

Feldtaugliche Multisensorplattform für High-Throughput Getreidephänotypisierung – Aufbau und Datenhandling

Kim Möller¹, Mario Jenz¹, Markus Kroesen¹, Dominik Losert², Hans-Peter Maurer²,
Dominik Nieberg¹, Tobias Würschum² und Arno Ruckelshausen¹

Abstract: Die nachfolgende Arbeit stellt den mechanischen und elektronischen Aufbau, sowie die Funktionsweise für die feldtaugliche Phänotypisierungsplattform „BreedVision“ vor. Die Multisensorplattform kann in verschiedenen Getreidesorten eingesetzt werden und es wurden bereits erfolgreiche Referenzfahrten in Triticale, Roggen und Weizen durchgeführt. Erste Testfahrten haben 2015 außerdem in Hafer und Gerste stattgefunden, Mais ist in Planung.

Keywords: Pflanzenphänotypisierung, Outdoor, Multisensorplattform, Sensor-Datenfusion

1 Einleitung

Pflanzenzüchter sind an einer akkuraten und kosteneffizienten Phänotypisierung neuer Genotypen verschiedener Getreidesorten interessiert. Die Genotypen werden dazu, je nach Größe des Züchtungsbetriebs, in mehreren hundert Feldparzellen angebaut. Sensoren spielen zur Merkmalerfassung eine immer wichtigere Rolle da sie auch Merkmale erfassen die Züchter auf dem Feld nicht bewerten können (z. B. Wassergehalt), sowie objektive und differenzierte Daten über eine gesamte Parzelle liefern (z. B. Wuchshöhe). Für die Bewertung der Entwicklung der Pflanzen während der Wachstumsphase und des Kornertrags, der z. Zt. noch mit einem Parzellenmähdrescher bestimmt wird, dürfen die Parzellen jedoch weder von der Sensorik noch vom Sensorträger beschädigt werden. Es kommt daher nur der Einsatz optischer bzw. akustischer Sensoren und einem entsprechend dimensionierten Sensorträger („Phänotypisierungsplattform“, [MMR07]) in Frage um Pflanzen-irritationen zu minimieren. Je nach Komplexität des zu bestimmenden Pflanzenparameters (z. B. Biomasse), sind zum Teil auch mehrere Sensoren notwendig. Deren Daten werden miteinander fusioniert um ein (genaueres) Ergebnis zu berechnen. Für das von der BMEL und FNR e.V. geförderte interdisziplinäre Projekt *predbreed* wurde, basierend auf dem BreedVision-Konzept [Bu13], eine feldtaugliche, selbstfahrende Phänotypisierungsplattform aufgebaut die für einen Einmannbetrieb ausgelegt ist.

¹ Hochschule Osnabrück, Labor für Mikro- und Optoelektronik, Sedanstr. 26, 49076 Osnabrück, A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

² Universität Hohenheim, Landessaatzuchtanstalt (LSA), Fruwirthstr. 21, 70599 Stuttgart, Tobias.Wuerschum@uni-hohenheim.de

2 Mechanischer Aufbau

Die Sensorplattform wurde als Sonderanfertigung auf Basis des Zürn Z550 entwickelt. Dabei wurde in der Mitte des Fahrzeugs ein Rahmen konstruiert in dem ein Applikationsmodul eingesetzt werden kann. Der Einbauort zwischen den Achsen hat insbesondere den Vorteil, dass Unebenheiten auf dem Feld weitaus weniger störende Bewegungen verursachen als vor oder hinter den Achsen.

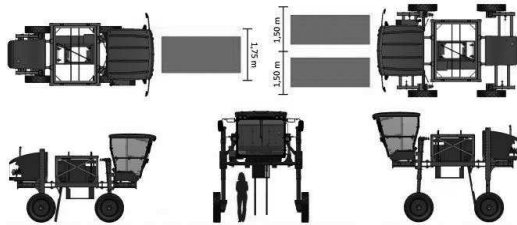


Abb.1: Mechanische Verstellungsmöglichkeiten der BreedVision-Plattform

Das Fahrzeug wurde mit Verstellungsmöglichkeiten in der Durchfahrts Höhe (1,27 bis 2,17 m) und Spurbreite (1,75 bis 3,00 m) geplant um bei züchterspezifischen Parzellendesigns, verschiedenen Wachstumsstufen und Getreidesorten eingesetzt werden zu können. Dabei können Parzellen mit einer Spurbreite von weniger als 1,75 m durch ein aus der Mitte platzierbares Sensormodul ebenfalls vermessen werden.

Das Sensormodul zur Pflanzenphänotypisierung, das in dem Rahmen eingesetzt wird, besitzt eine sog. „Messbox“. Die Messbox beinhaltet mehrere Sensoren und hat einen vertikalen Verfahrbereich von 100 cm. Dadurch können Sensoren mit einem eingeschränkten Fokusbereich auf einen optimalen Abstand über den Pflanzen positioniert werden. Dies geschieht voll automatisiert während der Fahrt [JMNR16].

3 Multi-Sensorsystem

Zur Bestimmung von Pflanzenparametern (z. B. Wuchshöhe, Feucht- und Trockenbiomasse) werden unterschiedliche Selektivitäten der Sensoren (z. B. optisch oder akustisch), Konzepte zur Sensorfusion sowie Redundanzen zur Verbesserung der Robustheit verwendet. In Verbindung mit den Ergebnissen umfangreicher Vorarbeiten und Feldversuchen [Bu13] werden diese Konzepte mit Lichtgittern (seitliche Ansicht), RGB/NIR/3D-Kameras, Triangulations- und Ultraschallsensoren sowie Hyperspectral Imaging (z.B. Wassergehalt) umgesetzt. Auch Subsysteme, die nicht direkt für die Bestimmung von Pflanzeigenschaften verwendet werden (Rotationsencoder, GPS oder ein angesteuerter Servo für die Höhenverstellung der Sensorbox) gehören dabei mit zum Systemkonzept, da sie wichtige Metadaten für eine Multi-Sensorfusion liefern, die Qualität der Aufnahmen steigern und dem Züchter Qualitätsparameter über die Parzelle (z. B. Parzellenlänge) liefern.

