

Mobiles Hochdurchsatz-Phänotypisierungssystem für Feldversuche in Raps

Dominik Nieberg¹, Mario Jenz¹, Kim Möller¹, Philipp Daniel König¹, Matthias Igelbrink¹, Amine Abbadi², Ulf Feuerstein³ und Arno Ruckelshausen¹

Abstract: Für die sensorgestützte Feldphänotypisierung in der Pflanzenzucht werden bislang meist spezielle Plattformen eingesetzt. Hierdurch stehen den Vorteilen der sensorgestützten Ertragsoptimierung unter anderem hohe Anschaffungskosten und niedrige Nutzungszeiten gegenüber. Des Weiteren braucht es für die Kulturpflanze Raps spezielle Fahrzeugtypen, da hier eine bloße Überfahrt teilweise schwer möglich ist. Diese Arbeit beschreibt ein entwickeltes Multisensorsystem basierend auf dem BreedVision-Konzept [Mö16], welches ohne große Änderungen in kurzer Zeit an konventionelle Maschinen der Feldversuchstechnik montiert werden kann. Durch diese Kombination ergibt sich eine mobile Raps-Phänotypisierungsplattform, welche Merkmale im Bestand erfasst. Weiter werden die Bestände auch mit Drohnen überflogen und diese Daten verglichen. Durch die modulare Gestaltung ist eine hohe Flexibilität des Sensorsystems gegeben. Der Rückbau der Systemtechnik erfolgt nahezu rückstandslos und garantiert somit die vollständige Nutzung der Maschine. Somit können vorhandene Ressourcen effektiv genutzt und Kosten reduziert werden. Das System konnte bereits bei ersten Feldversuchen in Raps eingesetzt und erste feldbasierte Sensordaten erhoben werden.

Keywords: Hochdurchsatz-Phänotypisierung, Outdoor, Multisensorplattform

1 Einleitung

Die sensorgestützte Feldphänotypisierung bietet sich als hilfreiches Werkzeug für eine nicht-invasive Selektion von speziellen Genotypen zur Ertragsoptimierung von Raps an. In Triticale und Mais konnte bereits erfolgreich digitale Merkmalerfassung unter Feldbedingungen durchgeführt werden [Bu10; Su19]. Ebenfalls wies Zhang X. [ZH13] einen Zusammenhang zwischen den Reflexionseigenschaften und der Ertragsbildung von Raps nach. Um unter anderem diese Erkenntnisse effektiv untersuchen zu können, bedarf es einer zuverlässigen Raps-Phänotypisierungsplattform. Leider stehen dem Potenzial der digitalen Hochdurchsatz-Phänotypisierung noch relativ hohe Anschaffungskosten von speziell entwickelten Sensorplattformen gegenüber. Weiter benötigt man für das Befahren von Raps-Versuchspartellen, gerade in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien, spezielle Fahrzeugtypen wie z. B. Parzellenscheitelgeräte.

¹ Hochschule Osnabrück, Labor für Mikro- und Optoelektronik, Sedanstr. 26, 49076 Osnabrück, dominik.nieberg@gmail.com / a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

² NPZ Innovation GmbH, Hohenlieth-Hof, 24363 Holtsee, A.Abbadi@npz-innovation.de

³ Deutsche Saatveredelung AG, Steimker Weg 7, 27330 Asendorf, Ulf.Feuerstein@dsv-saaten.de

Im Forschungsprojekt RapiD – vom BMEL und der FNR e.V. geförderten – hat die Hochschule Osnabrück zusammen mit der NPZ Innovation GmbH – NPZ und der Deutsche Saatveredelung AG – DSV ein Sensorsystem entwickelt, welches an bereits vorhandene Raps-Scheitelfahrzeuge montiert werden kann und im weiteren Projektverlauf für die Phänotypisierung von Raps eingesetzt wurde. Dadurch reduzieren sich die Anschaffungskosten auf die Systemtechnik und die Sensortechnik. Wichtig war bei der Entwicklung, dass für die Montage möglichst wenig am bestehenden Fahrzeug verändert werden muss und dass die Montage- und Vorbereitungszeiten für die jeweiligen Messungen möglichst kurz bleiben.

2 Material und Methoden

Als Grundfahrzeuge wurden Parzellenscheitelgeräte der Firma Haldrop vom Typ D-45 verwendet, welche in der Rapszucht oft Anwendung finden. Dieser Fahrzeugtyp ist an die Feldgegebenheiten angepasst und benötigt keine Anpassung der Feldversuchsflächen.



