

## ROS-basiertes Validierungskonzept für Sicherheitskonzepte von autonomen Agrarroboter

Christian Meltebrink<sup>1</sup>, Andreas Linz<sup>2</sup> und Arno Ruckelshausen<sup>3</sup>

**Abstract:** Für autonome Agrarroboter existieren noch keine speziellen Normen. Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen können nur anhand von bestehenden Normen und Normentwürfen aus verschiedenen Teilbereichen definiert werden. Aus diesem Grund werden Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen am Beispiel der Kollisionsvermeidung mit sicherheitsrelevanten Objekten vorgeschlagen. Validierungsmethoden werden für die Sicherheitsanforderungen des Roboters erarbeitet. Ein Validierungskonzept wird durch diese Methoden anhand von Stationen entwickelt. Dieses Konzept ist durch weitere Stationen beliebig erweiterbar. Eine verteilte Softwarearchitektur koordiniert durch einen Validierungsmaster das Validierungskonzept mit seinen einzelnen Stationen. Es basiert auf dem Softwareframework „ROS“.

**Keywords:** Sicherheitsanforderungen, Validierung, autonome Agrarroboter, ROS.

### 1 Einleitung

Im Agrarbereich wächst der Automatisierungsgrad der Maschinen. Es wird bereits an hoch-automatisierten Maschinen und an Agrarrobotern geforscht [Gr09], [Li14]. Dennoch existieren keine speziellen Normen für die neuen Anwendungsfelder. Aus diesem Grund werden in einer Abschlussarbeit [Me15] unter anderem Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen für die Kollisionsvermeidung der Agrarroboter mit sicherheitsrelevanten Objekten erarbeitet. Im Allgemeinen muss ein Agrarroboter bei der Detektion einer möglichen Gefährdung in einen sicheren Zustand wechseln. Somit ist für den Sicherheitshalt beispielsweise die Anforderung, den Roboter sicher in den Stillstand zu versetzen. Die Vermeidung von Gefährdungen durch Kollisionen werden im Folgenden anhand von bestehenden Normen vorgestellt. Durch diese Schutzmaßnahmen soll das Risiko für die Entstehung einer Gefährdung verringert werden. Darüber hinaus werden Validierungsmethoden zur Überprüfung der Reaktionen und Aktionen bei einer entstehenden Gefährdung durch eine Kollision des Agrarroboters mit einem sicherheitsrelevanten Objekten definiert. Um eine automatisierte Validierung mit weiteren Validierungsmethoden zu ermöglichen, wird ein ROS-basiertes Validierungskonzept vorgestellt. Durch den Einsatz des „Robot Operating System“ (ROS) sind erste Tests von Validierungsmethoden in einer Robotersimulation und die anschließende Portierung in die Realität möglich.

---

<sup>1</sup> B. Strautmann & Söhne GmbH u. Co.KG, Bad Laer, C.Meltebrink@Strautmann.com

<sup>2</sup> Hochschule Osnabrück, Osnabrück, A.Linz@hs-osnabrueck.de

<sup>3</sup> Hochschule Osnabrück, Osnabrück, A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

## 2 Grenzen des Betriebsraums

Laut der Norm DIN EN ISO 13482 für persönliche Assistenzroboter [DIN14] können Betriebsraumbegrenzungen für eine Risikominderung notwendig sein. In Abbildung 1 werden die Betriebsraumbegrenzungen für einen autonomen Agrarroboter definiert.

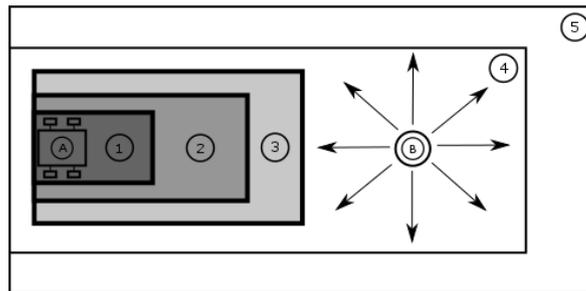


Abb. 1: Betriebsraumbegrenzungen eines autonomen Agrarroboters [Me15]

