



Robotik im Rosenbeet

Begrenzte Ressourcen, Klimaveränderung und eine rasant wachsende Weltbevölkerung machen Effizienz und Nachhaltigkeit zu den größten Herausforderungen für Gartenbau und Landwirtschaft. Neueste Technologien sind der Schlüssel, um diese Herausforderungen zu meistern. Mit dem Field Robot Event, einem internationalen Wettbewerb autonomer Feldroboter, zeichnen Studenten des Lehrstuhls für Mechatronik in Maschinenbau und Fahrzeugtechnik der TU Kaiserslautern und viele andere Teams Jahr für Jahr ein detaillierteres Bild dieser neuen Generation Landtechnik.



Autonome Fahrzeuge für Gartenbau
und Landwirtschaft



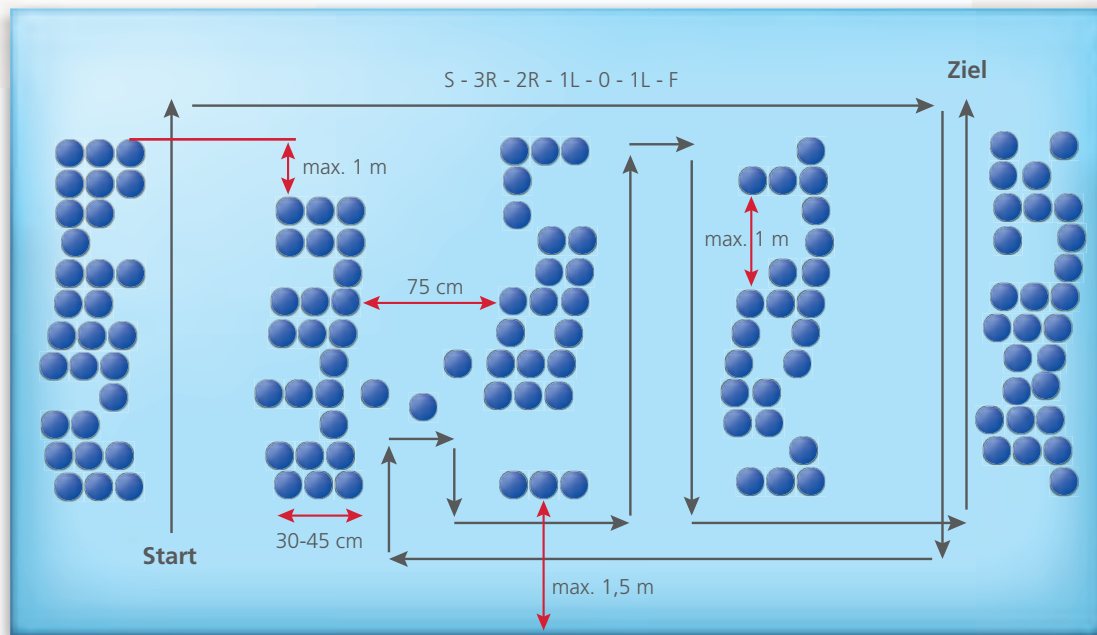


Abbildung 1: Teilaufgabe des Field Robot Events 2012 war die autonome Fahrt durch Pflanzenreihen unter Einhaltung eines vorgegebenen Pfadmusters.

„Die MicroAutoBox II plus Embedded PC von dSPACE vereint bewährte Werkzeuge hardwarenaher Steuergeräteentwicklung mit der Flexibilität eines PCs und erwies sich damit als ausgezeichnete Plattform für unser autonomes Fahrzeug.“

Roland Werner, TU Kaiserslautern

Eine kleine Revolution

Intelligente Sensoren, GPS-basierte automatische Lenksysteme mit Zentimetergenauigkeit, Roboter und autonome Fahrzeuge sind der nächste große Schritt der Landtechnik. Um den enormen technologischen Herausforderungen zu begegnen, bedarf es neuer kreativer Lösungsansätze und interdisziplinären Denkens. Mit einem Team von Studenten stellt sich der Lehrstuhl für Mechatronik in Maschinenbau und Fahrzeugtechnik (MEC) der TU Kaiserslautern dieser Aufgabe. Die Studenten entwickelten gemein-

sam ein autonomes Fahrzeug für den Feldeinsatz.

