

## Bestimmung der Pose von Rundballen mit einem LIDAR und 3D-Objektlokalisierungsalgorithmus

### Untersuchungen zur Erkennung der Pose von Rundballen mit Hilfe eines LIDAR - basierten Systems in Kombination mit einem 3D-Objektlokalisierungsalgorithmus

Christian Aschauer<sup>1</sup>, Daniel Szügyi<sup>1</sup>, Johannes Landrichinger<sup>2</sup>, Lukas Bruckner<sup>1</sup>, Bernhard Traxler<sup>1</sup>, Harald Bauer<sup>3</sup> und Andreas Gronauer<sup>1</sup>

**Abstract:** Die Automatisierung ist aus der Landwirtschaft nicht mehr wegzudenken. Eine automatisierte Handhabung erfordert geeignete Messsysteme zur Erkennung der Lage und Orientierung der Handhabungsobjekte. Mit dieser Information können diese gegriffen und bewegt werden. Mit einem Messsystem bestehend aus einem 2D-Laserscanner, einer Berechnungssoftware und einem 3D-Objektlokalisierungsalgorithmus wurde untersucht, wie groß die Abweichung zwischen einem realen Objekt (Istpose) und dem gemessenen Objekt (Modellpose) ist. Je kleiner diese Abweichungen sind, desto besser ist das System geeignet. Als reale Objekte kamen Rundballen aus Stroh zum Einsatz welche in neun unterschiedlichen Positionen platziert und vermessen wurden. Zur Erzeugung einer 3D-Punktwolke wurde der Scanner an einem Hängedrehkran befestigt und entlang der Laufbahn in 6,8 m Höhe oberhalb der Rundballen bewegt. Die ermittelten Abstände zwischen Istpose und Modellpose erreichen Werte von 2,7 cm bis 53,9 cm. Die Winkelabweichungen erreichen Werte von 0,21 ° bis 36,55 °.

**Keywords:** Light Detection and Ranging (LIDAR), Rundballen, 3D-Objekterkennung,

## 1 Einleitung

Der Einsatz von Automatisierungstechnik verspricht die Durchführung von Aufgaben durch Maschinen. Die Erkennung von Objekten für die Automatisierung von Prozessen wurde mit unterschiedlichsten Sensortechnologien in verschiedensten Anwendungen, wie zum Beispiel bei der Ernte von Broccoli [Ku17], zur Erkennung von Früchten [Ka12] oder für die Navigation am Feld [We11] untersucht. Aktuelle Trends zur 3D-Objekterkennung finden sich in [Ha17]. Im landwirtschaftlichen Bereich ist meist zusätzlich zu einer Transportfunktion auch die gezielte Handhabung von Objekten gefordert. Objekte wie Heu, Gras oder Stroh in Ballenform müssen dabei erfasst und transportiert und definiert abgelegt werden. Dazu kommen unterschiedlichste Maschinen und auf das Gut abgestimmte

---

<sup>1</sup> Universität f. Bodenkultur, Institut f. Landtechnik, Peter-Jordan Straße 82 A-1190 Wien.christian.aschauer@boku.ac.at

<sup>2</sup> Lasco Heutechnik GesmbH, Lascostraße 1, A-4891 Pöndorf

<sup>3</sup> Profactor GesmbH, Im Stadgut A2, A-4407 Steyr-Gleink

Werkzeuge zum Einsatz. Für einen automatischen Handhabungsvorgang, z.B. Beladen eines Anhängers, muss das Objekt selbst und dessen Pose<sup>4</sup> erkannt werden. Mit dieser Information kann das Objekt gegriffen und bewegt werden. Das automatisierte Greifen von ungeordneten Objekten ist eine anspruchsvolle Aufgabe welche in der Automatisierungstechnik als „Griff in die Kiste“ bekannt ist [Ke79]. Zur messtechnischen Erfassung von Szenen können unter anderem laufzeitbasierte Laserscanner (LIDAR-Light Detection and Ranging) eingesetzt werden. In den aus Messungen generierten Punktwolken müssen mit Hilfe von Softwarealgorithmen die Posen der gesuchten Objekte ermittelt werden. Möglichkeiten dazu bieten für den industriellen Einsatz konzipierte Softwareprogramme.

