

Markus Robert und Thorsten Lang

Entwicklung von simulationsgestützten Algorithmen für die Innenbewirtschaftungsrobotik

Steigender Kostendruck und wachsende Betriebsgrößen in der Milchviehwirtschaft bei gleichbleibender oder sogar rückläufiger Arbeitskapazität bieten Chancen für Automatisierungslösungen. Neben etablierten Technologien, wie automatischen Melksystemen oder Entmistungsrobotern, werden derzeit zunehmend auch autonome Fütterungssysteme eingesetzt. Um für zukünftige Systeme frühzeitig neue Sensorkonzepte und Algorithmen kosteneffektiv erproben zu können, bieten sich Simulationen an. Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geförderten Forschungsprojektes entwickelt das Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der TU Braunschweig in Zusammenarbeit mit zwei Industrieunternehmen sowie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ein neuartiges Steuerungssystem für einen Entmistungsroboter sowie einen autonom fahrenden Futtermischwagen auf Basis einer solchen Simulation.

Schlüsselwörter

Simulation, Robot Operating System, Roboter, autonomes Fahren

Keywords

Simulation, Robot Operating System, robot, autonomous driving

Abstract

Robert, Markus and Lang, Thorsten

Development of simulation based algorithms for livestock robots

Landtechnik 68(4), 2013, pp. 278–280, 3 figures, 2 references

Rising costs, increasing farm sizes and constant or even decreasing working capacity open up a wide field for automation solutions, especially in the field of dairy farming. Besides established technologies such as automatic milking systems or scraper robots also automatic feeding systems become more and more important. In order to test new sensor concepts and algorithms in an early state and a cost-effective

way, simulations offer a high potential. As part of a project founded by the German Federal Office for Agriculture and Food, the Institute for mobile Machines and Commercial Vehicles of the Technische Universität Braunschweig develops a new control system based on a simulation for a new generation of scraper robots and automated feeding robots in cooperation with two industrial companies and the Bavarian State Research Center for Agriculture.

■ Automatische Melkstände haben sich in den letzten Jahren zum Stand der Technik am Markt etabliert und werden aktuell von rund 10000 Betrieben weltweit eingesetzt [1]. Auch die Entmistung wird zusehends automatisiert und trägt zu einem verringerten Arbeitsaufwand bei. Eine häufiger durchgeführte Reinigung führt zu einer verringerten NH_3 - und Geruchsemission und möglicherweise zu verbesserter Klauengesundheit. Anders als stationäre Entmistungssysteme, die häufig an eine festgelegte Entmistungsachse gebunden sind, können mobile Roboterfahrzeuge auch Übergänge und schwer zugängliche Stellen erreichen. Die Roboter folgen fest einprogrammierten Routen und orientieren sich anhand von Odometrie, Inertialsensorik, Ultraschallmodulen, Transpondern oder mittels taktiler Sensoren. Anfangs- und Endpunkt einer Route bildet häufig die Ladestation des Fahrzeugs. Mithilfe eines an der Fahrzeugfront montierten Räumschildes wird der Flüssigmist durch die Schlitze des Spaltenbodens gedrückt.

Im Bereich der automatischen Fütterung wurden bislang überwiegend stationäre Systeme eingesetzt. Doch auch hier halten die ersten mobilen Robotersysteme Einzug, die sich wie Entmistungsroboter per Odometrie, Ultraschallsensorik oder über Leitdrähte, die im Boden eingelassen sind, bzw. über RFID-Tags orientieren. Das Futter wird in festgelegten Intervallen an einer zentralen Station aus Vorratsbehältern entnommen, vermischt und anschließend den Tieren vorgelegt. Zusätzliche mechanische Vorrichtungen an den Robotern schieben das Futter regelmäßig in den Fressbereich der Kühe zurück.

Um den Entwicklungsaufwand zukünftiger Roboter mit immer neuen Funktionen möglichst gering zu halten, bieten sich Simulationen an. Ziel ist es, neue Sensorkonzepte und Steuerungsalgorithmen der Fahrzeuge in einer dreidimensionalen virtuellen Umgebung abzubilden und deren korrekte Funktionsweise zu prüfen. Durch Störungen, die gezielt von außen zugeführt werden, kann das Fahrzeugverhalten auch in Ausnahmesituationen einfach überprüft werden. Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderten Forschungsprojektes mit zwei Industriepartnern und zwei Forschungseinrichtungen soll von der TU Braunschweig ein neuartiges Konzept für die Steuerung eines Reinigungsroboters und eines Futtermischwagens entworfen werden. Die Fahrzeuge sollen sich nicht nur entlang vorgegebener Bahnen, sondern innerhalb definierter Bereiche frei im Stall bzw. auf dem Hof bewegen können. Dazu ist vor allem die genaue Kenntnis der Umgebung und der eigenen Position essenziell. Zudem sollen möglichst viele Elemente der Steuerung jeweils für beide Fahrzeuge verwendet werden können.