Der Wettbewerb

Höhepunkt des Projektjahres war die Teilnahme am Field Robot Event, einem jährlichen internationalen Wettbewerb der Feldrobotik, der im Jahr 2012 in Venlo (Niederlande) im Rahmen der dortigen Floriade (internationale Gartenschau) ausgetragen wurde. Grundlegende Aufgabe während des Field Robot Events war es, ein Fahrzeug autonom durch Pflanzenreihen navigieren zu lassen (Abbildung 1).

Lücken im Bestand, gekrümmte oder blockierte Reihen erschwerten hierbei das Vorankommen des Fahrzeugs. Während der Fahrt hatte das Fahrzeug weitere branchentypische Aufgaben zu erfüllen. Bewertungsgrundlage des Wettbewerbs waren die im Feld zurückgelegte Strecke und die hierfür benötigte Zeit mit Bonuspunkten für erledigte Aufgaben und Strafpunkten für Pflanzenschäden und manuelle Eingriffe. Besondere Herausforderung des Field Robot Events war das Auffinden, Aufnehmen und Abliefern einer zufällig ausgewählten speziell mar-

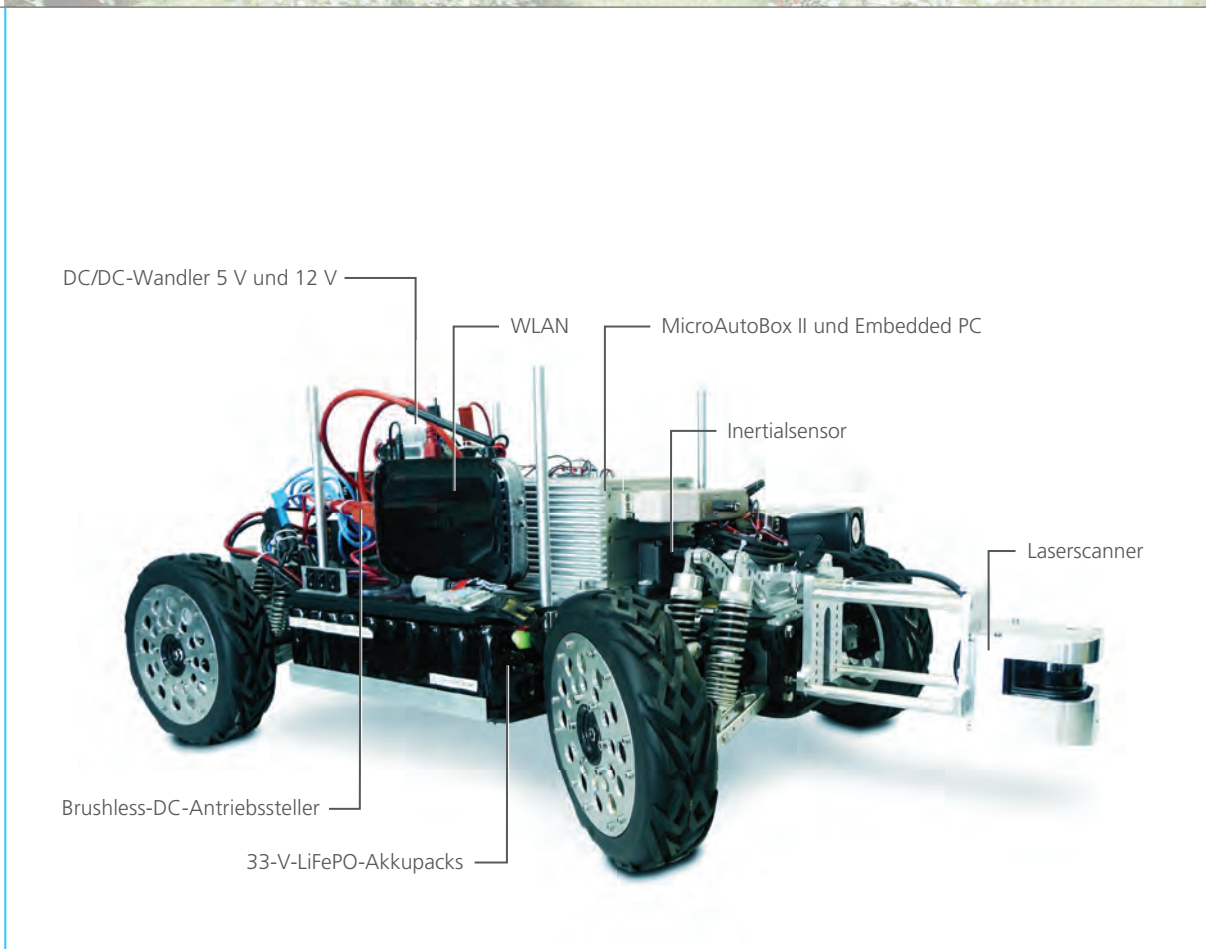


Abbildung 2: Ein Blick auf die wesentlichen Komponenten des von Studenten am Lehrstuhl für Mechatronik in Maschinenbau und Fahrzeugtechnik (MEC) der TU Kaiserslautern entwickelten autonomen Fahrzeugs.

kiernten Pflanze in Reihen aus Rosentöpfen.

