

Robotereinsatz zur automatischen Ernte von Paprika

Jochen Hemming

Agro Food Robotics / Greenhouse Horticulture
Wageningen University & Research

The Netherlands



KTBL, 17 September 2018



Inhalt

- Hintergrund
- Crops EU Projekt
- Sweeper EU Projekt
 - Technische Realisierung
 - Experimente
 - Ergebnisse
- Ausblick/Schlussfolgerungen



Anbaufläche Paprika in High-Tech Gewächshäusern

Region/Land	Fläche 2016 (ha)
Benelux	1350
Rest Europa	150
Nord Amerika (US,CAN)	315
Korea	300
Mexiko	250
Australien	80





- Mid-tech Gewächshäuser:
 - Spanien, Italien, Israel
- Überwiegend Freiland:
 - Rumänien, Ungarn

Anbau von Paprika im Gewächshaus


- In modernen High-Tech-Gewächshäusern haben die Betriebe hohe Lohnkosten (30-50% der Gesamtkosten).
- Mangel an Fachkräften
 - Körperlich anstrengend.
 - Monoton.
 - Heiße und feuchte Umgebung.





CRO**P**_bS *"Clever Robots for Crops"*






- Projektstart: 1. Oktober 2010
Projektende: 30. Sept. 2014
- Universelle modulare Roboterplattform für unterschiedliche Anwendungen
 - Äpfel ernten
 - Weintrauben ernten
 - Paprikas ernten
 - Präzisions-spritzen






 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



 CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



 Technische Universität München



 Univerza v Ljubljani



 UMEÅ UNIVERSITET



 WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH



 KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN



 אוניברסיטת בן-גוריון בנגב
 Ben-Gurion University of the Negev


 CNH INDUSTRIAL


 FESTO


 SLU
 Swedish University of Agricultural Sciences


 AGRI RO


 Force A
 SEE TO ACT

Ausgangsbedingungen Paprika CRO**P**_bS *"Clever Robots for Crops"*

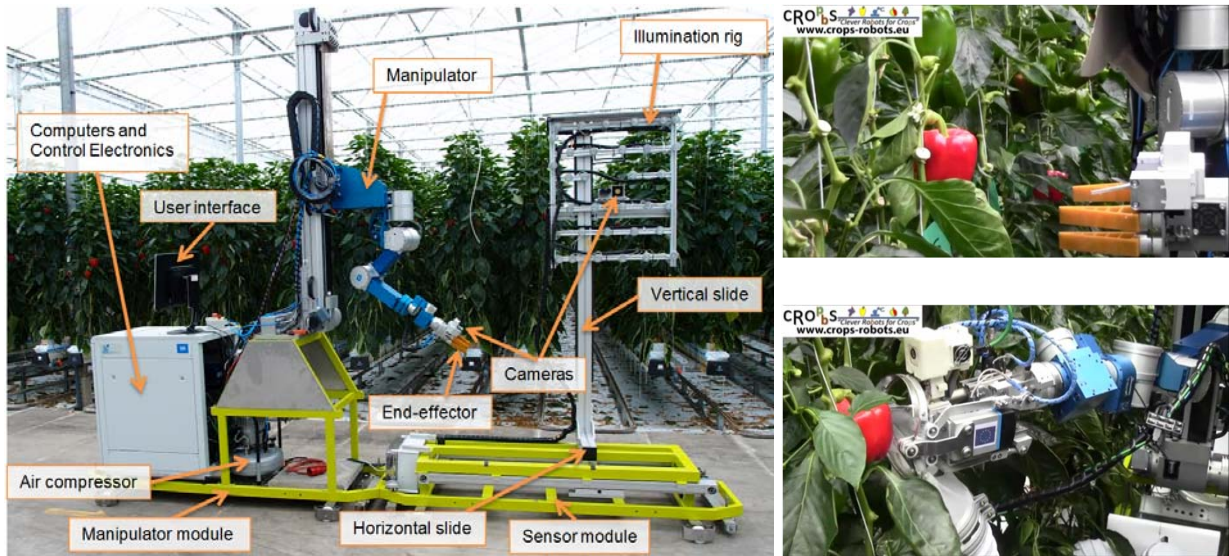



- Unstrukturierte Umgebung
- Empfindliches und variables Produkt
- Begrenzter Platz
- Okklusion, Frucht-Clustering
- Umweltbedingungen
 - Temperatur: 13 bis 35 °C
 - Relative Luftfeuchtigkeit: > 70%





CROPS: Forschungsprototyp des modularen Roboters



Sweeper Sweet-pepper robot (2015-2018)



- Horizon 2020 ICT use case Projekt
- 6 Partner aus 4 Ländern (Niederlande, Belgien, Schweden und Israel).