Die beteiligten Industrieunternehmen entwickeln neue bzw. erweitern bestehende Fahrzeugkonzepte innerhalb des Projektes. Daneben überwacht die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) als Koordinator des Gesamtprojektes unter anderem die Einflüsse automatischer Fütterungssysteme auf die Futterqualität, die Tier-Technik-Interaktion sowie die korrekte Funktionsweise der Roboter.

Entwicklungsumgebung

Basis für die Entwicklung der Steuerungen bildet das Robot Operating System (ROS) [2]. Dieses auf Linux basierende Open-Source-Framework stellt Grundfunktionalitäten zur Datenverarbeitung bereit, wie beispielsweise eine Hardwareabstraktion, diverse Gerätetreiber oder standardisierte Nachrichtenformate. Daneben regelt es die Kommunikation zwischen einzelnen Softwarebausteinen, die in C/C++ bzw. Python entwickelt werden. Diese nach dem Publisher-Subscriber-Prinzip arbeitenden und als „Nodes“ bezeichneten Bausteine können Informationen bereitstellen oder Informationen anderer Nodes empfangen. Die Kommunikation zwischen den Nodes wird mittels TCP/IP realisiert. Dadurch bleibt der Informationsaustausch zwischen den Nodes nicht auf einen einzelnen Rechner beschränkt, sondern kann auf mehrere Rechner innerhalb eines Netzwerks bzw. über das Internet ausgeweitet werden. So lassen sich bei-



Abb. 1

Simulation eines Entmistungsroboters mit 3D-Kamera
Fig. 1: Simulation of a 3d-camera equipped mobile barn cleaner

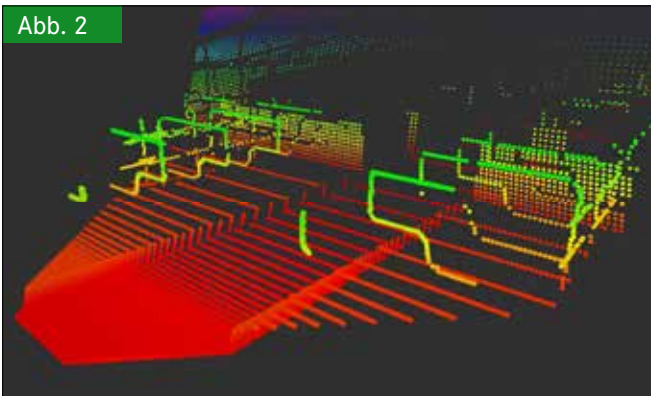
spielsweise rechenintensive Operationen auf leistungsfähigere Systeme auslagern, oder es können Daten von außen per Fernwartung abgerufen werden.

Neben ROS bildet die Open-Source-Software GAZEBO als eigenständige Simulationsumgebung den zweiten wichtigen Baustein innerhalb des Projektes. Die entworfenen virtuellen Fahrzeuge lassen sich per XML in GAZEBO einbinden. Dazu wird die Fahrzeugstruktur in die einzelnen beweglichen Elemente mit ihren entsprechenden Freiheitsgraden zerlegt. Anschließend können die Komponenten mit Massen, Flächenträgheitsmomenten, Reflektionsvermögen der Oberflächen sowie mechanischen Reibungsbeiwerten versehen werden. Über in C/C++ programmierte Plugins werden die Fahrzeuge zudem mit virtuellen Sensoren und Aktoren ausgerüstet. Die Fahrzeuge können anschließend in eine virtuelle Welt platziert werden, in der die Fahrzeuge interagieren. Die GAZEBO-Simulation stellt Informationen in Form von ROS-Nodes zur Verfügung bzw. liest Informationen zur Ansteuerung der Roboteraktoren ein. Somit wird der Simulationskreis geschlossen.