Abb. 1: Entwickeltes und verbautes Sensorsystem an zwei verschiedenen Fahrzeugen im Feldeinsatz; (links) bei der DSV; (rechts) bei der NPZ

Das entwickelte Sensorsystem besteht aus 5 Teilsystemen (Sensorbox, Bedieneinheit, Front Rail, Lichtgittereinheit und Grundhalterung). Die Sensorbox wurde am Heck des jeweiligen Fahrzeuges platziert (siehe Abb. 1), da dort eine konstruktive Anbringung am besten zu realisieren war. Die Halterung besteht aus einem Grundrahmen (Abb. 2 – Pos. 5), welche von unten am Fahrzeug durch eine Klemmvorrichtung montiert werden kann. Die Hauptkomponenten der Infrastruktur sind in den Schaltschränken der Sensorbox (Abb. 2 – Pos. 1) untergebracht. Weiter beinhaltet die Sensorbox eine höhenverstellbare Einheit für Sensoren mit festem Fokus, die durch den Verfahrbereich von 160 cm Datenaufnahmen in den unterschiedlichen Vegetationsperioden ermöglicht. In dieser höhenverstellbaren Einheit sind zur Erfassung der Feuchtigkeit des Pflanzenbestandes sowie Spektraler Indizes (NDVI, NRG, etc.) verschiedene Spektralsysteme (XIMEA Snapshot [600-975 nm], XIMEA Linescan [470-900 nm], EVK DI [960-1700 nm]) integriert worden. Des Weiteren befindet sich hier für die Aufnahme von Wärmebildern

des Bestandes eine Thermografie-Kamera (VarioCAM HD head 780 S). Am festen Teil der Sensorbox wurde für die Korrektur der Wärmebilder eine Wetterstation (Beleuchtungsstärke, Windrichtung, Windgeschwindigkeit) und zur Bewertung der Datenqualität ein Gyroscope-Sensor zur Erfassung von Beschleunigungsdaten des Sensorsystems verbaut. Die Bedieneinheit ist neben dem Lenkrad platziert und besteht aus einem Tablet-PC und verschiedenen Bedienknöpfen, wodurch sich das System einstellen lässt und Messungen gestartet, überwacht und beendet werden können (Abb. 2 – Pos. 2). Oberhalb von Pos. 2 wurde für Dokumentationszwecke und RGB-Bilder eine RGB-Kamera (EOS 2000D) installiert. Die Front-Rail (Abb. 2 – Pos. 3), lässt sich schnell auf verschiedene Fahrzeugbreiten anpassen. Hier wurden zur Aufnahme von 3D-Profilen des Bestandes ein Laserscanner (SICK LMS 400) und ein LiDAR-Sensor (VLP 16) sowie für Abstands- und Dichtemessungen ein Multi-Reflex-Ultraschall-Sensor (iotec) verbaut. Weiter kann die Front-Rail auch an andere Positionen des Fahrzeuges oder direkt an der Sensorbox montiert werden. Die Lichtgittereinheit (RapidoScan) ist stufenlos in der Anbauhöhe verstellbar, besteht aus dem Sender sowie dem Empfänger und ist jeweils seitlich im Fahrzeuginneren untergebracht (Abb. 2 – Pos. 4). Diese Einheit erzeugt einen 1280 mm hohen Lichtvorhang und nimmt das seitliche Schattenprofil des Bestandes auf (Abb. 3). Ein an der Lichtgittereinheit angebrachter Triangulationssensor erfasst kontinuierlich den Abstand zum Boden. Aus diesen Daten können unter anderem Informationen über die Parzellendichte und die Bestandeshöhe ermittelt werden. An der Grundhalterung der Sensorbox (Abb. 2 – Pos. 5) wurden zwei Laserdistanzsensoren mit der Empfangsrichtung zum Boden befestigt. Diese Sensoren liefern Abstandswerte, mit denen sich die Pflanzhöhe bestimmen lässt und Informationen über die Parzellendichte gewonnen werden können.

