

Erste Feldversuche mit dem autonomen Feldroboter BoniRob

First field experiments with the autonomous field scout BoniRob

Dr. **F. Rahe**, **K. Heitmeyer**, Amazonen-Werke – H. Dreyer GmbH & Co. KG, Hasbergen-Gaste;

Dr. **P. Biber**, Dipl.-Ing. **U. Weiss**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart;
Prof. Dr. **A. Ruckelshausen**, **H. Gremmes**, M.Sc. **R. Klose**, M.Sc. **M. Thiel**, Prof. Dr. **D. Trautz**, University of Applied Sciences Osnabrück / Competence Center of Applied Agricultural Engineering - COALA

Kurzfassung

Im Forschungsprojekt BoniRob wird ein autonomer Roboter zur Pflanzenphänotypisierung entwickelt. BoniRob besitzt einen komplexen mechanischen und elektrischen Aufbau, der ihn universell einsetzbar macht. In ersten Feldversuchen wurden die Navigation und die Sensorik unter natürlichen Bedingungen getestet. Die Reihenerkennung funktioniert unter schwierigen Bedingungen bis zu einem bestimmten Grad robust. In weiteren Versuchen werden erweiterte Navigationsalgorithmen und die wiederholte Datenaufnahme getestet.

Abstract

BoniRob is an autonomous robot for plant phenotyping. A complex mechanics and electronics builds the basis for the flexible robot. Navigation and plant-sensors were tested in first field trials. Rows detection works well driving outdoors. Navigation was possible under difficult conditions. Upcoming tests shall show the possibilities of enhanced navigation and repetitive measurements.

1. Einleitung

Ökologie, Kosteneinsparung, Effizienz und Ertragssteigerung nehmen einen immer höheren Stellenwert in der Landwirtschaft ein. Ein Weg dies zu erreichen ist die fortschreitende Automatisierung der Landmaschinen. Die aktuellsten Entwicklungen sind GPS-basierte Parallelfahrssysteme und Sensor- und GPS-basierte Präzisionslandwirtschaft. Mit Lenksystemen ausgestattete Maschinen sind schon heute in der Lage autonom zu fahren [1]. Sie müssen jedoch durch den Bediener überwacht werden und brauchen GPS-basierte Vorgaben. Die größte Herausforderung bei der Autonomisierung sind die veränderlichen Verhältnisse auf dem Feld. Dadurch sind die meisten im Rahmen von Forschungsprojekten

entwickelten Roboter-Plattformen fehleranfällig und es werden nur wenige praktische Erfahrungen mit den neuen Techniken auf dem Feld gesammelt. Für die Entwicklung autonomer Systeme spielt die Komplexität der geplanten Applikation eine weitere wesentliche Rolle. [2]

Im Kooperationsprojekt BoniRob zwischen der Fachhochschule Osnabrück, der Robert Bosch GmbH und den Amazonen-Werken wird ein Feldroboter entwickelt, der eine autonome Phänotypisierung durchführen soll [3].

2. Phänotypisierung als Applikation

Die manuelle Phänotypisierung ist ein arbeitsintensiver Prozess, der durch die beteiligten Personen nie ganz objektiv durchgeführt werden kann. Diesen Prozess durch intelligente Sensorik zu erweitern bietet ein großes Verbesserungspotential. Sensoren mit standardisierter maschineller Auswertung haben eine verbesserte Wiederholbarkeit der Daten und Auswertung. Zudem können mit einer autonomen Maschine Daten über die gesamte Versuchsfläche gesammelt werden. Durch die größere Datenmenge besteht dann die Möglichkeit statistische Methoden nicht nur innerhalb der gesamten Datenmenge sondern auch innerhalb einer Versuchsfläche einzusetzen. [4]

Als Sensortechniken kommen bei der Roboterplattform BoniRob überwiegend optische Technologien zum Einsatz. Die eingesetzten Sensoren sind Laser-Abstands-Sensoren, 3D-Time-of-Flight Kameras, Lichtgitter, Farbkameras und Spectral Imaging. Die meisten Sensoren geben Aufschluss über die Geometrie der Pflanzen. Mittels Sensor-Fusion werden damit geometrische Parameter der Pflanzen erfasst. Mittels Spectral Imaging werden räumlich und spektral hochaufgelöst Daten im Infrarotbereich von 900 nm – 1700 nm gewonnen.

