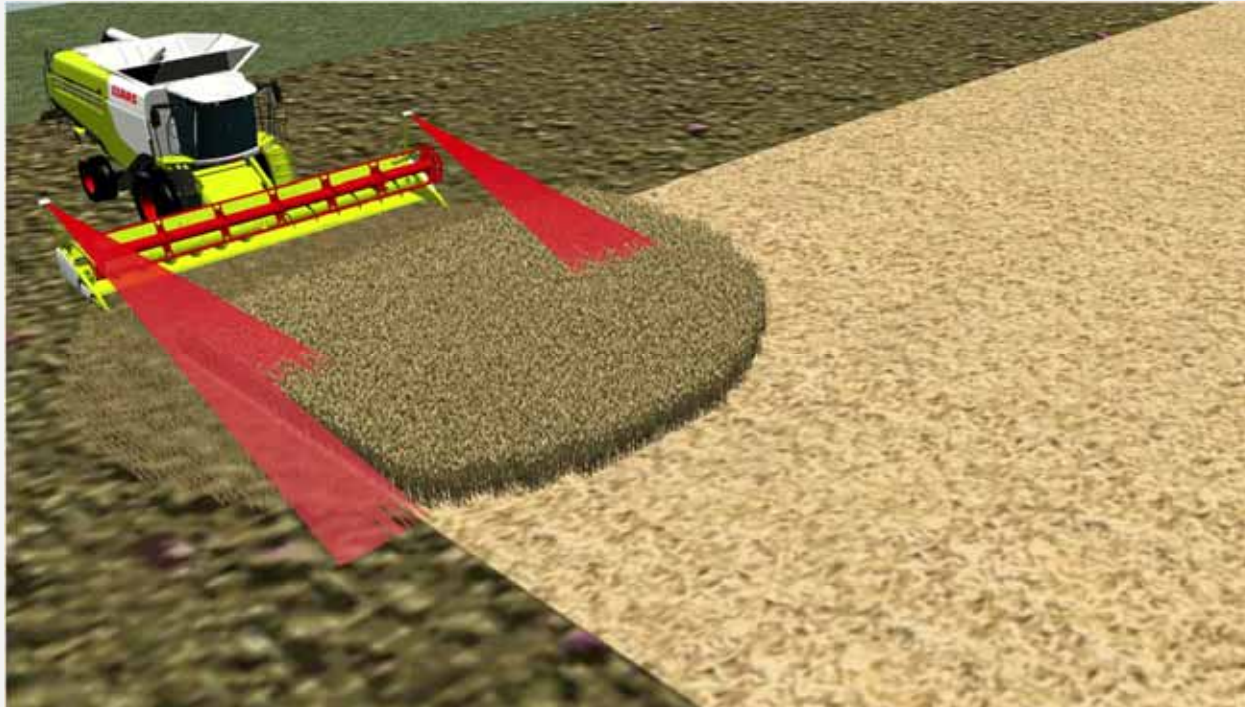


ROS

GAZEBO

Linz, A., Hertzberg, J., Roters, J., Ruckelshausen, A. 2019. „Digitale Zwillinge“ als Werkzeug für die Entwicklung von Feldrobotern in landwirtschaftlichen Prozessen. In GI Edition Proceedings Band 287 Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. 39. GIL-Jahrestagung 18.-19. Februar 2019 Wien, Österreich, S.125–130, ISBN: 978-3-88579-681-7.

Simulation – Schlüsselkomponente der Praxis (*Digitaler Zwilling*)

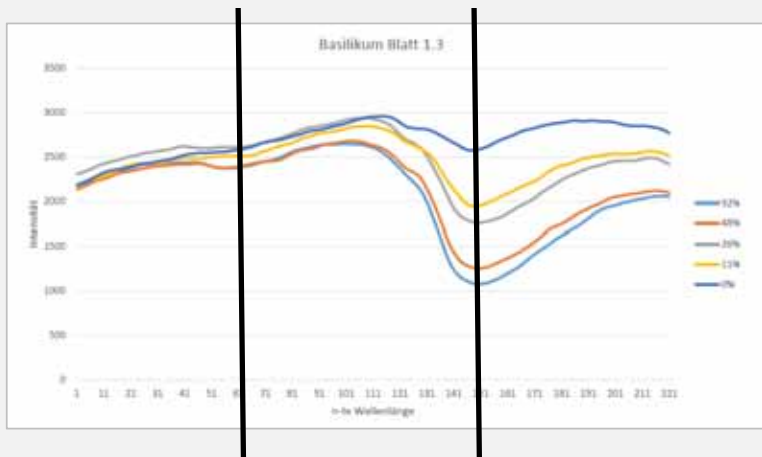


Beispiel: Laserscanner-basierte Simulation der Navigation

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

Dateninterpretation (Beispiel): Feuchtebestimmung von Pflanzen

„Klassische“ Bild/Daten-Verarbeitung



+ Verständnis (Algorithmen)

- Vielfalt / Entwicklungsaufwand

Neuronale Netze („Machine Learning“)



- Verständnis (Algorithmen)

+ Vielfalt (Labelling / Labelling)

Quelle: Feuchtebestimmung mittels Machine Learning, D. Brümmer, D. Falz, R. Klodt, C. Peuker, Hausarbeit im Modul „Sensorsysteme“ (Ruckelshausen), Hochschule Osnabrück, März 2019

Von der Automatisierung zur Autonomie

Dieses Fahrzeug wird
„Selbstfahrer“ genannt.