Die Welt aus Fahrzeugsicht

Eine ganze Reihe Sensoren ermöglicht dem Fahrzeug die Wahrnehmung seiner Umgebung (Abbildung 2 und 3). Wesentlich für die autonome Fahrt sind die an Fahrzeugvorder- und -rückseite montierten Laserscanner. Die Scanner mit 240° Sichtfeld in einer Scanebene erlauben es, auf

Hindernisse in der Umgebung des Fahrzeugs zu schließen. Für Wendevorgänge sind die mittels Inertialsensorik gemessene Gierrate und die daraus bestimmte Fahrzeugorientierung von großer Bedeutung. Insgesamt sechs Stereo-Webcams mit in Summe 360° Blickfeld am Dach des Fahrzeugs dienen dem Auffinden der markierten Pflanze und liefern ihrerseits Abstandsinformationen des gesuchten Objekts. Neben diesen

im autonomen Betrieb genutzten Sensoren verfügt das Fahrzeug über eine WLAN-Schnittstelle und einen R/C-Empfänger zu Entwicklungs- und Testzwecken.

Allrad bei Lenkung und Antrieb

Unbefestigter Untergrund, Hindernisse und kleine Wenderadien zwischen den Reihen stellen hohe Anforderungen an die Aktorik des



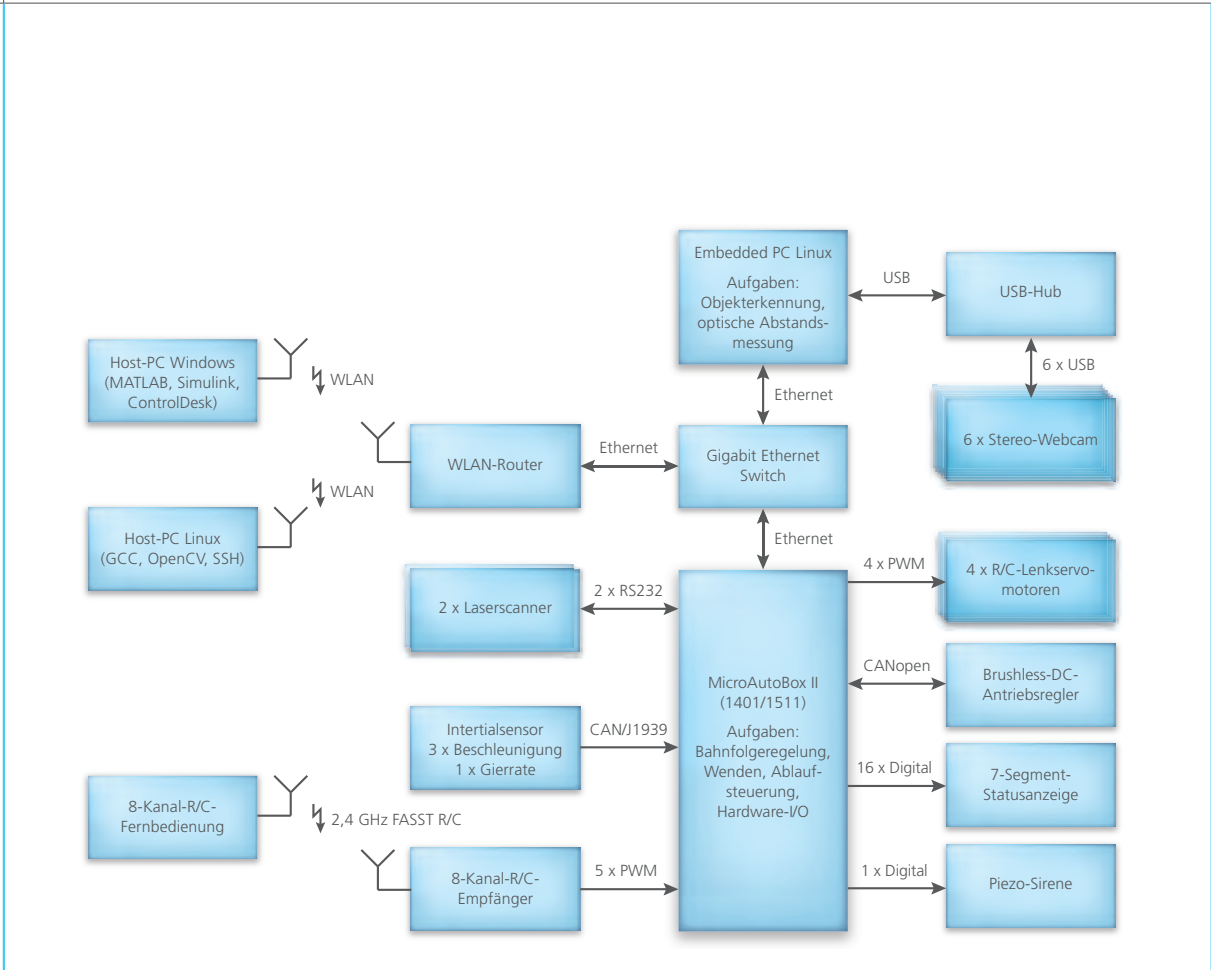


Abbildung 3: Blockschaltbild der Sensorik, Signalverarbeitung und Aktorik des autonomen Fahrzeugs.

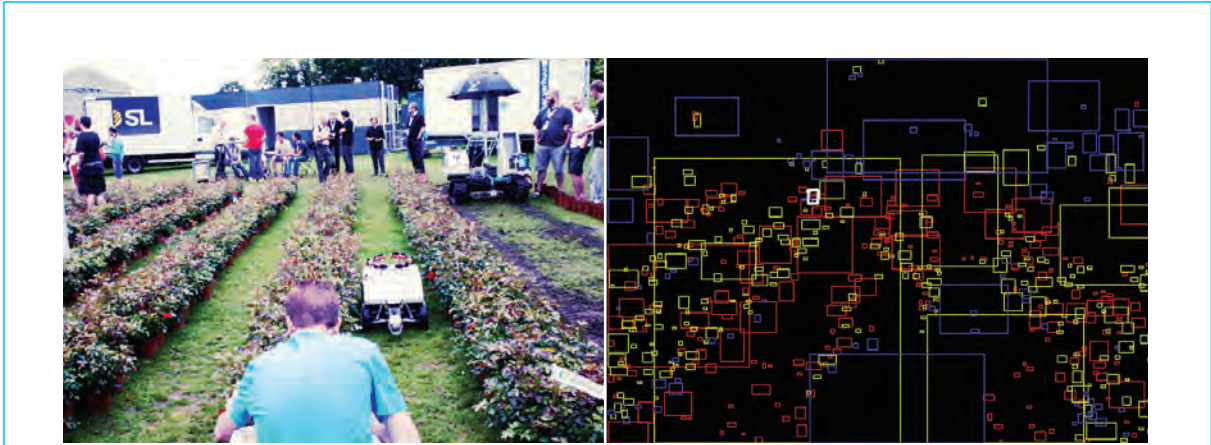
Fahrzeugs. Vier Servomotoren erlauben es, jedes Rad einzeln zu lenken. Ein zentraler bürstenloser Gleichstromantrieb mit 2 kW Leistung und ein permanenter Allradantrieb erzielen die nötige Kraft an den vier

Reifen. Ein intelligenter Antriebsregler versorgt den Gleichstromantrieb aus den 33-V-LiFePO-Akkupacks des Fahrzeugs.

Verteilte Signalverarbeitung I: Echtzeit-Regelung mit MicroAutoBox II

Zur Verarbeitung der Sensorinformationen und Ansteuerung der Aktoren nutzt das Fahrzeug die Vorzüge zweier

Abbildung 4: Objekterkennung mittels OpenCV mit Pflanzenmarkierung im Originalbild (links: Zylinder in Rot, Blau und Gelb), erkannten Farbbereichen (rechts: Rechtecke in Rot, Blau und Gelb), erkannter Pflanzenmarkierung (rechts: weißes Rechteck).