3. Roboterfahrzeug BoniRob

Um das Fahrzeug möglichst universell zu betreiben, wurde eine aufwändige Mechanik entwickelt. Jedes Rad des Fahrzeugs wird über einen Radnabenmotor angetrieben, der durch eine Servosteuerung feinfühlig geregelt wird. Somit ist es möglich gleichmäßig über die Reihen zu fahren und unter kontrollierten Bedingungen Daten aufzuzeichnen. Der Körper des Roboters ist U-förmig gestaltet, so dass im Innenbereich ein zur Seite offener Freiraum vorhanden ist, in dem verschiedene Module montiert werden können.

Der Körper des Roboters kann von einer Bodenfreiheit von 40 cm bis auf eine Höhe von 80 cm angehoben werden. Damit wird über das Fahrzeug die Sensorik an die Größe der Pflanzen angepasst. Jedes Bein des Fahrzeugs ist einzeln in der Spurbreite von 0,75 m bis

2,0 m veränderbar. Jedes Rad ist weiterhin einzeln angelenkt. Damit sind Kurvenfahrten mit beliebigen Radien, Wenden auf der Stelle und Hundegang möglich. Das Fahrzeug bewegt sich damit auf kleinstem Raum und seine Ausrichtung wird optimal an die Pflanzenreihen angepasst. [3]

Die Bewegungsfunktionen sind durch ein Hydrauliksystem realisiert. Damit die Hydraulikpumpe durch ihren Leistungsbedarf die hochentwickelte Sensorik nicht stört, ist eine getrennte Stromversorgung notwendig (Abbildung 1). Ein Wechselstrom-Generator versorgt ein Ladegerät und ein 24V Netzteil. Das Ladegerät lädt die Batterien, von denen die Hydraulik versorgt wird. An dem 24V Netzteil werden ein weiteres 5V und 12V Netzteil betrieben. Durch diese drei Spannungen werden die restlichen Komponenten des Roboters (Sensoren, Navigationsrechner, GPS und Steuerungen) versorgt.

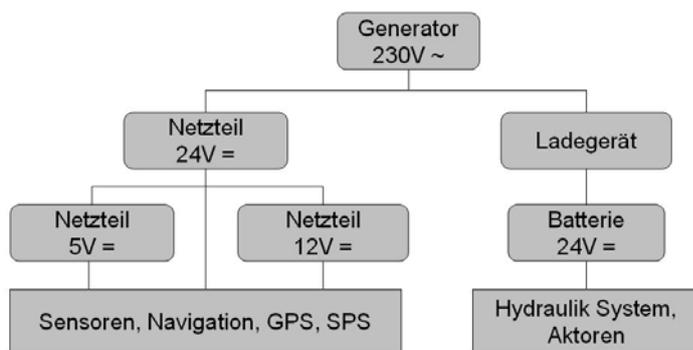


Abbildung 1: Stromversorgungskonzept von BoniRob

Der Datenaustausch im Roboter ist zweigeteilt. Auf der einen Seite speichern die Phänotypisierungssensoren ihre Daten über ein Netzwerk mit Zeit- und Ortsstempel in einer Datenbank. Auf der anderen Seite kommunizieren der Navigationsrechner und die Robotersteuerung über ein weiteres Netzwerk miteinander (Abbildung 2).

Dabei verarbeitet der Navigationsrechner Daten vom RTK-DGPS, 3D-Laserscanner und einer inertialen Messeinheit. Anhand dieser Daten werden die absolute Position und die Position relativ zu den Pflanzenreihen bestimmt. Um die Pflanzen nicht zu beschädigen wird daraus ein Pfad geplant, um den Roboter genau ausgerichtet über die Reihen fahren zu lassen.