Durch den maximalen Raum (5) wird der Raum definiert, in dem ein Roboter (A) sich maximal aufhalten darf. Durch den eingeschränkten Raum (4) kann für den Roboter ein aufgabenspezifischer Raum definiert werden. Dabei können durch weitere Softwaregrenzen ein überwachter (3), ein geschützter (2) und ein Sicherheitshaltraum (1) definieren werden. Im überwachten Raum müssen sicherheitsrelevante Objekte (B) überwacht werden können. Befindet sich ein sicherheitsrelevantes Objekt im geschützten Raum, muss auf das Objekt reagiert werden. Die Reaktion kann eine sichere Geschwindigkeitsminderung oder ein Ausweichen darstellen. Die Softwaregrenze des Sicherheitshaltraums muss den Abstand zum Objekt definieren, der bei der aktuellen Geschwindigkeit des Roboters mit Höchstlast einen Sicherheitshalt ermöglicht. Der damit verbundene einzuhaltende Sicherheitsabstand ist nach der Norm DIN EN ISO 13855 [DIN10] zu bestimmen, die unter anderem Vorgaben für die Anordnung und Sicherheitsabständen von berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen definiert [DIN14].

## 3 Validierung der Kollisionsvermeidung

Bei der Validierung der Kollisionsvermeidung soll überprüft werden, ob das Verhalten des Agrarroboters bei der Detektion von sicherheitsrelevanten Objekten im autonomen Betrieb den definierten Sicherheitsanforderungen entspricht. Für den Testaufbau soll ein Vorschlag des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) [Ja13] verwendet werden. Der vorgeschlagene Testaufbau ist in Abbildung 2 dargestellt. Die beweglichen Prüfkörper (zwei Prüfkörper 5 der Norm DIN EN ISO 13856-3:2006 [DIN13]) sollten eine gleichförmige Bewegung mit einer Annäherungsgeschwindigkeit, gemäß der Vorgabe der Norm DIN EN ISO 13855 [DIN10], von 1600mm/s ausführen.

Die Distanz, über die sich der Roboter und die Hindernisse bewegen, muss in einer Risikobeurteilung den Anforderungen an den Agrarroboter entsprechend definiert werden. Der Versuch ist in vier Teilversuche aufgeteilt, die jeweils dreimal für zwei definierte Oberflächenzustände getestet werden müssen. Der Roboter muss Bewegungen des sicherheitsrelevanten Objektes aus unterschiedlichen Richtungen erkennen und mit einem ausreichenden Sicherheitsabstand (zu berechnen nach [DIN10] für Schutzfelder parallel zur Annäherungsrichtung) ausweichen, um zur Zielposition zu gelangen. Das Einhalten eines Sicherheitsabstandes bei einem statischen sicherheitsrelevanten Objekt (Prüfkörper des Normentwurfes DIN EN ISO 18497:2015 [DIN15]) in der Fahrbahn des Roboters wird ebenfalls validiert. Ein Anfahren des Roboters darf nur erfolgen, wenn der Sicherheitsabstand zu den Objekten eingehalten wird.

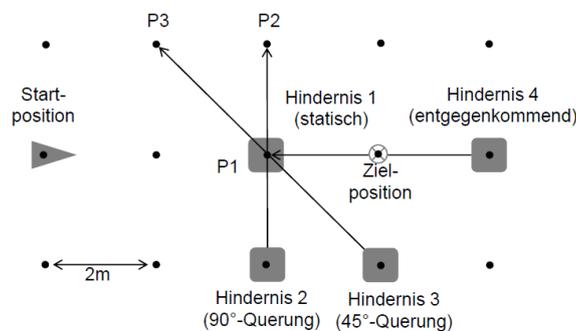


Abb. 2: Testaufbau zur Validierung der Kollisionsvermeidung [Ja13]