Dieses Fahrzeug
fährt selbst.



„Autonome“ landwirtschaftliche Maschinen

New autonomous platforms



Sources: Agrointelli, ecoRobotix AG, Naio/KULT/Hochschule Osnabrück, Fendt

Cooperation



Autonomation of existing machines



Sources: Precision Makers/Fendt, profi 10/2016: Strautmann/University of Applied Sciences; Hochschule Geisenheim University (Hans-Peter Schwarz)

Sources: ecoRobotix AG, Amazonen-Werke/Hochschule Osnabrück, Fendt

Von Modulen zu Landmaschinen

Process-Master



Cabin



Energy



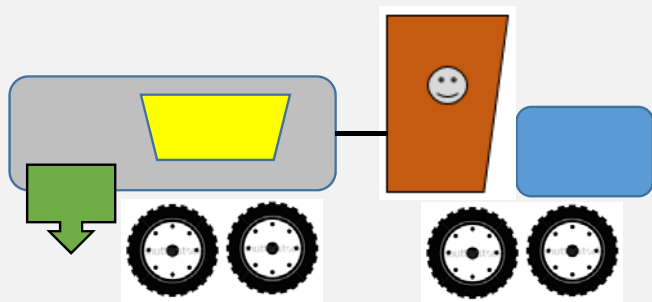
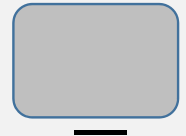
Ressources



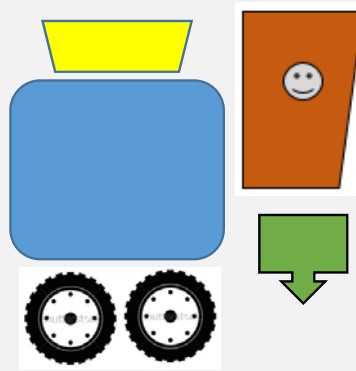
Platform



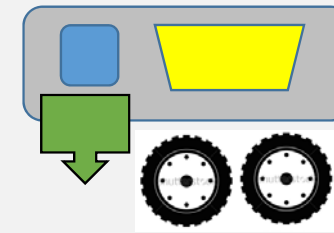
Support



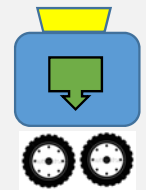
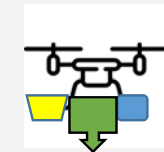
Tractor-Implement