Um den Pfad entsprechend abzufahren, sendet der Navigationsrechner die Einstellung des Fahrwerks an eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), die die Steuerung der Mechanik übernimmt. An der Steuerung ist das hydraulische System direkt über analoge und digitale Eingänge angeschlossen. Die Antriebe des Fahrzeugs sind über einen CAN-Bus in die Steuerung eingebunden.

Der Navigations-Algorithmen besteht aus zwei Teilen. Eine wesentliche Komponente ist die Reihenerkennung, um sich an den Pflanzen orientieren zu können. Dem übergeordnet ist die semantische Lokalisierung, die den Zustand der Reihenerkennung überwacht und mit weiteren Messdaten (z.B. RTK-DGPS Position und gespeicherte Felddaten) auf Konsistenz überprüft [5].

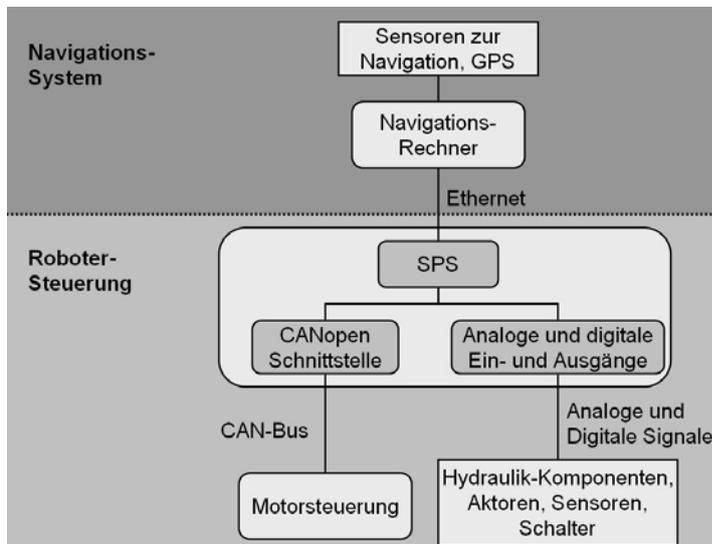


Abbildung 2: Übersicht über die Kommunikationsstruktur der Robotersteuerung von BoniRob

4. Feldversuche

In ersten Feldversuchen ist die Reihenerkennung und die Aufnahme von Messdaten erster Untersuchungsgegenstand. In Abbildung 3 ist BoniRob auf einem Versuchsfeld der Amazonen-Werke zu sehen.



Abbildung 3: BoniRob mit eingebauter Sensorik auf einem Versuchsfeld

Die Funktionalität der Reihenerkennung wurde zu erst an künstlichen Papppflanzen auf der Agritechnica 2009 gezeigt. Die Reihenerkennung funktioniert unter kontrollierten Bedingungen robust. Im Rahmen von Feldtests in verschiedenen Maisfeldern wurde die Robustheit der Reihenerkennung unter natürlichen und erschwerten Bedingungen getestet. Auf den DLG Feldtagen wurde die Zuverlässigkeit der Reihenerkennung auf einem kleinen Testfeld unter freiem Himmel demonstriert. Der Roboter fuhr das gesamte Feld auf Basis der Reihenerkennung ohne Unterbrechung ab und stoppte selbstständig nach dem Abfahren der letzten Reihe.

