

Automatisierte Höhennachführung eines Multisensorsystems zur Feldphänotypisierung

Mario Jenz¹, Kim Möller², Dominik Nieberg³ und Arno Ruckelshausen⁴

Abstract: In diesem Dokument wird die Realisierung einer automatischen Höhennachführung eines Sensormoduls über den Pflanzenbestand beschrieben, welches in der neusten Integration des BreedVision-Konzeptes in ein selbstfahrendes Trägerfahrzeug realisiert wurde. Dieses Konzept beschreibt ein modular aufgebautes, plattformunabhängiges Konzept zur Datenablage auf dem Feld gewonnener Sensordaten zur nicht invasiven Pflanzenphänotypisierung. Die komplette Neukonstruktion des Trägerfahrzeugs ist mit Systemtechnik in Industriestandard zur Messdatenaufnahme ausgestattet um die Robustheit und Erweiterbarkeit gegenüber dem Vorgängersystem weiter zu steigern. Ebenso wurden bereits bewährte Sensoren sowie zahlreiche neue Sensoren in das Gesamtsystem integriert. Das neue Ein-Personen-Bedienkonzept erfordert auch die Integration einer automatischen Höhennachführung des Sensormoduls.

Keywords: Phänotypisierung, Sensorfusion, online Datenverarbeitung, Antriebsauslegung

1 Einleitung

Bildgebende optische Sensoren haben sich bereits in der Feldphänotypisierung etabliert und spielen dort ihre Vorteile aus. Sie sind in der Lage in verschiedenen Wachstumsstufen nicht invasiv Daten vom Pflanzenbestand zu sammeln. So ist mit ihnen u.a. die Darstellung zeitlicher Wachstumsverläufe möglich [PDN15]. Um die Qualität der gewonnenen Daten diese Systeme weiter zu steigern, ist eine Positionierung der Optiken im optimalen Abstand über dem Pflanzenbestand wichtig. Dieses soll durch die Anordnung der Sensoren in einer höhenverstellbaren Einheit, der Messbox, erfolgen. Da im Feldversuchswesen eine große Streuung bei den Wuchshöhen zwischen den unterschiedlichen Genotypen (Parzellen) auftreten kann und die Abstände zwischen den Parzellen möglichst gering sein sollen, ist auch die Dimensionierung eines ausreichend schnellen Aktors notwendig, der dieser Positionieraufgabe gewachsen ist.

1.1 Systemübersicht

Die folgende Grafik gibt eine Übersicht über die neueste BreedVision Plattform. Für eine genauere Übersicht wird an [Mö16] verwiesen.

Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Sedanstraße 26, 49076 Osnabrück,

¹Mario.Jenz@hs-osnabrueck.de

²K.Moeller@hs-osnabrueck.de

³D.Nieberg@hs-osnabrueck.de

⁴a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

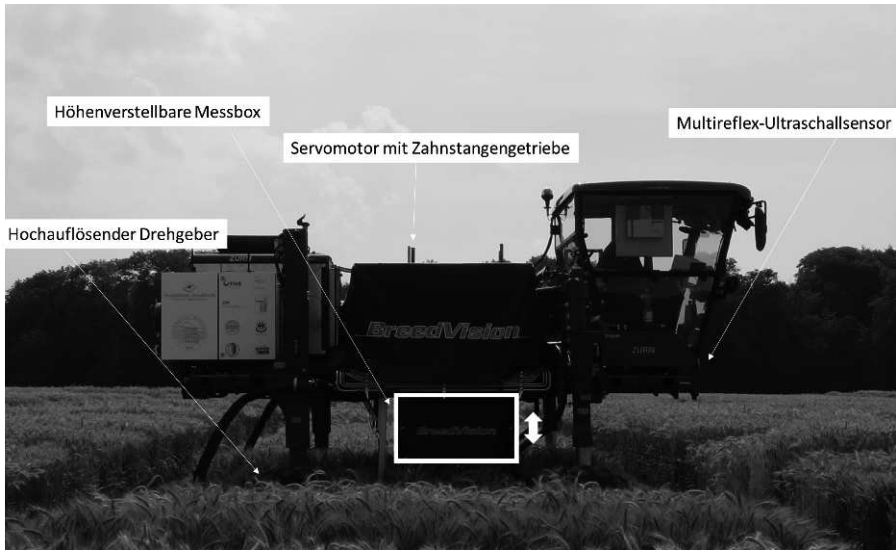


Abb.1: Übersicht über die Einzelkomponenten der automatischen Höhennachführung in der Plattform

