Success Story

Der Ernteroboter SWEEPER erkennt und erntet reife Früchte mit MVTec HALCON

Die Wageningen University & Research (WUR) in den Niederlanden entwickelte einen Ernteroboter für Gewächshäuser. Der sogenannte SWEEPER (Sweet Pepper Robot) erkennt und erntet reife Paprika mit Hilfe eines form- und farbbasierten Detektions-algorithmus, der auf MVTec HALCON basiert.

Die Organisation

Die Wageningen University & Research ist eine Universität und eine Auftragsforschungseinrichtung für Innovationen in den Bereichen Life Science sowie Agrar- und Ernährungswirtschaft. Das Forschungsunternehmen arbeitet hauptsächlich mit Industrieunternehmen, Regierungsbehörden und anderen wissenschaftlichen Instituten zusammen. Derzeit sind dort rund 11.000 Studenten, fast 2.000 Doktoranden sowie rund 5.000 Vollzeitmitarbeiter beschäftigt, die aus über 100 verschiedenen Ländern kommen. Die Initiative WUR Agro Food Robotics ist ein gemeinsames Programm mehrerer Forschungsgruppen der WUR mit etwa 30-50 Mitarbeitern. Das Programm versucht, neues Wissen in die Praxis umzusetzen, indem es Machbarkeitsstudien, funktionale Entwürfe, Prototypenentwicklungen, Tests und Validierungen durchführt sowie neue Produktimplementierungen unterstützt. Darüber hinaus beraten und unterstützen die Mitglieder des Programms Unternehmen sowie Regierungsbehörden bei Entscheidungen darüber, wann und wie Robotik eingesetzt wird oder nicht.

Die Herausforderungen

Gewächshäuser werden auf der ganzen Welt genutzt, um Pflanzen anzubauen. Allerdings ist diese Anbaumethode mit hohen Investitions- und Betriebskosten verbunden. In den letzten Jahrzehnten wurde die Branche mit der zunehmenden Größe der Produktionsanlagen, dem Fachkräftemangel und den steigenden Anforderungen an Qualität, Hygiene, Lebensmittel-sicherheit und Rückverfolgbarkeit konfrontiert.

Viele Arbeiten werden noch manuell durchgeführt, zum Beispiel das Ernten. Die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften, die unter den fordernden klimatischen Bedingungen im Gewächshaus sehr monotone, körperlich anstrengende Aufgaben übernehmen, sinkt jedoch stetig. Der daraus resultierende Anstieg der Arbeitskosten setzt die Branche stark unter Druck

und fordert alternative Lösungen. Robotik und Sensorik haben das Potenzial, diese Anforderungen zu bedienen. Durch den Übergang zu einem robotergestützten Produktionssystem wird erwartet, dass die Pflanzenproduktion deutlich effizienter und nachhaltiger wird.

Die Lösung

Von 2010 bis 2014 wurde das europäische Forschungsprojekt "Clever Robots for Crops" (CROPS) durchgeführt, in dem erste Schritte hin zu einer roboterisierten Paprikaernte unternommen wurden. Auf dieses Projekt folgte der "Sweet Pepper Robot", der SWEEPER. Der entwickelte Prototyp besteht aus den folgenden Modulen: einem Werkzeug zum Schneiden und Fangen der Paprika, einer kombinierten Farb- und 3D-Kamera, einem industriellen Roboterarm mit sechs Freiheitsgraden, diversen Computern und Elektronik. Eine batteriebetriebene Plattform bewegt den Roboter autonom durch das Treibhaus. Das Erntewerkzeug ist am Ende des Roboterarms montiert und setzt sich aus einer mechanischen Rolle, einem Messer und einem Fänger zusammen. Sobald das Kamerasystem eine reife Paprika gefunden hat, positioniert der Roboterarm das Werkzeug auf dem Fruchtstamm. Der Arm bewegt das Werkzeug dann mit einem vibrierenden Messer einige Zentimeter nach unten und schneidet die Paprikafrucht in der Nähe des Hauptstiels ab. Das Kamerasystem zur Erkennung von reifen Paprika ist direkt am Erntekopf montiert. Mit Hilfe dieses Prinzips, das sich „Eye-in-Hand“ nennt, erreicht der Roboter eine höhere Erntegeschwindigkeit als seine Vorgängermodelle, bei denen Sensoreinheit und Roboterarm getrennt voneinander platziert waren. Des Weiteren sind LED-Blitzleuchten um die Kamera herum angeordnet. Dadurch kann das System unabhängig vom Tageslicht arbeiten. Die Algorithmen der Bildanalyse wurden trainiert, um Hindernisse wie