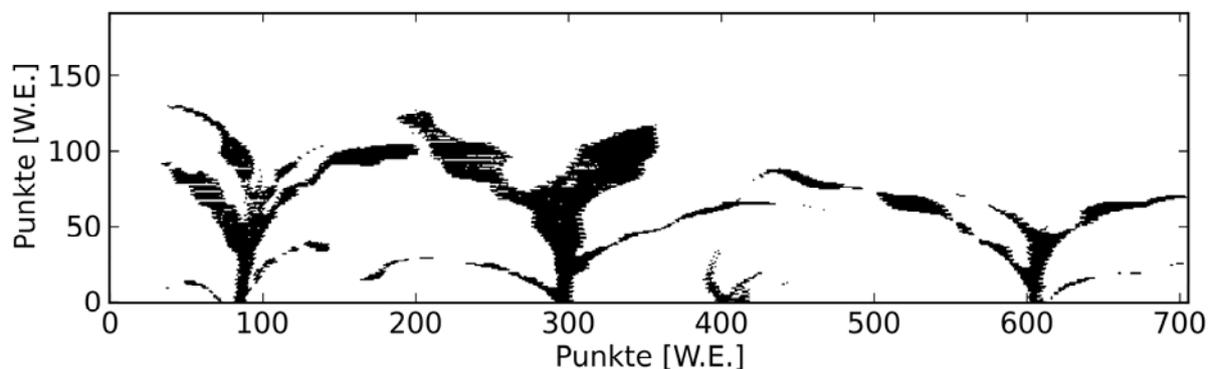


Abbildung 4: Mit den Lichtgittern aufgenommener Beispieldatensatz von Maispflanzen

Auf einem Mais-Feld mit unterschiedlich großen Pflanzen wurden die Grenzen der Reihenerkennung untersucht. Die Reihenerkennung zeigte sich dabei als sehr robust und funktionierte mit Pflanzen von 15 cm bis zu 140 cm Größe. Auch eine Verunkrautung mit Unkräutern kleiner als der gewachsene Mais verursachte keine wesentlichen Probleme. Bei großen Pflanzen gab es Schwierigkeiten, wenn ein Blatt den 3D-Laserscanner verdeckte, so dass keine Daten zur Navigation zur Verfügung standen. Da die semantische Lokalisierung dabei noch nicht getestet wurde, konnte unter diesen Umständen nicht navigiert werden.

Bei diesen Versuchen wurden die ersten Daten aufgezeichnet. Diese Daten gehören zu kleinen Mais-Pflanzen. In der folgenden Zeit sind damit Reihenmessungen an den größer werdenden Pflanzen möglich. In Abbildung 5 ist ein erster Datensatz von den Lichtgittern abgebildet. Die einzelnen Maispflanzen sind deutlich zu erkennen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine autonome Roboterplattform entwickelt, die universell einsetzbar ist. In ersten Feldversuchen wurden die Robustheit der Reihennavigation und die Datenaufnahme getestet. Die Reihennavigation funktioniert gut unter natürlicher Umgebung und erste Daten von Pflanzen wurden aufgenommen. In weiteren Untersuchungen des laufenden

Forschungsvorhabens wird die Entwicklung eines kleinen Bestandes an Mais wiederholt untersucht werden, um daraus Informationen über die Verfolgbarkeit des Pflanzenwachstums zu sammeln. Bei der Navigation wird die Reihenerkennung in Kombination mit der semantischen Lokalisierung getestet werden, um die Verbesserung der Robustheit des Systems zu untersuchen.

Förderung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

6. Literatur

- [1] Moorehead, S.J.; Kise, M.; Reid, J.F.: Autonomous Tractors for Citrus Grove Operations, Proceedings of the 2nd International Conference on Machine Control & Guidance, March 9-11,2010, S. 309-313.
- [2] Griepentrog, H.-W.; Ruckelshausen, A.; Jörgensen, R.N.; Lund, I.: Autonomous systems for plant protection, in „Precision Crop Protection – The Challenge and Use of Heterogeneity“ (Editors Oerke,E.-C., Gerhards, R., Menz, G., Sikora, R.A.), Springer, 2010.
- [3] Ruckelshausen, A., Biber, P., Dorna, M., Gremmes, H., Klose, R., Linz, A., Rahe, F., Resch, R., Thiel, M., Trautz, D. and Weiss, U.; BoniRob – an autonomous field robot platform for individual plant phenotyping, Proceedings of the 7th European Conference on Precision Agriculture, Wageningen Academic Publishers, 2009, pp. 841-847.
- [4] Ruckelshausen,A.: Autonomous robots in agricultural field trials. Proceedings of the International Symposium Agricultural Field Trials – Today and Tomorrow, 08 –10 October 2007 in Stuttgart-Hohenheim, S. 190-197.
- [5] Weiss, U., Biber, P.: Plant Detection and Mapping for Agricultural Robots using a 3D-lidar Sensor. Proceedings of the 4th European Conference on Mobile Robots, September 2009, S. 205-210.