Fahrzeugabbildung

Ein mobiler Entmistungsroboter der Firma Prinzing wurde im Projekt als Simulationsmodell nachgebildet und in einem virtuellen Stall platziert (**Abbildung 1**). Neben odometrischen Sensoren sowie einer inertialen Messeinheit ist das Fahrzeug für zukünftige Anwendungen mit einer Time-of-Flight-Kamera ausgerüstet, die ein dreidimensionales Abbild der Umgebung liefert (**Abbildung 2**). Auf Basis dieser Daten und einer hinterlegten digitalen Stallkarte kann die eigene Position im Stall mithilfe der Monte-Carlo-Lokalisierung ermittelt werden. Bei diesem Verfahren ist die Ego-Position des Roboters zunächst unbekannt. Es werden alle Positionen innerhalb der Karte gesucht, an denen die aktuell empfangenen Sensordaten bestmöglich mit dem Kartenmaterial übereinstimmen. Diese Orte werden anschließend mit einer Aufenthaltswahrscheinlichkeit belegt. Durch Bewegung des Fahrzeuges und neue Sensordaten können nicht-plausible Positionen verworfen werden, um

Abb. 2



Virtuelle 3D-Kameradaten
Fig. 2: Virtual 3d-camera data

Abb. 3



Simulation des Futtermischwagens
Fig. 3: Simulation of the fodder mixing wagon

schließlich die Egoposition mit der größten Wahrscheinlichkeit zu ermitteln. Dadurch kann die aktuelle Position auch bei einem Datenverlust, z.B. durch einen Stromausfall oder eine äußere Störung, schnell neu berechnet werden. Manuelles Zurückfahren zum Startpunkt der Route entfällt. Das Fahrzeug muss bei bekannter Egoposition und Stallkarte nicht einer definierten Route folgen, sondern kann einzelne Punkte im Stall gezielt anfahren und reinigen. Über den Druck am Räumschild sowie aufgrund der Daten der Kamera lässt sich prinzipiell auch detektieren, welche Bereiche im Stall besonders schnell verschmutzen und häufiger gereinigt werden müssen. Das System wäre somit teilweise selbstlernfähig.

Ein aktueller Futtermischwagen der Firma Hirl wurde ebenfalls in die Simulation überführt (**Abbildung 3**). Neben der Odometrie und einer Inertialmesseinheit erfolgt die Positionierung im Stall und auf dem Hof über einen horizontal ausgerichteten 2D-Laserscanner am Kabinendach. Der Scanner erfasst die Umgebungskontur und sucht nach speziellen Reflexmarken, die im Innen- und Außenbereich an Gebäudeelementen angebracht sind. Die exakten Positionen der Marken sind in einer digitalen Karte hinterlegt. Um die Egoposition des Fahrzeugs zu ermitteln, werden die Daten der Karten mit den gemessenen Anordnungen und Distanzen zu den Marken abgeglichen. Ähnlich der Monte-Carlo-Lokalisierung kann die Position ermittelt werden.

Für einen höheren Komfort sollen in einem späteren Schritt die Reflexmarken durch ein lernendes System ersetzt werden. Bei diesem als Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) bezeichneten Verfahren erfasst der Scanner die Umgebungskonturen und erstellt daraus eine digitale Karte, in einem zweiten Schritt kann aus dieser Karte die eigene Position ermittelt werden. Somit kann später auf die Montage der Reflexmarken verzichtet werden.

Schlussfolgerungen

Zum aktuellen Zeitpunkt werden die für die Steuerung notwendigen Algorithmen bereits im Simulationsmodell erprobt. Parallel dazu werden reale Versuchsfahrzeuge entwickelt und mit entsprechender Sensorik und Rechenhardware ausgerüstet. Zudem werden neue mechanische Funktionen in die Fahrzeuge implementiert. Die Erprobung der Algorithmen auf den realen Versuchsfahrzeugen ist für Anfang 2014 geplant.

Literatur

- [1] Harms, J.; Wendl, G. (2012): Automatische Melksysteme - Trends, Entwicklungen, Umsetzung. In: 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. April 2012, S. 67-74
- [2] Quigley, M.; Conley, K.; Gerkey, B.; Faust, J.; Foote, T.; Leibs, J.; Wheeler R.; Ng, A. Y. (2009): ROS: an open-source Robot Operating System. In: IEEE International Conference on Robotics and Automation, Open-Source Software Workshop, IEEE, 17. Mai 2009, Kobe, Japan, <http://www.willowgarage.com/papers/ros-open-source-robot-operating-system>, Zugriff am 29.07.2013

Autoren

Dipl.-Ing. Markus Robert ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, **Prof. Dr.-Ing. Thorsten Lang** ist Leiter der Arbeitsgruppe Assistenzsysteme am Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der Technischen Universität Braunschweig (Institutsleiter: **Prof. Dr. Ludger Frerichs**), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig, E-Mail: markus.robert@tu-bs.de