

Anforderungen zukünftiger Einsatzszenarien an autonome Feldroboter

Der Landwirtschaft stehen große, schlagkräftige Maschinen zur Erledigung der Feldarbeit zur Verfügung. Die Erfahrungen bei der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung zeigen, dass etwa bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln die Verteilgenauigkeit vielfach noch nicht zufrieden stellt. Feldroboter sind ein viel versprechender Ansatz für mehr Präzision in der Landwirtschaft und für die Entlastung der Landwirte bei ihren Nachweispflichten. Sie müssen die Aufgaben wirtschaftlich und zuverlässig ausführen sowie anwenderfreundlich bedienbar sein. Es werden allgemeine Anforderungen an den Einsatz von autonomen Feldrobotern genannt und am Beispiel der Unkrauterfassung ein konkretes Einsatzszenario näher beleuchtet.

Dr.-Ing. Eckart Kramer und Jürgen Schwarz sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; e-mail: ekramer@atb-potsdam.de; jschwarz@atb-potsdam.de

Schlüsselwörter

Autonom, Feldroboter, Anforderungen

Keywords

Autonomous, field robots, demands

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04517 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Ein autonomer (Feld-) Roboter (AR) ist durch seine Fähigkeit gekennzeichnet, sich effektiv mit einer vorgegebenen Arbeitsumgebung auseinanderzusetzen, in der räumlich und zeitlich unerwartet Änderungen auftreten. Als Reaktion auf das Auftreten derartiger Situationen generiert der AR eigene Regeln und Entscheidungen (self-law making) und „handelt“ nach diesen. Diese Eigenschaft geht deutlich über die Selbstregelung von Mess- oder Arbeitsaufgaben hinaus [1].

Ein „voll“ autonomes Verhalten von Robotern wurde bisher nur im Labor realisiert. Änderungen in der Umgebung können mit der gegenwärtig realisierbaren „künstlichen Intelligenz“ und Sensortechnik nur bedingt wahrgenommen werden, weshalb wichtige Routinen meist vollständig programmiert und auf die vorherrschenden Randbedingungen abgestimmt werden [2].

Anforderungen an autonome Feldroboter

Eine besondere Herausforderung hierbei ist die Sicherheit autonomer Systeme, insbesondere für ihre Umwelt, aber auch gegen sich selbst. Deshalb werden sowohl aktuelle Versuchssysteme als auch zukünftig verfügbare AR noch für längere Zeit in einem semi-autonomen Modus unter menschlicher Aufsicht eingesetzt werden, um Erfahrungen zu sammeln, die für ihren sicheren Betrieb und zukünftige rechtliche Rahmenbedingungen erforderlich sind [3]. Gegenwärtige Entwicklungen der Steuerungs- und Kontrollsysteme für AR zielen darauf, den Überwachungsaufwand soweit zu senken, dass statt einem mehrere AR durch eine Person überwacht werden können. Hierfür werden verschiedene Ansätze wie etwa Master-Slave-Systeme [4] oder Systeme mit zentraler Fernüberwachung [5, 6, 7] verfolgt. Bei letzteren befindet sich zum Beispiel auf dem Hof ein Computer, der über Funk mit dem AR permanent verbunden ist und somit sowohl die Kontrolle und Eingriffe in die Steuerung sowie den Datenaustausch und Bildempfang sichert.

Nach Einführung der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung mit schlagkräftigen Maschinensystemen liegen die Erwartungen

an autonome Feldroboter zum einen in einer noch kleinräumigeren Bewirtschaftung bis hin zur individuellen Betreuung von Einzelpflanzen, die auch als „phytotechnology“ bezeichnet wird [8]. Zum anderen sollen AR Daten und Informationen schneller beschaffen, die für die zunehmend wissensbasierten Entscheidungen in der Landbewirtschaftung benötigt werden. Durch die Ausführung von Überwachungsaufgaben auf dem Feld und die unmittelbare Aufbereitung der Daten für das Betriebsmanagement können umweltbezogene und ökonomische Aspekte stärker berücksichtigt [9, 10] sowie zukünftig auch die Nachweisführung im Betrieb vereinfacht werden [3, 11].