## 4 ROS-basiertes Validierungskonzept

Für die Organisation einzelner Validierungsmethoden im gesamten Validierungskonzept wird eine Softwarearchitektur entwickelt. Die Softwarearchitektur basiert auf dem Softwareframework „Robot Operating System“ (ROS)<sup>4</sup> und dementsprechend auf verschiedenen verteilten Knoten (Prozesse). Ein Validierungsmaster (eigener Knoten) ist für die Koordinierung des Validierungsprozesses zuständig. Einzelne Stationen in separaten Knoten können für den Validierungsprozess beim Validierungsmaster angemeldet werden. Dadurch ist eine beliebige Zusammensetzung des Validierungskonzeptes anhand von mehreren Validierungsstationen mit unterschiedlichen Validierungsmethoden möglich. Die zuvor beschriebenen Validierungsmethoden der Kollisionsvermeidung werden in einer eigenen Station umgesetzt. Zur Beobachtung und Auswertung des Agrarroboterverhaltens werden zwei 2D-Laserscanner eingesetzt, deren Messdaten in dem Stationsknoten ausgewertet werden. Durch das flexible Softwarekonzept ist eine beliebige Erweiterung des Validierungskonzeptes durch weitere Stationen möglich.

<sup>4</sup> <http://www.ros.org/>

## 5 Fazit

Anhand von bestehenden Normen und Normentwürfen werden Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen für die Kollisionsvermeidung dargestellt und Validierungsmaßnahmen vorgeschlagen. Als Schutzmaßnahmen für Kollisionen ist der Einsatz von Betriebsgrenzen nach der Norm DIN EN ISO 13482 [DIN14] ein möglicher Ansatz. Durch den vorgeschlagenen Testaufbau des Fraunhofer-Instituts [Ja13] kann die Kollisionsvermeidung validiert werden. Das ROS-basierte Validierungskonzept kann als ein Ansatz für einen automatischen Prüfstand für Agrarroboter angesehen werden. Anhand einer Robotersimulation kann die Realisierbarkeit der entwickelten Validierungsstationen getestet werden, doch ist eine reale Validierung anstrebenswert.

## Literaturverzeichnis

- [DIN10] Deutsches Institut für Normung e.V. Sicherheit von Maschinen - Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen (ISO 13855:2010); Deutsche Fassung EN ISO 13855:2010. Okt. 2010.
- [DIN13] Deutsches Institut für Normung e.V. Sicherheit von Maschinen – Druckempfindliche Schutzeinrichtungen - Teil 3: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltpuffern, Schaltflächen, Schaltleinen und ähnlichen Einrichtungen (ISO 13856-3:2013); Deutsche Fassung EN ISO 13856-3:2013. Dez. 2013.
- [DIN14] Deutsches Institut für Normung e.V. Roboter und Robotikgeräte – Sicherheitsanforderungen für persönliche Assistenzroboter (ISO 13482:2014); Deutsche Fassung EN ISO 13482:2014. Feb. 2014.
- [DIN15] Deutsches Institut für Normung e.V. Landwirtschaftliche Maschinen und Traktoren - Sicherheit hochautomatisierter Maschinen (ISO/DIS 18497:2014); Deutsche Fassung prEN ISO 18497:2014. März 2015.
- [Gr09] Griepentrog, H. W.; Andersen, N. A.; Andersen, J. C.; Blanke, M.; Heinemann, O.; Nielsen, J.; Pedersen, S. M.; Madsen, T. E. und Wulfsohn, D. „Safe and reliable: further development of a field robot“. In: 7th European Conference on Precision Agriculture (ECPA). Bd. 7. Wageningen, Netherlands; Wageningen Academic Publishers, 2009, S. 857–866.
- [Ja13] Jacobs, T.: Validierung der funktionalen Sicherheit bei der mobilen Manipulation mit Servicerobotern - Anwenderleitfaden. Fraunhofer- Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Sep. 2013.
- [Li14] Linz, A.; Hertzberg, J.; Ruckelshausen, A.; und Wunder, E.: Autonomous Service Robots For Orchards And Vineyards: 3D Simulation Environment Of Multi Sensor-Based Navigation And Applications. In 12th International Conference on Precision Agriculture, ISPA International Society of Precision Agriculture, Ed., Sacramento, CA, USA, 2014.
- [Me15] Meltebrink, C.: „ROS-basiertes Validierungskonzept für autonome Agrarroboter“. Hochschule Osnabrück, 2015.