UMEÅ UNIVERSITY



www.sweeper-robot.eu



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 644313.

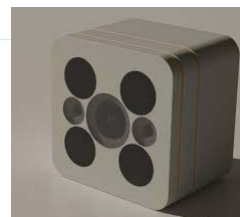




Fruchterkennung und Lokalisierung

Sweeper

- Fotonic RGB-D Kamera
- 4 LED-Licht Module (flashlight)
- "Eye-in-hand" Prinzip
- Visual servoing
- Reifegrad: Farbe und Form.

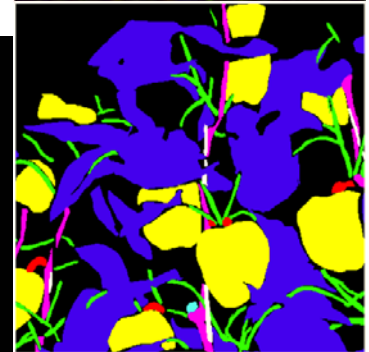
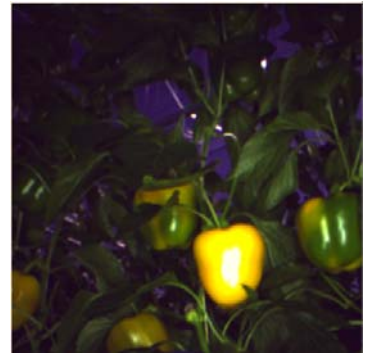


Fotonic F80
Kamera
Farbe & Abstand
(RGB-D)



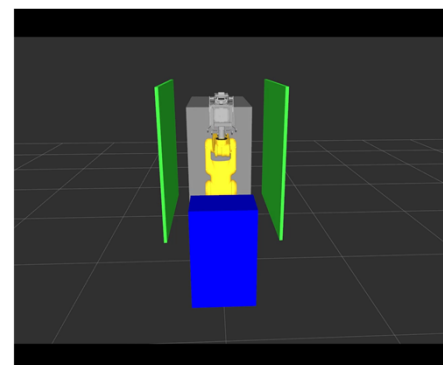
Hinderniserkennung

- Deep Learning Convolutional Neuronales Netzwerk (CNN) für die Bildsegmentierung.
- Ziel: Erkennung des Hauptstängels zur Berechnung einer hindernisfreien Anfahrtrichtung für den Roboter
- Ein getraintes Netzwerk wird für die Echtzeitanalyse eingesetzt.



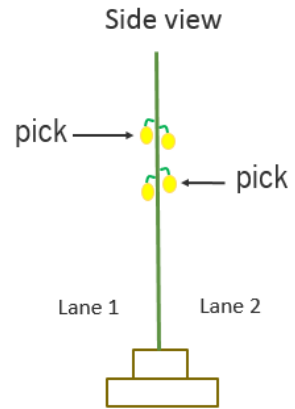
Software

- Robotic Operating Software (ROS) / C++
- RViz Simulationsumgebung.
- MVtec Halcon Bildanalyse Bibliothek.
- Deep-Learning Vanilla VGG16 semantic segmentation network.



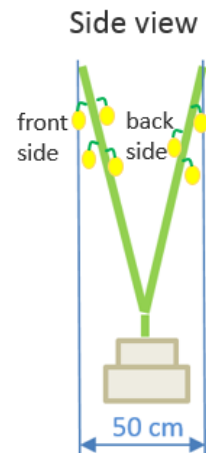
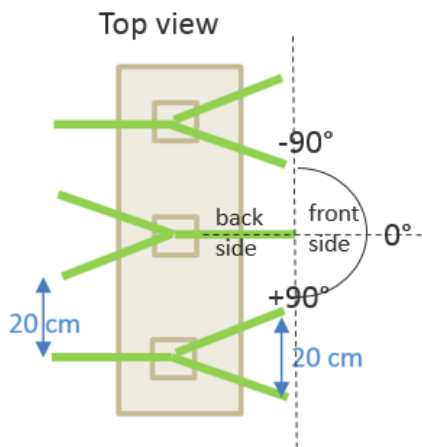
Beabsichtigtes Anbausystem für den Roboter

- Der SWEEPER Roboter wurde für ein einreihiges Anbausystem entwickelt.