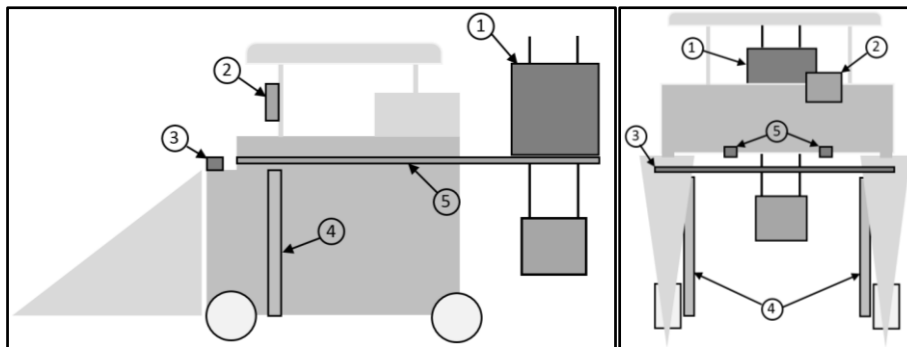


Abb. 2: Schematische Darstellung – Einzelkomponenten am Fahrzeug (links) Seitenansicht, (rechts) Frontansicht; 1: Sensorsystem, 2: Bedieneinheit, 3: Front-Rail, 4: Lichtgittereinheit, 5: Grundhalter Sensorbox

Alle Einzelkomponenten werden über selbst standardisierte Use-Case-Stecker (Harting – 2xEthernet/EtherCat und 24V) mit der Sensorbox verbunden. Lediglich für die Lichtgittereinheit und die Front-Rail mussten insgesamt sechs M6 Gewindebohrungen am Fahrzeug eingebracht werden.

Durch den Anschluss und die Verbindung mit einem Trimble RTK-GPS System werden die GPS-Plotgrenzen erfasst [Je17]. Für den Fall, dass kein RTK-GPS-System vorhanden ist, wurde ein GPS-Empfänger am Sensorsystem (Abb. 2 – Pos. 1) verbaut. Am Fahrzeug verbleiben aus Aufwandsgründen lediglich die hochgenauen Drehgeber, welche an der Radnabe bzw. am Kettenantrieb verbaut wurden. Die verbauten Drehgeber verfügen über eine Auflösung von 1/44 mm bei der NPZ und 1/7 mm bei der DSV. Die Stromversorgung lässt sich über einen 230 V-Stromerzeuger oder eine am Fahrzeug verbaute 24 V-Lichtmaschine realisieren. Die Steuerungs- und Aufzeichnungssoftware basiert auf dem bereits eingesetzten BreedVision-Konzept [Mö16] und wurde für das System entsprechend angepasst.

Das Sensorsystem kann flexibel und platzsparend auf einer Palette mit einem Kleintransporter transportiert werden. Durch die nahezu rückstandlose Demontage-Möglichkeit (Drehgeber und sechs Gewindebohrungen verbleiben), kann das Fahrzeug zwischen den Messungen für seinen gedachten Zweck verwendet werden.

3 Feldeinsatz

Mit dem neu aufgebauten Sensorsystem wurden mehrere Messfahrten im Rahmen des Projekts RapiD durchgeführt (Tab. 1). Hierbei wurde vor allem die Felddauglichkeit getestet.

Entwicklungs-stadium	Ort	Datum	Plots	Montage-dauer	Mess-dauer	Demontage-dauer
Stand vor Winter	NPZ	15.11.18	192	32,00	4,75	6,00
Stand vor Winter	DSV	23.11.18	192	20,00	5,50	5,00
Stand nach Winter	DSV	26.02.19	128	5,00	3,25	3,50
Stand nach Winter	NPZ	28.02.19	192	4,50	5,00	3,25
Schossen	NPZ	22.03.19	128	4,00	3,25	3,00
Schossen	DSV	28.03.19	192	3,50	4,50	2,75
Blüte 1. Messung	NPZ	18.04.19	128	3,50	3,25	-----
Blüte 2. Messung	NPZ	23.04.19	128	-----	3,00	2,50
Blüte 1. Messung	DSV	24.04.19	192	3,25	4,75	2,50
Blüte 3. Messung	NPZ	25.04.19	128	3,50	3,00	3,00
Stand vor Ernte	DSV	28.06.19	128	3,50	3,00	3,00
Stand vor Ernte	NPZ	11.07.19	128	3,50	3,00	3,00

Tab. 1: Auflistung der durchgeführten Messungen mit Versuchsstandort, Messzeitpunkt, Parzellenanzahl, Montage-, Mess- und Demontagedauer jeweils in Stunden

Bei den durchgeführten Messungen wurden die Parzellen jeweils doppelt überfahren und vermessen, um die Daten und darauf angewandte Algorithmen auf ihre technische Wiederholbarkeit – zwischen der ersten und zweiten Überfahrt – untersuchen zu können. Das Forschungsteam hat zusammen die jeweiligen Messtermine abgestimmt. Die Vorteile des Sensorsystems und dessen Feldtauglichkeit werden besonders für die Erfassung des komplexen Rapsstadiums „Blüte“ deutlich. Hier war es möglich, innerhalb von drei Tagen drei Messungen an zwei verschiedenen Standorten mit zwei verschiedenen Fahrzeugen durchzuführen.