Self-propelled Machine

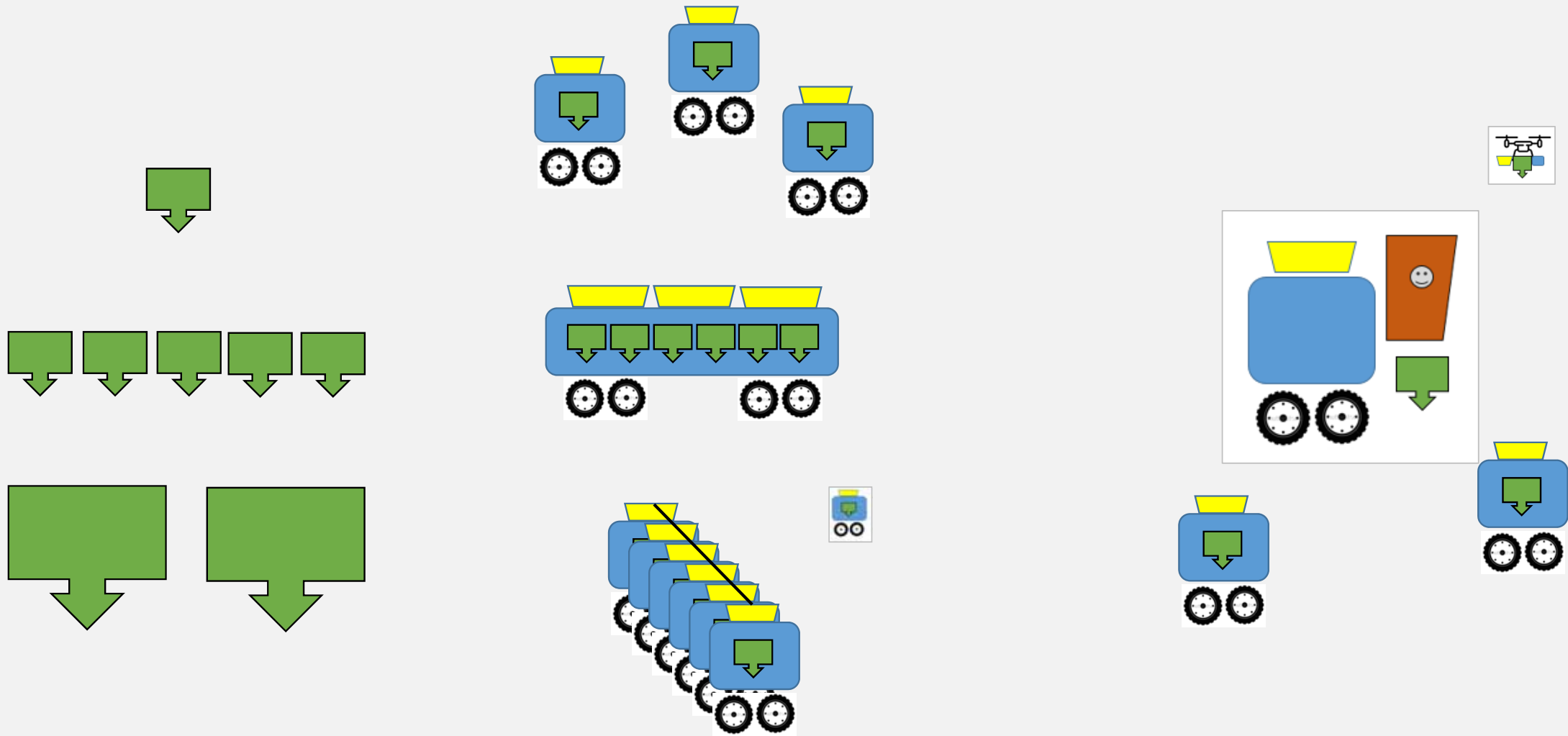


Autonomous Implement

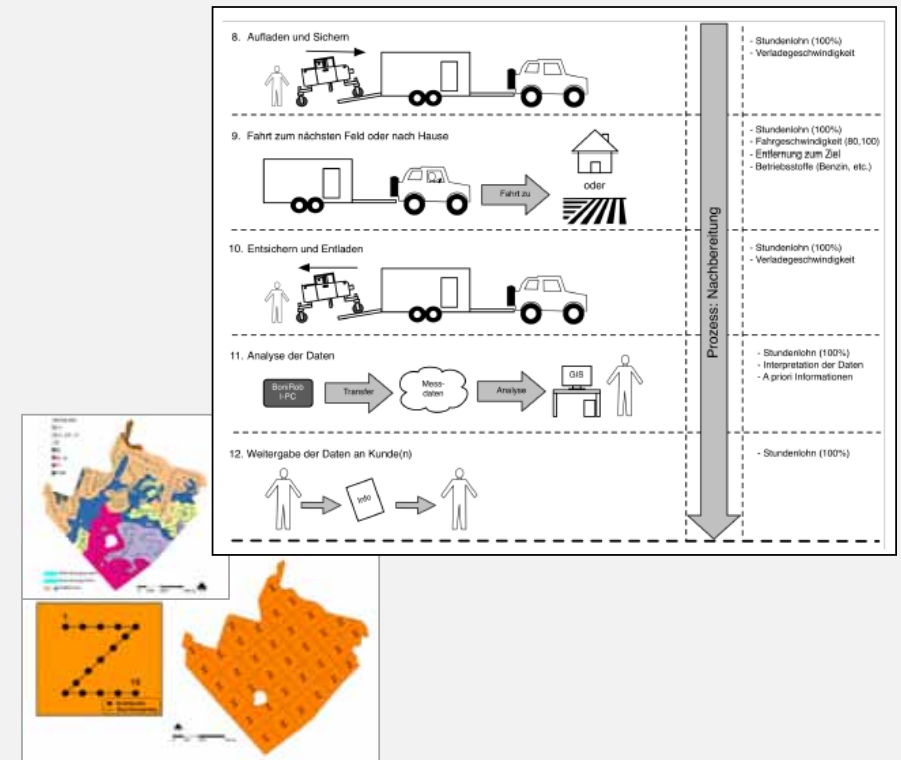
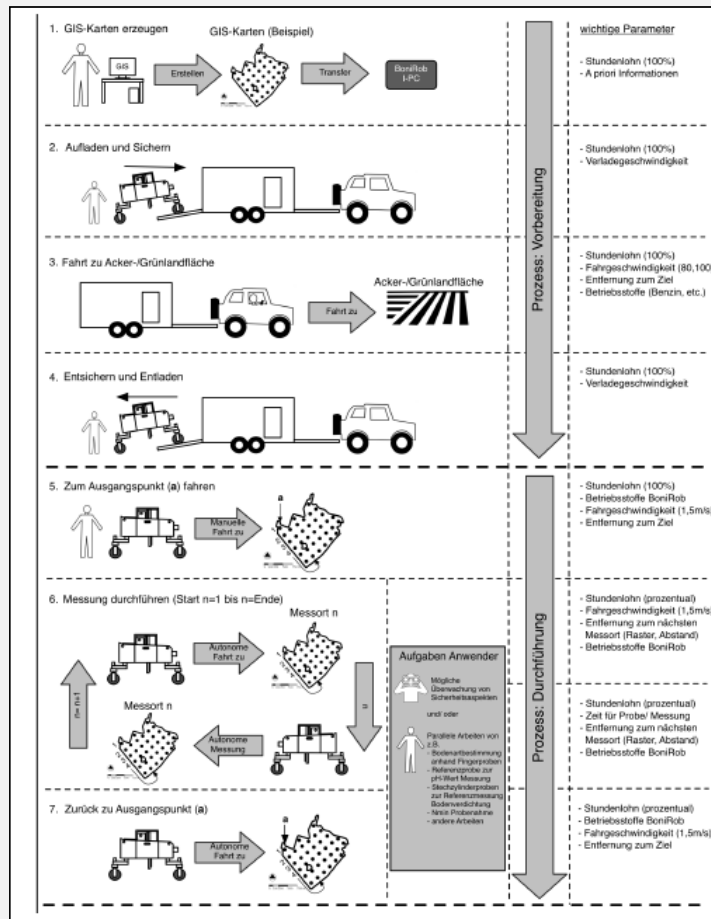