Neben umfangreichen Sicherheitsroutinen sind Algorithmen zum selbständigen Lernen sowie eine benutzerfreundliche Gestaltung der Kontrolle und Steuerung über den dezentralen Leitstand weitere essentielle Anforderungen an AR. Kein Landwirt wird einen eigenen Spezialisten für die Bedienung einstellen wollen [4, 12].

Letztendlich müssen AR wirtschaftlich arbeiten, dem Landwirt dürfen also keine Mehrkosten für die ausgeführten Arbeitsgänge entstehen. Hierzu sind geeignete Einsatzgebiete zu identifizieren.

Einsatzszenarien für autonome Feldroboter

Aus technischer und ökonomischer Sicht werden AR die Akzeptanz der Landwirte erreichen, wenn sie in Bezug zur aktuellen Technik zumindest einen Arbeitsgang bei vergleichbaren spezifischen Kosten erledigen und darüber hinaus zusätzliche Aufgaben wie etwa bei der Managementunterstützung übernehmen. Dies ist trotz der geringeren „Schlagkraft“ von AR möglich, wenn für ausgewählte Arbeitsgänge durch den kontinuierlichen Einsatz des AR ein größeres Zeitfenster zur Verfügung steht [3, 11]. Die Entwicklung wird also „leider“ nicht zu einem Universalroboter führen, der von der Bodenbearbeitung bis zur Ernte alle notwendigen Arbeiten erledigt. Es werden auf ausgewählte Arbeitsgänge spezialisierte Roboter entstehen, die sich konzeptionell und konstruktiv unterscheiden. Es sollten jedoch

weitgehend modulare Konzepte angestrebt werden, um bestimmte Sub-Systeme, beispielsweise für die Datenübertragung oder den Fahrtrieb in verschiedenen AR zu verwenden.

Als Einsatzgebiete für AR werden unter anderem die Unkrautbekämpfung [13,14, 15, 16, 17] sowie die selektive Ernte von Obst und Gemüse [18, 19, 20] intensiv diskutiert. In diesen Bereichen sind beachtliche Erfolge bei der Entwicklung einzelner leistungsfähiger Sub-Systeme zu verzeichnen, ohne dass bisher ein kommerziell erfolgreiches (semi-) autonomes System realisiert werden konnte [21].

Zusätzliche von AR übernehmbare Aufgaben ergeben sich insbesondere bei der Überwachung von Pflanzenbeständen oder zukünftig bei der Datenerhebung und -verarbeitung für die betriebliche Nachweisführung. Die aktuelle Gesetzgebung zum Nachweis der guten fachlichen Praxis [22, 23], zur Rückverfolgbarkeit und zur Umsetzung der Cross Compliance [24], bei der die Zahlungen an Landwirtschaftsbetriebe an die Einhaltung verbindlicher Vorschriften in Bezug auf die Flächen, die Erzeugung und die Tätigkeit geknüpft werden, bieten hierfür ebenso konkrete und vielfältige Ansätze wie die Nachweispflichten verschiedener Qualitätsprogramme. Ein vertiefender Beitrag zu den Dokumentations- und Nachweispflichten der Landwirte erscheint in Heft 1/2005 dieser Zeitschrift.

Beispiel Unkrautkontrolle

Im Fokus sowohl der Landwirte als auch der Forschung ist die pflanzenbezogene Erkennung und Bekämpfung von Unkräutern durch mechanisches Hacken oder Spritzen von Einzelpflanzen. Wird ein AR mit einem Sensorsystem ausgestattet, das Unkräuter bereits im Keimblattstadium erkennt [17, 25], kann er diese schon vor ihrer bestandsgefährdenden Ausbreitung und dem Erreichen einer Schadschwelle beseitigen. Es ist anzunehmen, dass sich mit einer Konfiguration zum Spritzen der Pflanzenschutzmittelsatz um bis zu 75 % [26] und in besonders günstigen Fällen um bis zu 92 % [17] reduzieren lässt.

