

Entwicklung eines Mehrkamarasystems zur 3D-Objektlokalisierung

Konzipiert für die robotergestützte Unkrautbehandlung in der Landwirtschaft

Diplomandin



Jana Putzi

Einleitung: Der zunehmende Einsatz autonomer Systeme in der Landwirtschaft eröffnet neue Möglichkeiten für eine nachhaltige und ressourcenschonende Unkrautbekämpfung. Voraussetzung für eine gezielte Behandlung ist die präzise Erkennung und dreidimensionale Lokalisierung einzelner Pflanzen. Kamerabasierte Mehrkamarasysteme bieten hierfür grosses Potenzial. Ziel dieser Bachelorarbeit war die Entwicklung eines Mehrkamarasystems zur kamerabasierten 3D-Objektlokalisierung als Grundlage für die robotergestützte Unkrautbehandlung. Das entwickelte System wurde in das autonome Feldfahrzeug (Open Field Automation, OFA) des Instituts für Intelligente Systeme und Smart Farming integriert und stellt die Positionsdaten für einen SCARA-Roboter zur selektiven Unkrautbehandlung bereit.

Vorgehen: Ausgehend von den definierten Anforderungen wurde zunächst ein geeignetes Mehrkamarasystem konzipiert. Hierzu wurden die Kameras und Objektive basierend auf Berechnungen ausgewählt sowie die räumliche Anordnung und Ausrichtung der Kameras zur Gewährleistung eines geeigneten Sichtfelds, Arbeitsbereichs und einer ausreichenden Überlappung der Bildbereiche ausgelegt. Basierend auf diesen Parametern wurde eine Halterung aus Aluminiumprofilen konstruiert und am autonomen Feldfahrzeug montiert. Die Kameras wurden mithilfe verstellbarer Kamerahalter befestigt, um ihre Ausrichtung präzise einzustellen. Anschliessend wurden die Kameras in Betrieb genommen.

Darauf aufbauend wurde eine Vision-Pipeline in Python entwickelt, die die gesamte Verarbeitungskette von der Bildaufnahme bis zur Berechnung dreidimensionaler Objektkoordinaten umfasst. Die Pipeline umfasst die synchrone Bildaufnahme, die intrinsische und extrinsische Kamerakalibrierung, die Detektion von ArUco-Markern, die Bestimmung korrespondierender Bildmerkmale sowie die Triangulation zur Rekonstruktion der 3D-Positionen. Abschliessend erfolgt die Transformation der berechneten Objektkoordinaten in das Koordinatensystem des Roboters als Grundlage für dessen spätere Ansteuerung.

Zur Bewertung der entwickelten Lösung wurden verschiedene Laborversuche durchgeführt. Dabei wurden unter anderem die Wiederholgenauigkeit der Triangulation, der Einfluss unterschiedlicher Beleuchtungs- und Distanzbedingungen sowie die grundsätzliche Eignung des Systems für die präzise 3D-Lokalisierung untersucht.

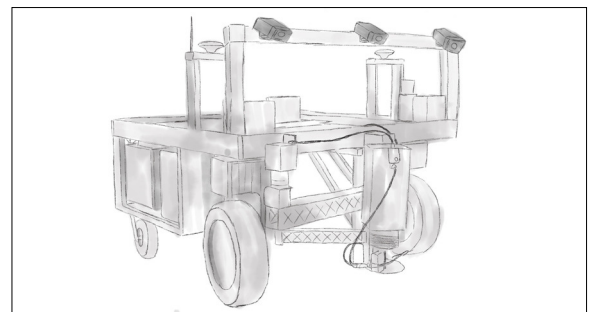
Fazit: Das entwickelte Mehrkamarasystem ermöglicht eine zuverlässige und reproduzierbare 3D-Lokalisierung unter kontrollierten Laborbedingungen.

Die experimentellen Untersuchungen zeigten eine hohe Konsistenz der berechneten 3D-Koordinaten und bestätigten die Eignung des Systems für die präzise Objektlokalisierung. Gleichzeitig wurde deutlich, dass insbesondere ungünstige Beleuchtungsverhältnisse und unvollständige Kamerasicthen die Lokalisierungsqualität beeinträchtigen können. Die Arbeit zeigt die technische Machbarkeit einer kamerabasierten 3D-Lokalisierung für landwirtschaftliche Anwendungen und schafft eine Grundlage für zukünftige Erweiterungen, beispielsweise durch die Integration einer machine-learning-basierten Pflanzenerkennung sowie einer automatisierten Roboteransteuerung zur selektiven Unkrautbehandlung.

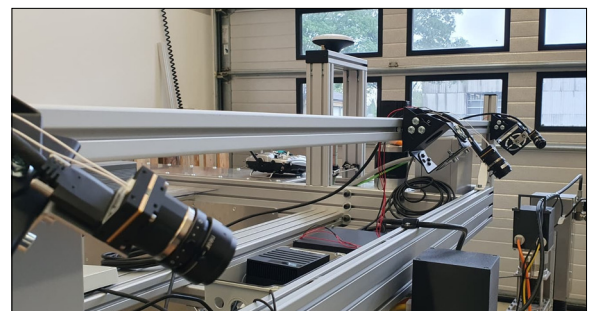
Autonomes Feldfahrzeug (OFA) als Ausgangslage
Eigene Darstellung



Konzeptentwurf des Mehrkamarasystems mit drei Industriekameras auf dem Feldfahrzeug
Eigene Darstellung



Umgesetztes Mehrkamarasystem mit drei Industriekameras auf dem Feldfahrzeug, montiert an einer Aluminiumprofil-Halterung
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dejan Šeatović

Korreferent

Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG

Themengebiet

Automation & Robotik