Field Robot

Von Modulen zu Landmaschinen

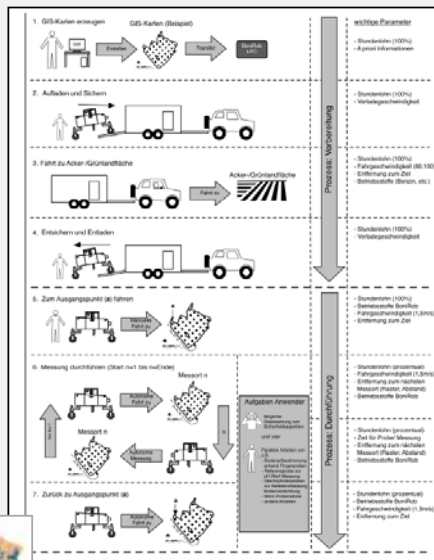


Prozessabläufe und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zur Feldrobotik



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

Vom Feldroboter zur Feldrobotik: „Peripherie-Aufgaben“/„Drumherum“/„Systemintegration“



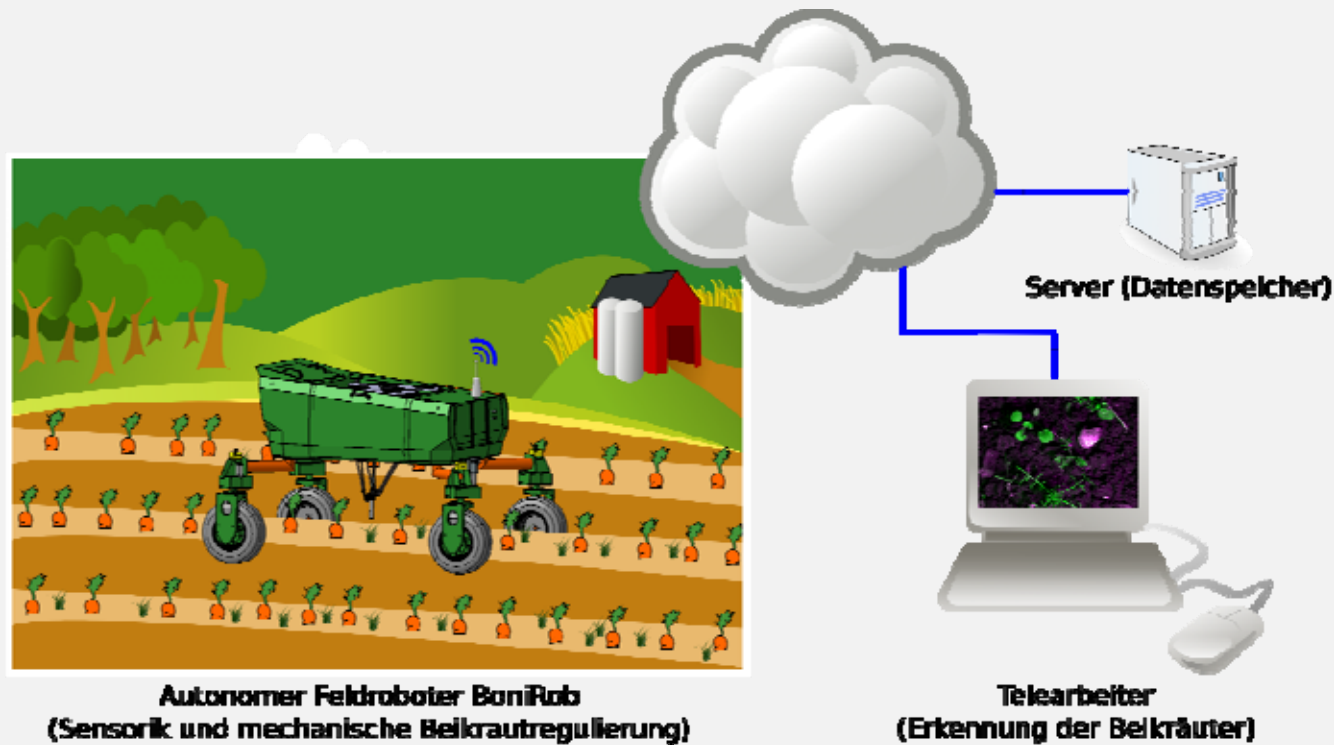
Quellen: Wirtschaftlichkeit zur Feldroboter-basierte Bodenparameter-Bestimmung (Christian Scholz, Masterarbeit HS Osnabrück, 2015), www.freepik.com, Forschungskonsortium „RockFarming“, Silke Bade (HS Os), Fendt, DKE; A.Ruckelshausen, „Vom Feldroboter zur Feldrobotik“, dbk, 12/2019

**Der autonome Feldroboter ist einer
von mehreren Bausteinen der autonomen Feldrobotik.**

Übersicht

Entscheidend ist auf dem Feld

Unkraut/Beikraut-Regulierung mit Remote-Farming – Automatisierung trifft Home-Office