Welten. Hardwarenahe Regelungs- und Steuerungsaufgaben werden durch eine MicroAutoBox II in Echtzeit bearbeitet. Die Algorithmen der Bahnerkennung, Bahnfolge und des Reihenwechsels sowie die Ablaufsteuerung des gesamten Fahrzeugs sind wesentlicher Teil der auf der MicroAutoBox II ausgeführten Software. Die Vielzahl der I/O-Schnittstellen erlaubt eine einfache Anbindung verschiedenster Sensoren und Aktoren (Abbildung 3). Mit MATLAB®/ Simulink® kommt eine für diese Zwecke bewährte Entwicklungsumgebung zum Einsatz. ControlDesk® erlaubt eine schnelle, komfortable und zuverlässige Parametrierung und Diagnose des laufenden Systems.

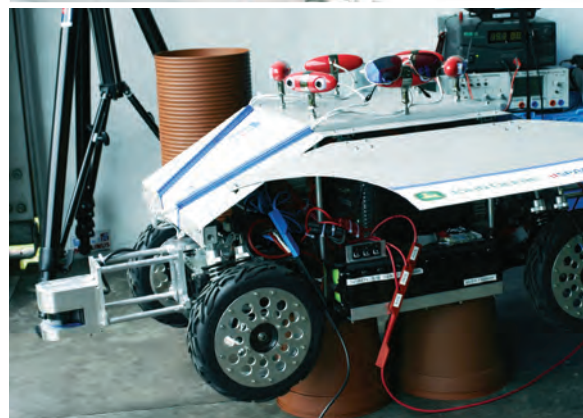
Verteilte Signalverarbeitung II: Bildverarbeitung mit Embedded PC

Bildverarbeitung und maschinelles Sehen sind für autonome Fahrzeuge von zentraler Bedeutung. Mit der freien C/C++ Softwarebibliothek OpenCV existiert eine sehr umfassende Sammlung aktueller Algorithmen, welche für diverse Plattformen, darunter Windows® und Linux, verfügbar ist. Die Kombination MicroAutoBox II und Embedded PC

ermöglicht es, Bildverarbeitungsaufgaben auf einfache Weise ins Gesamtsystem zu integrieren. Der interne Gigabit Ethernet Switch und UDP/IP stellen dabei die schnelle Kommunikation zwischen MicroAutoBox II und dem Embedded PC mit Linux sicher. Konkrete Aufgabe des Field Robot Events 2012 war es, einen zufällig gewählten und besonders markierten Rosentopf zu erkennen und das autonome Fahrzeug in unmittelbarer Nähe des Topfes zum Stehen zu bringen. Als Markierung wurde ein Zylinder mit Farbstreifen in Rot, Blau und Gelb (Abbildung 4) gewählt.

Die Erkennung der Markierung erfolgt schrittweise, wobei zunächst Bildbereiche mit hohen Anteilen der gesuchten Farben identifiziert werden. Die Anordnung dieser Bereiche schließlich dient der Unterscheidung der gesuchten Markierung von anderen zufälligen Bildbestandteilen der Umgebung. Sowohl die Größe der gefundenen Markierung als auch die Tiefeninformation des Stereo-Bildes sind anschließend Grundlage der Abstandsmessung zwischen Fahrzeug und markierter Pflanze. ■

Roland Werner
TU Kaiserslautern



Fazit und Ausblick

Mit dem Field Robot Event 2012 ging die Entwicklung des MEC Fahrzeugs in die zweite Runde. Gegenüber dem Debüt im Vorjahr konnte sich das Team von Platz 10 auf Platz 6 von 18 verbessern. Insbesondere der Plattformwechsel hin zur dSPACE MicroAutoBox II erwies sich dabei als durchweg positiv. Erprobte und zuverlässige Entwicklungswerkzeuge erlaubten es, den Blick auf die Funktionsentwicklung selbst zu richten. Besonders reizvoll ist die Kombination aus MicroAutoBox II und

Embedded PC, da sich hardwarenahe Anwendungen mit Echtzeitanforderungen und einer Vielzahl von IO-Schnittstellen realisieren lassen, ohne auf die Flexibilität eines PCs verzichten zu müssen. Im nächsten Schritt werden die Studenten der TU Kaiserslautern mit einem weiter optimierten Fahrzeug am Field Robot Event 2013 teilnehmen, welches an der Tschechischen Universität für Bio- und Umweltwissenschaften (CZU) in Prag stattfindet.

Roland Werner

Roland Werner betreut als wissenschaftlicher Mitarbeiter die Entwicklung des autonomen Fahrzeugs durch Studenten am Lehrstuhl für Mechatronik in Maschinenbau und Fahrzeugtechnik (Lehrstuhlleitung: Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller) der TU Kaiserslautern, Deutschland.