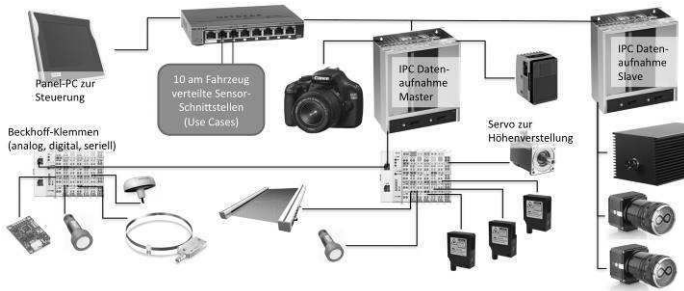


Abb.2: Systemaufbau der BreedVision-Sensordatenerfassung

Das Aufnahme-System wurde mit Industriestandardkomponenten der Firma Beckhoff aufgebaut und besteht aus mehreren Komponenten: Ein Industrie-PC agiert als Master. Er ist mit sog. EtherCat Komponenten, ein Echtzeit Ethernet System, verbunden, an denen Sensoren angeschlossen sind. Weitere bildgebende Sensorsysteme (Spectral-Imaging-System und Raytrix-Kameras) sind aufgrund ihrer hohen Datenraten an einem weiteren PC, den sog. Slave, angebunden. Das Gesamtsystem wird über eine selbstentwickelte Softwarelösung gesteuert.

Das System wurde sowohl im Bereich der Hardware als auch im Bereich der Software modular gestaltet. D. h. die Integration neuer Sensoren ist in einem übersichtlichen Zeitrahmen möglich. Mit der Nutzung von Standard-Industriekomponenten ist eine hohe Verfügbarkeit und schnelle Instandhaltung gewährleistet. Das System lässt sich auch von Nicht-Technikern über ein benutzerfreundlich gestaltetes User-Interface bedienen und kontrollieren. Bei schwerwiegenden Problemen ist eine Fernwartung möglich.

4 Datenhandling

Die Datenrate und -größe der verwendeten Sensoren sind sehr unterschiedlich. Für eine Multi-Sensordaten-Fusion eignet sich daher ein Datenbanksystem in der die Rohdaten mit einem Zeitstempel abgespeichert werden. In der Datenbank wird auch Einbauort und Blickrichtung der jeweiligen Sensoren hinterlegt, so dass über den Zeitpunkt der Aufnahme, in Verbindung mit einem hochauflösten Ortswert (Drehgeber mit einer Auflösung von < 1 mm), Daten von mehreren Sensoren miteinander fusioniert werden können. Zusätzlich werden in der Datenbank Feldpläne mit Zeitstempeln versehen um die berechneten Pflanzenparameter entsprechenden Pflanzenparzellen zuordnen zu können [MR15]. Die Sensor-Rohdatenspeicherung erfolgt verteilt auf den Systemen an denen sie physikalisch angeschlossen sind um den Datenverkehr im Netzwerk möglichst gering zu halten. Nach erfolgter Aufnahme werden die verteilten Datenbanken per Netzwerk oder externen Speichermedium auf einem Server zusammengeführt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde eine flexible Phänotypisierungsplattform – zunächst für Getreide – mit Tagesleistungen bis zu 2000 Parzellen vorgestellt. Durch den modularen Aufbau der Hard- und Software ist das System auch für zukünftige, andere oder neue Sensoren und Bestimmung von weiteren Pflanzenparametern in verschiedenen Kulturarten gewappnet.



Abb.3: Phänotypisierungsplattform „BreedVision“ bei Feldtests 2015 in Hohenheim

Danksagung: Das Forschungsprojekt *predbreed* wird vom Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) und der Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovationen e.V. (GFPI) gefördert.

Literaturverzeichnis

- [Bu13] Busemeyer, L. et al. “BreedVision — A Multi-Sensor Platform for Non-Destructive Field-Based Phenotyping in Plant Breeding.” *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2013;13(3):2830-2847. doi:10.3390/s130302830.
- [JMNR16] Jenz, M., Möller, K., Nieberg, D., Ruckelshausen, A.: Automatisierte Höhennachführung eines Multisensorsystems zur Feldphänotypisierung in: Ruckelshausen, A., Schwarz, H.-P., Theuvsen, B. (Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst-, und Ernährungswirtschaft, Referate der 36. GIL-Jahrestagung, 22.-23. Februar 2016, Osnabrück
- [MR14] Möller, K., Ruckelshausen, A.: “Datenmanagement für Ultra-High-Precision-Phenotyping in Feldversuchen“, in: Ruckelshausen, A., Schwarz, H.-P., Theuvsen, B. (Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst-, und Ernährungswirtschaft, Referate der 35. GIL-Jahrestagung, 23.-24. Februar 2015, Geisenheim, S. 117-120, ISBN 978-3-88579-632-9.
- [MMR07] Montes, J. M., Melchinger A. E., Reif J. C. (2007) Novel throughput phenotyping platforms in plant genetic studies. *Trends Plant Sci* 12:433–436