## 2 Fragestellung

Während im industriellen Bereich der Fabrikautomation der Griff in die Kiste mit geeigneten Sensor- und Robotersystemen bereits erfolgreich umgesetzt wird, stellt sich die Frage, ob diese Systeme auch im landwirtschaftlichen Bereich anwendbar sind. Anhand von Experimenten wurde die Eignung mit Hilfe unterschiedlicher Konfigurationen untersucht.

## 3 Material und Methoden

Für die Lokalisierung von Objekten in den 3D-Messdaten (Punktwolken) wurde die Software Candelor (Version 15.6-886) verwendet. Der verwendete randomized global Object localization-Algorithmus (RANGO) vom Hersteller Profactor basiert auf dem random sample consensus-Algorithmus (RANSAC) [Ak16]. Zur Lokalisierung von Objekten benötigt die Software als Input ein Referenzobjekt im STL-Format. Die Referenzobjekte wurden mit einem 3D-CAD Programm erstellt und im STL-Format exportiert. Die Erzeugung der Punktwolke erfolgt mit Hilfe eines 2D-Laserscanners des Typs LMS111 der Firma Sick. Die Winkelauflösung des Laserscanners beträgt  $0,25^\circ$  bei einer Scanfrequenz von 25 Hertz. Zur Generierung einer 3D-Szene wurde der Laserscanner in einer Höhe von 680 cm an der Unterseite eines Hängedrehkrans montiert (Abb.1 Mitte). Die Position in Bewegungsrichtung des Scanners wurde mit einem absoluten Positionsgeber (Pepperl + Fuchs WCS3B-LS410H) gemessen. Die Messdaten des Laserscanners wurden mit Hilfe der Software SOPAS (Fa. Sick AG) aufgezeichnet. Die Umrechnung der Messdaten vom lokalen Scanner-Polarkoordinatensystem in das kartesische Weltkoordinatensystem erfolgte mit einem eigens entwickelten Script in MATLAB<sup>TM</sup>. Die Scan-Bewegung in Richtung der Y-Achse erfolgte durch den Kran welcher mit einer Funkfernsteuerung manuell bedient wurde.

---

<sup>4</sup> Eine Pose ist die Kombination von Position und Orientierung im dreidimensionalen Raum (DIN EN ISO 8373)

Als Objekte wurden Rundballen aus Stroh mit einem Durchmesser von 135 cm und einer Länge von 130 cm verwendet. Die Ausrichtung der Rundballen erfolgte anhand der Rotationsachse in den Hauptkoordinatenrichtungen (X,Y,Z).

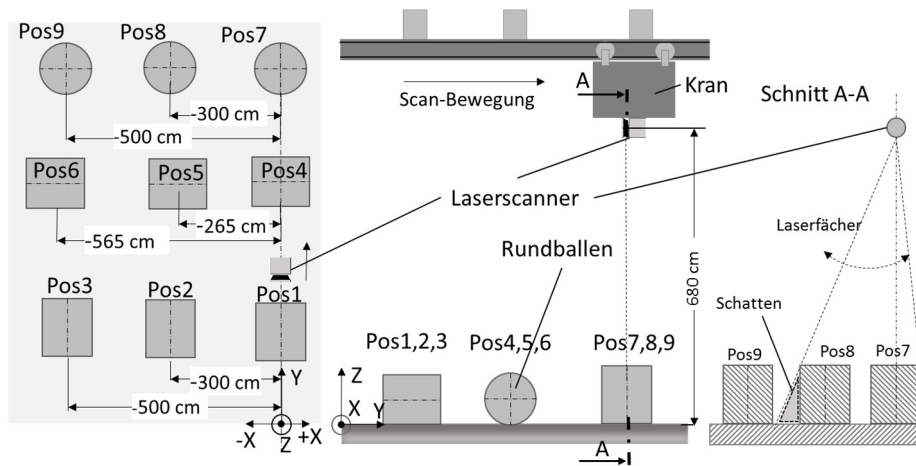


Abb. 1: Ablagepositionen (links), experimentelles Setup (Mitte) und Verschattung (rechts)

Die Istposen der Rundballen wurden mit einem Maßband und einem Raster am Boden eingemessen. Zur Evaluierung des Systems wurde ein Ballen in neun unterschiedlichen Posen abgelegt (Siehe Abb.1 links), mit dreifacher Wiederholung die Szene gescannt und eine Modellpose berechnet. Die Vergleichsrechnungen der Istpose mit der Modellpose wurden in MS-Excel™ durchgeführt.