Quelle: www.sweeper-robot.eu

Blätter und Pflanzenstämme zu erkennen. Simulierte künstliche Paprikapflanzenmodelle und Deep Learning-Netzwerkalgorithmen beschleunigten den Trainingsprozess.

Objektdetektion mit MVTec HALCON

Eine zentrale Funktion des SWEEPER ist die Erkennung von reifen Paprikas, die geerntet werden sollen. Dafür muss die 3D-Position jeder Frucht mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Die gewählte Lösung basiert auf einer RGB-D-Kamera, die gleichzeitig Farb- und Tiefeninformationen ausgibt. Die Kamera (Fotonic F80) verwendet eine Time-of-Flight (ToF)-Technologie zur Tiefenmessung sowie einen Sensor zur Messung von RGB und Tiefe, wodurch vollständig registrierte Kanäle möglich sind. Mit dieser Kamera und einem speziell entwickelten LED-basierten Blitzlicht-Beleuchtungssystem werden RGB-Bilder der Anlage sowohl aus der Ferne als auch aus nächster Nähe aufgenommen. Um einen Betrieb mit hoher Bildrate zu ermöglichen, wurde mit HALCON ein form- und farbbasierter Detektionsalgorithmus implementiert. Der Algorithmus scannt jedes aufgenommene Bild nach Bereichen, die den Zielfarbschwellenwerten entsprechen. Erkannte Bereiche werden verfeinert, indem Teilbereiche, die die vordefinierten Minimal-/Maximalgrößen überschreiten, entfernt werden. Um Fehldetektionen weiter zu beseitigen, werden zusätzliche Formparameter berechnet. Schließlich werden die Tiefeninformationen der Kamera verwendet, um das Volumen der erfassten Bereiche zu berechnen. Diese Informationen werden dann verwendet, um Fehler beim Erkennen weiter zu reduzieren sowie zu vermeiden, unreife Paprika zu ernten. Die genaue 3D-Lage des Objektes wird aus den extrahierten Tiefeninformationen und der in Weltkoordinaten transformierte Pixelkoordinaten des Bereichs berechnet. Der Erntevorgang spielt sich dann wie folgt ab: Der Roboterarm nähert sich der Frucht durch eine bildgestützte Robotersteuerung, die das Ziel in der Mitte der Bilder hält, bis es erreicht ist.

Quelle: www.sweeper-robot.eu

Vorteile von MVTec HALCON

Die Schnelligkeit und Robustheit von HALCON überzeugte die Entwickler des SWEEPER-Roboters. Die Verwendung der Bibliothek HDevEngine ermöglichte außerdem eine einfache Entwicklung und Fehlersuche mit der produkteigenen Entwicklungsumgebung HDevelop. Des Weiteren kann HALCON auf mehreren Plattformen eingesetzt werden, in diesem Beispiel

Linux/Ubuntu, und konnte somit problemlos mit dem Roboter-Betriebssystem (ROS) verknüpft werden.

Ergebnisse und Ausblick

Im Sommer 2018 wurden Experimente in einem niederländischen Gewächshaus durchgeführt, um die Leistung des Roboters zu messen. Dabei hatte der Roboter 61% der reifen Paprika erkannt und geerntet. Er benötigte im Durchschnitt 24 Sekunden für einen Erntevorgang. Im Vergleich zum CROPS-Prototypen hatte der SWEEPER-Roboter eine deutlich höhere Leistung und war viermal schneller.

Quelle: www.sweeper-robot.eu

Die Entwickler gehen davon aus, dass der Ernteerfolg aufgrund der technischen Weiterentwicklung und Forschung auf 75 bis 80 Prozent steigen wird.

Mehr Informationen finden Sie unter www.sweeper-robot.eu und www.mvtec.com/de