Quelle: Ruckelshausen, A.: Von der Automation zur Autonomie. DLG-Mitteilungen, 2019, H.5, S. 72 – 74

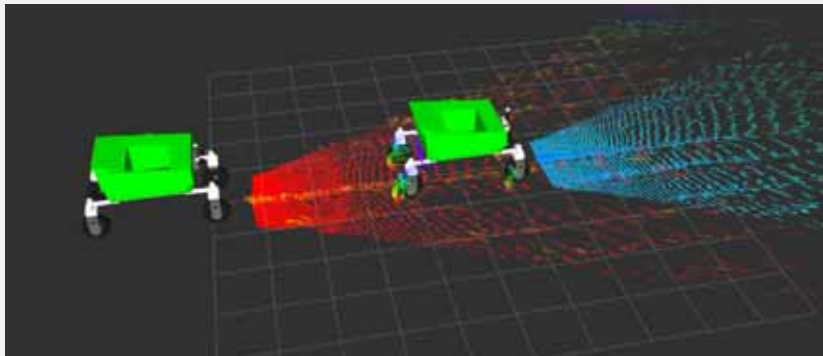
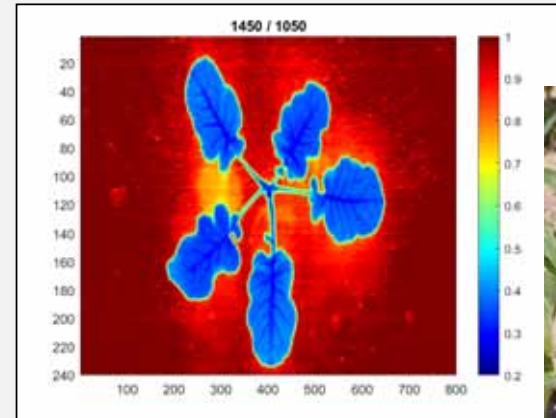
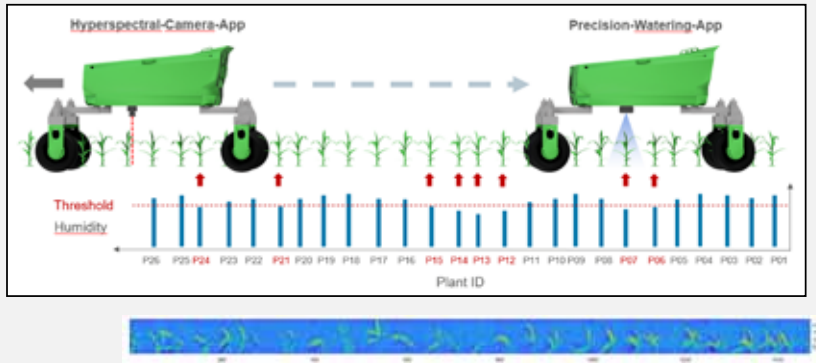
Unkraut/Beikraut-Regulierung mit Remote-Farming – Automatisierung trifft Home-Office

Remote Farming.1

Web-based interactive crop farming at the example of robotic weed control in vegetables



Einzelpflanzenbewässerung (Feldrobotik/Swarming)



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

Praxis zur Unkraut/Beikraut-Regulierung mit Feldrobotik



PSP 5
Agrarsysteme
der Zukunft



**Praxis autonomer
Feldrobotik**

- Unkrautregulierung
- Fütterung

**Digitale
Experimentierfelder**

Mit den digitalen Experimentierfeldern fördert das BMLV die Digitalisierung in der Landwirtschaft.



- Pflanzenbau
- Tierhaltung
- Bereichsübergreifend

EXPERIMENTIERFELD AGRO-NORDWEST



„Ready for Autonomy“



MWLP-Weeder

Experimentierfeld Agro-Nordwest

Gefördert durch:

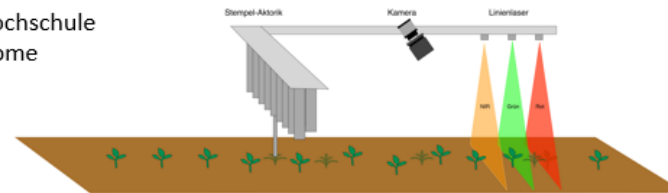


Autonome mechanische Beikrautregulierung - MWLP-Weeder

Der an der Hochschule Osnabrück entwickelte MWLP-Weeder besteht aus dem bildgebenden 3D/Spektral-Sensor „Multi-Wavelength Laser Line Profile System“ (MWLP), einer Multistempel-Mechanik zur Beikrautregulierung sowie der Software zur Dateninterpretation (Klassifizierung der Pflanzen mit neuronalen Netzen) und Sensor-Aktor-Kopplung.

Der MWLP-Weeder ist in die von den Amazonen-Werken, Bosch und der Hochschule Osnabrück (mit Förderung durch das BMEL und die BLE) entwickelte autonome Feldroboter-Forschungsplattform BoniRob als „App“ integriert.

Im Projektschwerpunkt „Praxis autonomer Feldrobotik“ des Experimentierfeldes Agro-Nordwest werden autonome Feldroboter und Traktor-Anbaugeräte-Kombinationen zur mechanischen Unkraut-Regulierung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzt.