Betrachtet man die Größe bisheriger Versuchs- und Forschungsmuster für derartige Roboter, dann ist zu erwarten, dass ein einsatzfähiges System etwa die Größe eines kleinen Portaltraktors bei einer Antriebsleistung bis 15 kW haben kann. Das geringere Gewicht lässt eine entsprechend niedrigere Bodenverdichtung erwarten. Es gibt Annahmen, die bei einem durchgängigen Ersatz der aktuellen schweren Technik durch leichtere Systeme Einsparungen von bis zu 70 % des bisherigen Energiebedarfs prognostizieren,

der durch die bisher erforderliche Auflockerung des Bodens entsteht [8].

Mit dem im Vergleich zur konventionellen Technik leistungsschwächeren Roboter wird im verfügbaren größeren Zeitfenster eine wiederholte Unkrautregulierung möglich.

Außerdem wird durch das System der geforderte örtliche und zeitliche Nachweis der durchgeführten Maßnahmen realisiert. Bei der Applikation von Spritzmitteln erfolgt zusätzlich die Aufzeichnung der verwendeten Mittel, der Aufwandmenge, der kumulierten Unkrautdichte und gegebenenfalls der gesetzlichen Wartezeiten. Durch das wiederholte Patrouillieren auf der vorgegebenen Fläche lassen sich mit dem AR weitere Aufgaben realisieren wie etwa die Überwachung und Aufzeichnung des Auftretens von Pflanzenkrankheiten und ihre zeitgleiche Bekämpfung oder die Kontrolle und Aufzeichnung unerwünschter Stoffeinträge (zum Beispiel illegale Abfallentsorgung).

Mit Bezug auf die Cross Compliance [24] tragen AR zum „Erhalt der Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand“ bei, weil unerwünschte Vegetation vermieden, die Aufwandmenge reduziert und durch das geringe Gewicht die Bodenstruktur geschont werden.

Aus diesem am betrieblichen Bedarf orientierten Ansatz lässt sich in einem interdisziplinären Team unter der Mitwirkung von Landwirten ein Konzept für einen „virtuellen“ modularen autonomen Feldroboter für die Unkrautbeseitigung durchgängig und konsequent entwickeln. Aufgabenspektrum, Flächenleistung und Zeitfenster sind dabei einige der Basisdaten, aus denen die Anforderungskriterien für solch einen Roboter und somit die Leistungsparameter seiner

vielen Sub-Systeme abgeleitet werden. Mit Hilfe der dabei formulierten technischen und konstruktiven Anforderungen lassen sich die gegenwärtig verfügbaren Sub-Systeme bewerten und weiterer Entwicklungsbedarf definieren. Es wird geschätzt, dass mit dem erreichten technischen Entwicklungsstand ein praxisrelevanter Prototyp eines autonomen Feldroboters von einem personell und materiell adäquat ausgestatteten Team mittelfristig realisiert werden kann. Wichtige Komponenten sind aus den Bereichen des Automobilbaus, der Industrierobotik, der Raumfahrt, der Mechatronik und der Medizintechnik zu erwarten, weshalb gegenwärtig auch diese Disziplinen stärker für die Thematik sensibilisiert werden [3, 7, 20].

Für die Datenerfassung im ländlichen Raum wird am Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) das Konzept MASAS (Mobile Autonomous Sensing and Acting System) entwickelt [7], siehe *Bild 1*. Das Basissystem besteht aus einer Leitstation und der mobilen Plattform (field scout), zwischen denen unter Nutzung von Ortungs- und Nachrichtensatelliten sowie Funkverbindungen Befehle und Informationen ausgetauscht und verarbeitet werden. Das Forschungsmuster dient der Entwicklung und dem Test einzelner Sub-Systeme für Grundfunktionen wie die Daten- und Bilderfassung (sensing), die bidirektionale drahtlose Daten- und Befehlsübertragung (data transfer) und für die Ausführung begrenzter Handlungen auf niedrigem Stoff- und Energieniveau (acting). Der Entwicklungsstand einer mobilen Plattform als Bestandteil des modularen Konzepts wird anhand eines Forschungsmusters in der nächsten Ausgabe der LANDTECHNIK ausführlicher vorgestellt.

Bild 1: Das Konzept MASAS für die Informationsbeschaffung im ländlichen Raum

Fig. 1: The MASAS concept for information supply in rural areas