Als Beispiel für die aufgenommenen Sensordaten sind in Abb. 3 Sensorrohdaten des Lichtgittersystems dargestellt. Dieser Ausschnitt zeigt das seitliche Schattenprofil der Parzelle. In der Vergrößerung wird die Qualität der Aufnahmen deutlich.

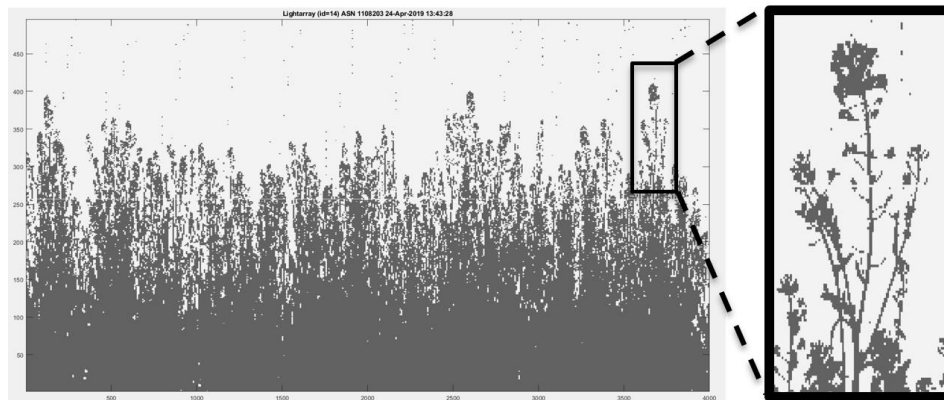


Abb. 3: Sensorrohdaten des Lichtgittersystems von Raps während der Blüte

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die dargestellten Arbeiten zeigen die Feldtauglichkeit der erstellten Raps-Phänotypisierungsplattform. Diese wurde auf Grundlage des BreedVision-Konzeptes und auf Basis einer konventionellen Arbeitsmaschine der Raps-Feldversuchstechnik entwickelt. Durch diese Kombination konnten Feldmessungen bei verschiedenen Wachstumsstadien durchgeführt werden.

Die diversen Feldmessungen haben gezeigt, dass das System nach erfolgter Erstmontage in 3,5 h montiert, eingestellt und einsatzbereit sein kann. Somit ist ein sehr flexibler Einsatz des Systems möglich. Darüber hinaus kann das entwickelte Sensorsystem auch an andere Fahrzeuge montiert werden und bietet somit viele Möglichkeiten für die sensorgestützte Phänotypisierung und die Pflanzenzüchter.

Aktuell werden die gesammelten Felddaten aus der Messsaison 2018/2019 ausgewertet. Weiter werden weitere Sensoren auf ihre Eignung für die Phänotypisierung von Raps geprüft.

5 Danksagung

Die Arbeit ist im Rahmen des Forschungsprojekts RapiD (FKZ: 22007716) entstanden und wird durch das BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft), die FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) und die GFPi (Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e. V.) gefördert.

Literaturverzeichnis

- [Mö16] Möller, K., et. al.: Feldtaugliche Multisensorplattform für High-Throughput Getreidephänotypisierung – Aufbau und Datenhandling. In: Ruckelshausen, A., Meyer-Aurich, A., Rath, T., Recke, G. & Theuvsen, B. (Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2016. Bonn: GIL e.V., S. 137-140, 2016
- [Bu10] Busemeyer, L., et. al.: Agro-sensor systems for outdoor plant phenotyping platforms in low and high density crop field plots; Proceedings 68th International Conference Agricultural Engineering 2010, pp.213-218.
- [Su19] Sun J., et. al.: High-throughput phenotyping platforms enhance genomic selection for wheat grain yield across populations and cycles in early stage; Theoretical and Applied Genetics June 2019, Volume 132, Issue 6, pp 1705-1720;
- [ZH13] Zhang, X., & He, Y. (2013). Rapid estimation of seed yield using hyperspectral images of oilseed rape leaves, ChemistryPublished 2013, DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.06.021
- [Je17] Jenz, M., et. al.: Automatisierte Kennzeichnung von Parzellengrenzen im Versuchsanbau mit Hilfe eines RTK-GPS Systems zur parzellenbasierten Sensordatenzuordnung in: Ruckelshausen, A., Schwarz, H.-P., Theuvsen, B. (Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst-, und Ernährungswirtschaft, Referate der 37. GIL-Jahrestagung, 6.-7. März 2017, Dresden, S.73-76, ISBN: 978-3-88579-662-6