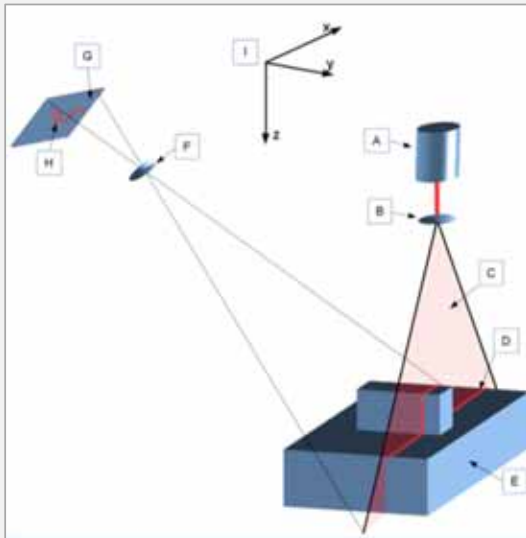
Strothmann, W., Ruckelshausen, A., Hertzberg, J., Scholz, C., & Langsenkamp, F. (2017). Plant classification with In-field-labeling for crop/weed discrimination using spectral features and 3D surface features from a multi-wavelength laser line profile system. *Computers and Electronics in Agriculture*,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

Agritechnica 2019

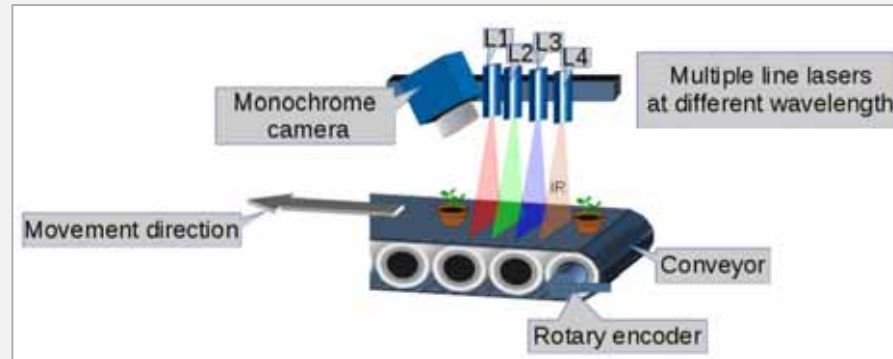


„Multiwavelength Laser Line Profile Sensing“ (MWLP, Eigenentwicklung)

Lichtschnitt-Prinzip



Multispektraler 3D-Sensor (MWLP)

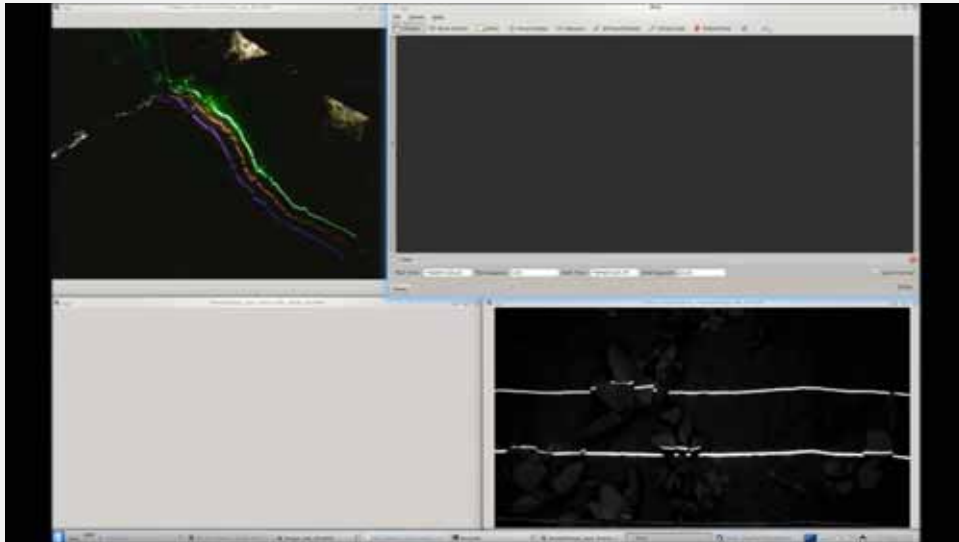
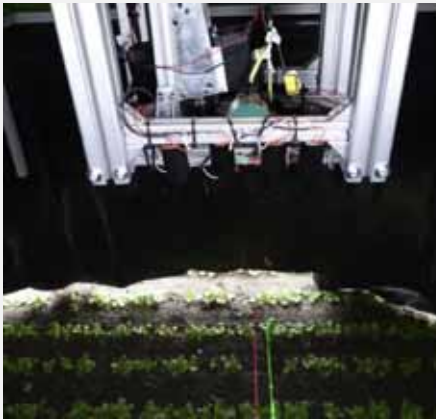