Das System zur automatischen Höhennachführung besteht im Wesentlichen aus vier Teilsystemen. Die beiden Sensoren liefern zum einen eine Positionsinformation in Fahrtrichtung und eine Höheninformation der direkt vor dem Fahrzeug befindlichen Pflanzen. Zur Extraktion der Höheninformation aus den Sensorrohdaten wurde auf den bereits validierten Algorithmus aus [NJR14] zurückgegriffen. Auf Grundlage dieser Informationen erfolgt eine online Parzellenerkennung durch das dritte Teilsystem, der Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS). Das Wissen über den aktuellen Start- und Endpunkt jeder Parzelle ist notwendig um den Verstellbereich zwischen den Parzellen für die Messbox zu definieren. Das vierte Teilsystem ist der Aktor. Dieser nimmt Fahraufträge von der SPS entgegen und fährt dann eigenständig die vorgegebene Position an, während sich die Messbox im Parzellenzwischenraum befindet.

1.2 Dimensionierung und Auswahl des Aktors

Die Dimensionierung des Aktors erfolgte aufgrund der in Tab.1 aufgelisteten Vorgaben. Aus diesen Vorgaben errechnen sich die maximal zur Verfügung stehende Stellzeit der Messbox (t_{stellmax}), der minimale Beschleunigungswert (a_{boxmin}) und die daraus resultierende Verstellendgeschwindigkeit (V_{boxmin}). Anschließend erfolgt die Berechnung der minimalen Beschleunigungskraft ($F_{z\text{min}}$) für die die Aufwärtsfahrt gewählt wurde, da in diesem Fall die Gewichtskraft der Messbox additiv zu der Beschleunigungskraft wirkt.

Anforderungspunkt	Wert
Max. Hubhöhe der Messbox s_{hub}	1m
Länge der Messbox l_{Box}	1m
Länge der Parzellenzwischenräume d_{zw}	2m
Bewegte Gesamtmasse des Systems m_{Box}	55,7 Kg
Bemessungsmessgeschwindigkeit V_{mess}	0,83 m/s

Tab. 1: Äußere Anforderungen an das System

$$t_{\text{stellmax}} = (d_{\text{zw}} - l_{\text{box}}) / V_{\text{mess}} = 1,2 \text{ s} \quad (1)$$

$$a_{\text{boxmin}} = 2 * s_{\text{hub}} / t_{\text{stellmax}}^2 = 1,39 \text{ m/s}^2 \quad (2)$$

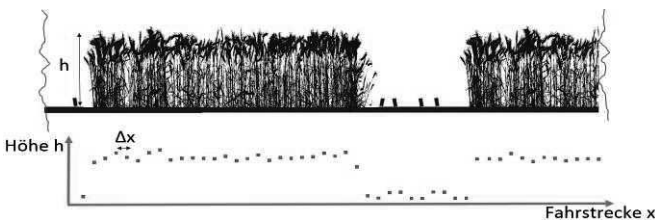
$$V_{\text{boxmin}} = a_{\text{boxmin}} * t_{\text{stellmax}} = 1,67 \text{ m/s} \quad (3)$$

$$F_{\text{zmin}} = F_{\text{GMessbox}} + F_{\text{a}} = m_{\text{Box}} * (g + a_{\text{boxmin}}) = 615,9 \text{ N} \quad (4)$$