#### 4 Ergebnisse und Ausblick

Mit Hilfe des beschriebenen Messsystems wurde die Istpose von Rundballen mit einer messtechnisch erfassten Modellpose verglichen. Die Abweichungen sind in Abb. 2 zusammengefasst. Die auffälligen Abweichungen in Ablageposition 8 entstehen durch das Messprinzip des Laserscanners und dem verwendeten Algorithmus zur Erzeugung der Punktwolke. Durch Interpolation werden Punkte im Schatten der Objekte berechnet, die zu einer Verschlechterung der Objektlokalisierung führten.

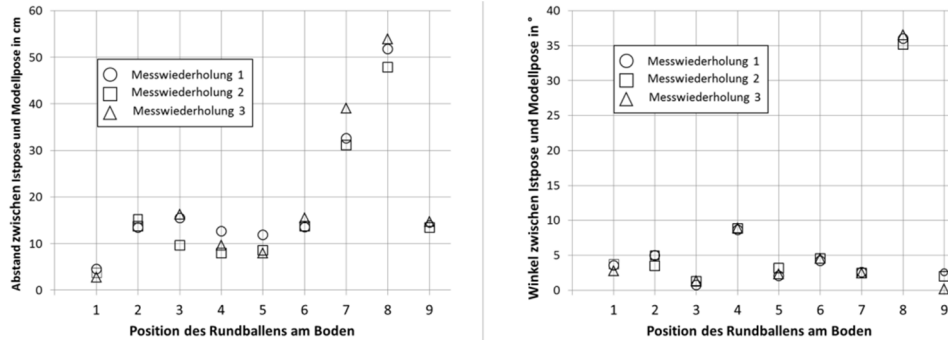


Abb. 2: Abweichungen zwischen Istpose und Modellpose

Die einfachen Versuche mit einzelnen Rundballen zeigen, dass abhängig von der Ablageposition und Orientierung der Ballen, die Abweichungen eine Größe von wenigen Zentimetern bis zu einem halben Meter erreichen können. Um Rundballen automatisiert zu greifen, muss die aktuelle Pose ermittelt werden und danach der Endeffektor des Handhabungsgerätes in Greifposition gebracht werden. Die notwendige Genauigkeit des Messsystems zur Bestimmung der Lage des Objekts ist daher auch abhängig von der Positioniergenauigkeit und dem Öffnungswinkel des Endeffektors (Bsp. Ballenzange). Autonome Systeme zur Handhabung von landwirtschaftlichen Stückgütern werden in weitaus schwierigeren Situationen funktionieren müssen. In weiteren Versuchen sollen deshalb Sensorsysteme in komplexeren Situationen (bspw. Haufwerk) getestet und weiterentwickelt werden.

#### Literaturverzeichnis

- [Ku17] Kusumam, K.: 3D-vision based detection, localization, and sizing of broccoli heads in the field. *Journal of Field Robotics*, 34(8) S. 1505–1518, 2017
- [Ka12] Kapach, K.: Computer vision for fruit harvesting robots – state of the art and challenges ahead. *Int. J. Computational Vision and Robotics*, 3(1), S. 4-34, 2012
- [We11] Weiss, W.; Biber, P.: Plant detection and mapping for agricultural robots using a 3D LIDAR sensor. *Robotics and Autonomous Systems*, 59(5), S. 265-273, 2011
- [Ha17] Hashimoto, M.: A Survey and Technology Trends of 3D Features for Object Recognition. *Electronics and Communications in Japan*, 100 (11), S. 1038-1046, 2017
- [Ke79] Kelley, R.: A robot system which feeds workpieces directly from bins into machines. *Society of Manufacturing Engineers*, 1979
- [Ak16] Akkaladevi, C.: Real-time tracking of rigid objects using depth data. In (Niel, Kurt; Roth, Peter Hrsg.): *Proc. OAGM & ARW Joint Workshop on "Computer Vision and Robotics"*, Wels Campus 2016, TU Graz, S. 97-104, 2016