Kameramodul

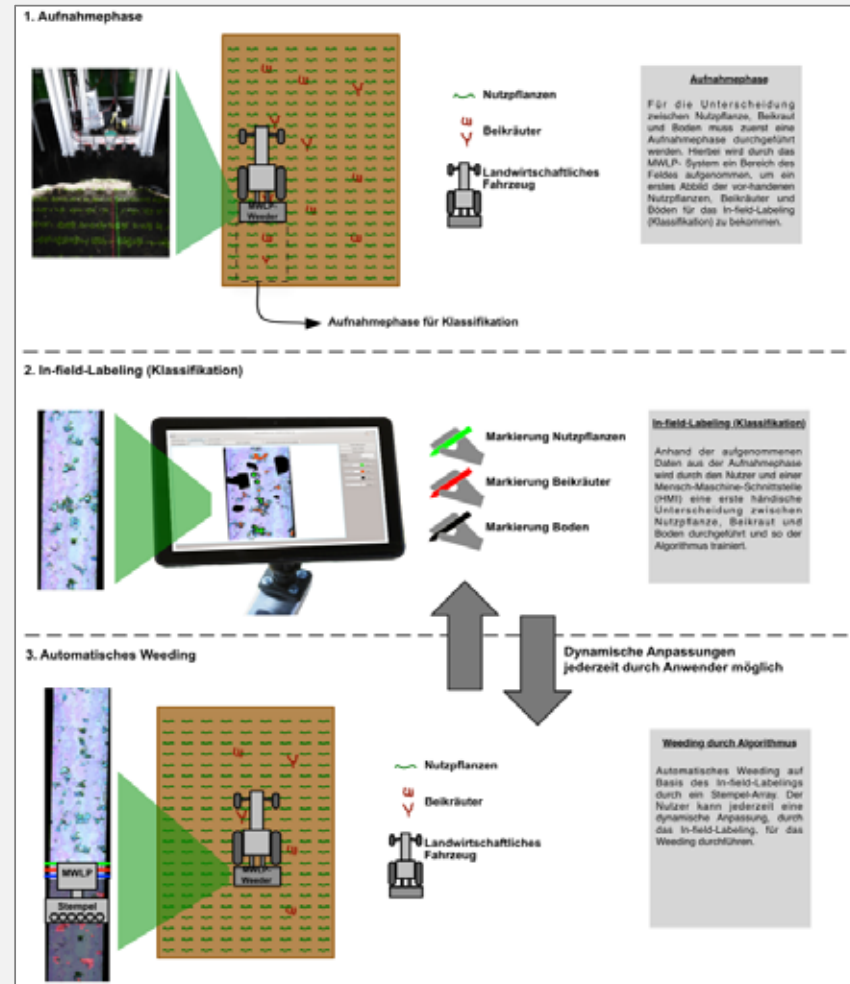


Quellen: Strothmann, W.; Ruckelshausen, A.; Hertzberg, J.; Scholz, C.; Langsenkamp, F.: Plant classification with In-Field-Labeling for crop/weed discrimination using spectral features and 3D surface features from a multi-wavelength laser line profile system. In: Computers and Electronics in Agriculture, Volume 134, March 2017, S. 79-93, ISSN 0168-1699, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.01.003>. Dissertation Wolfram Strothmann, 2016.

MWLP-Weeder



Movie-MWLP



MWLP-Weeder (Feldversuche 2020)

Multi-Wavelength Laser Line Profile Sensing (MWLP) / Pneumatic actuators (multi-stamp)



Quelle: Dr. Wolfram Strothmann, Technische Entwicklung und Dienstleistung, Ernst-Sievers-Str. 28, 49078 Osnabrück (Startup)

MWLP-Weeder (Feldversuche 2020)

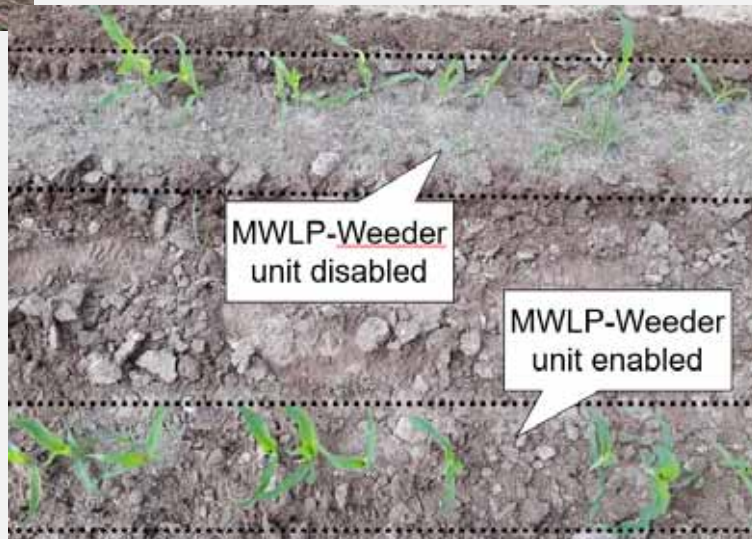
Multi-Wavelength Laser Line Profile Sensing (MWLP) / Pneumatic actuators (multi-stamp)



Quelle: Dr. Wolfram Strothmann, Technische Entwicklung und Dienstleistung, Ernst-Sievers-Str. 28, 49078 Osnabrück (Startup)

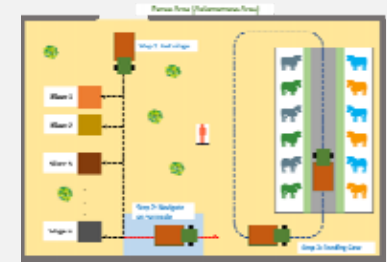
MWLP-Weeder (Feldversuche 2020)