Das Zahnstangengetriebe wurde aufgrund der zu übertragenden Zugkraft und der Verstellgeschwindigkeit gewählt. Diese beiden Parameter müssen größer sein als die berechneten Mindestvorgaben. Passend zu dem Übersetzungsverhältnis des Zahnstangengetriebes wurde aufgrund des minimal benötigten Drehmoment und der minimal benötigten Drehzahl eine Motor/Getriebekombination ausgesucht. Die ausgewählten Komponenten liefern ohne Berücksichtigung der Reibkräfte und Getriebeverluste eine Beschleunigungskraft von 908N. Damit ist sichergestellt, dass die maximale Verstellzeit eingehalten wird.

1.3 Zustandsautomat der automatisierten Höhennachführung

Der Hauptprozess der automatisierten Höhennachführung lässt sich mithilfe eines endlichen Automaten beschreiben. Dieser besitzt folgende Zustände: Init, Manuell, Automatik, Erkenne_Parzellenanfang_1.mal, Verstellen, Erkenne_Parzellenende, Erkenne_Parzellenanfang_beim_N.mal und Warte_auf_Verstellfenster. Die Transitionen erfolgen im Wesentlichen durch die ausgewerteten Sensordaten. Die Auswertung der Ultraschallhöhendaten erfolgt in einem Unterbaustein. Dieser liefert die Signale „Parzellenanfang_erkannt“, „Parzellenende_erkannt“ und den neuen Sollwert für den Aktor.


 Abb.2: Schematischer Ausschnitt aus einer Versuchspartelle zur Darstellung des Messintervalls Δx

Dieser Baustein klassifiziert alle 2 cm (Δx) Fahrstrecke die Höhe (h) anhand eines Schwellwertes. Ist die Höhe größer als der Schwellwert, befindet sich der Sensor über einer Parzelle und ein Zähler wird um ein Inkrement erhöht. Reziprok dazu wird er verringert, wenn sich der Sensor über dem Zwischenraum befindet. Ist der Zähler bei der oberen Schwelle angelangt, wird er nicht weiter erhöht und das Signal „Parzellenanfang_erkannt“ wird gesetzt. Bei der unteren Schwelle wird das Signal „Parzellenende_erkannt“ gesetzt. Befindet sich der Automat im Zustand „Warte_auf_Verstellfenster“, beginnt die kontinuierliche Höhenmessung bis die Messbox den Anfangspunkt des Verstellfensters zwischen den Parzellen erreicht. Das Resultat wird dem Aktor in einem Fahrbefehl übergeben.

1.4 Validierung des Systems

Zur Validierung des Systems wurde überprüft, wie viele der überfahrenden Parzellen durch das System erkannt worden sind. So ist sichergestellt, dass der Automat zu jeder Parzelle einen neuen Höhenwert einstellt. Da dieser Höhenwert auf Grundlage des bereits in [NJR14] validierten Algorithmus ausgewertet wurde, ist sichergestellt, dass dieser in ausreichender Genauigkeit der Fokusebene der optischen Systeme entspricht. Exemplarisch wurden 3 Feldversuche an den Versuchsstandorten Moosburg und Hohenheim mit insgesamt 2280 Versuchspartzen herangezogen. Von denen wurden 99,4 % durch das System erkannt.

Literaturverzeichnis

- [PDN15] Paulus, S. et al.: Einführung von Multi-sensor Plattformen zur detaillierten Beschreibung von Pflanzen während der gesamten Wachstumsperiode in: 21. Workshop Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft, 7. Mai 2015 Braunschweig
- [Mö16] Möller, K. et al.: Feldtaugliche Multisensorplattform für High-Throughput Getreidephänotypisierung – Aufbau und Datenhandling 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
- [NJR14] Nieberg, D. et al.: Multireflex-Ultraschall-Sensorsystem zur Feld-Phänotypisierung von Getreide in Proceedings 72. International Conference Agricultural Engineering, 2014, VDI-Verlag, Berlin, pp. 103-108, ISBN 978-3-18-092226-3