Multi-Wavelength Laser Line Profile Sensing (MWLP) / Pneumatic actuators (multi-stamp)



Quelle: Dr. Wolfram Strothmann, Technische Entwicklung und Dienstleistung, Ernst-Sievers-Str. 28, 49078 Osnabrück (Startup)

Autonomie in die Praxis: Sensorteststand zur funktionalen Sicherheit (outdoor@365@24)



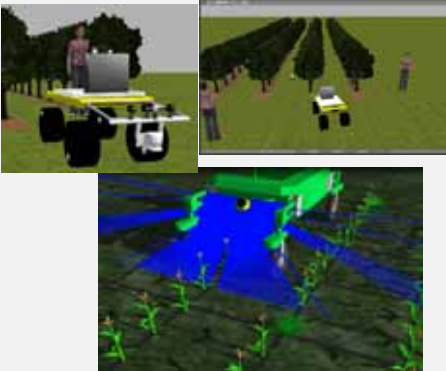
Quelle: Projekt „Agro-Safety“ (BMBF), Entwicklung eines berührungslosen Sensorkonzeptes zum Personenschutz auf Basis eines Prüfstandes zur funktionalen Sicherheit autonomer Landmaschinen;
Movie: Dezember 2020, Hochschule Osnabrück/Strautmann.

Technologieentwicklung für die Landwirtschaft: Feldversuche

Labor



Simulation

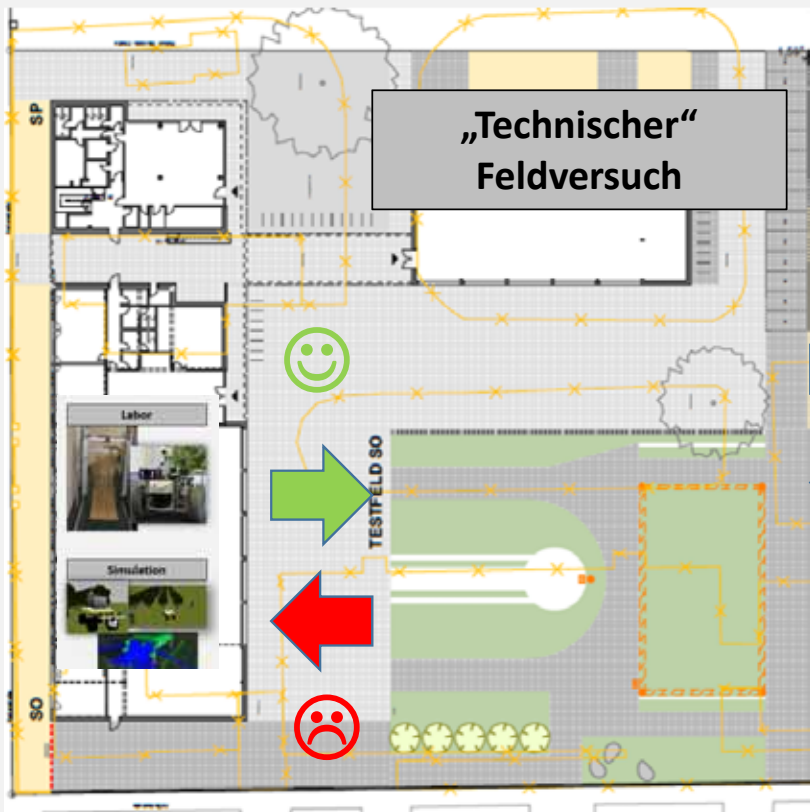


Landwirtschaftlicher Feldversuch

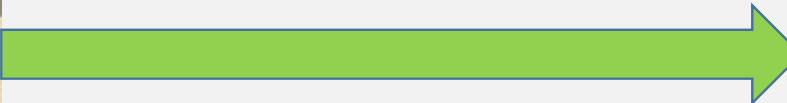


Technologieentwicklung für die Landwirtschaft: Feldversuche

Forschungsinfrastruktur "Agro-Technicum"



Landwirtschaftlicher Feldversuch



Zusammenfassung

- Die Robustheit der Prozesse zur Regulierung von Unkräutern auf dem Feld ist weiterhin wichtig.
- Wissensbasierte Interpretationen zur Generierung von Handlungsanweisungen eröffnen ökonomische und ökologische Innovationen unter Integration des Menschen (Beispiel: Unkraut/Beikraut). Technologien sind hierfür ein phantastisches Hilfsmittel.
- Der modulare Charakter der Prozessmodule entspricht dem adaptiven Charakter der Automatisierungsstufen bis zur Autonomie.
- Die fehlende Prozessintegration der Feldrobotik ist ein maßgebliches Hemmnis zur Evaluation des nachhaltigen Nutzens in der Praxis.
- Fehlende rechtliche Rahmenbedingungen sollten kein Grund für die Evaluation nachhaltiger innovativer Systeme sein (Chancen und Risiken).
- „Just do it“ : Die Praxiserprobung bei der Entwicklung autonomer Funktionen ist ein wesentlicher Bestandteil für Innovationen und Wettbewerbsfähigkeit.
- Ganzheitliche Betrachtung der Prozesse und Kosten sind maßgebliche Eckpunkte zukünftiger Verfahren (z.B. die Internalisierung externer Kosten).