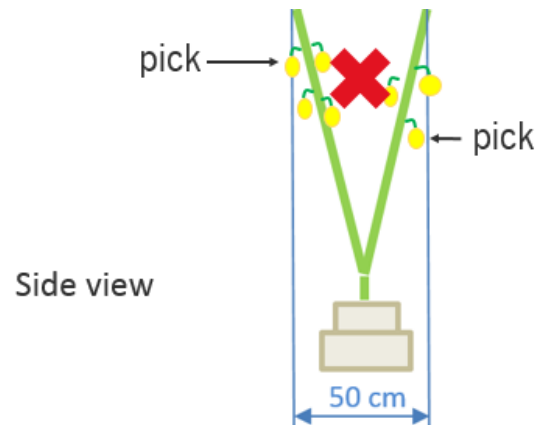
Anbausystem in einem kommerziellen Gewächshaus

- V-System, zweireihig, 3 Stängel pro Pflanze



Zweireihiges Anbausystem während der Experimente

- Für die Durchführung der Experimente war kein einreihiges Anbausystem verfügbar.
- 4 Wochen Performance Experimente bei einem Erwerbsgärtner.
- Wir können die Performance für ein einreihiges Anbausystem bewerten, indem wir nur die Früchte berücksichtigen, die auf der Vorderseite der Stängel wachsen.



Anpassungen an der Pflanzenarchitektur

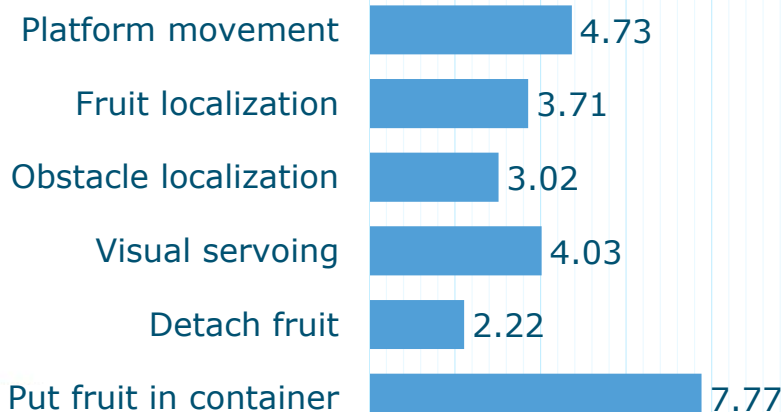
- Große Sortenunterschiede
- Vermindern von Früchten in Clustern
- Entfernen von Blättern die die Früchte komplett verdecken.



Geschwindigkeit

- Gemittelte Zeit zum Ernten einer Frucht: **24** Sekunden (18 to 25s)
- Im Labor < 15 Sekunden mit dem gleichen System möglich.

Average time per fruit * [seconds]



* Für einen Ernteversuch



Ergebnisse Ernteexperimente

- Für das einreihige Anbausystem (wenn nur die Früchte auf der Vorderseite des Stängels bewertet werden)
 - 30% der reifen Früchte können geerntet werden in dem heutigen Anbausystem (commercial crop).
 - 62% der reifen Früchte können geerntet werden in dem angepassten Anbausystem (modified crop).
- SWEEPER ist 4 x schneller und 3 x besser als CROPS.



Ausblick

- Performanceverbesserung (Geschwindigkeit, Ernte %)
- Kombination von Technik und Pflanzenzüchtung.
- Mensch-Roboter Kollaboration (Sicherheitsfragen).
- Deep-learning
 - Bessere Fruchterkennungsrate, auch grüne Früchte.
 - Bessere Navigation in unstrukturierten Umgebungen.
- Crop monitoring (zusätzlicher Mehrwert)
 - Früherkennung von Krankheiten/Schädlingen
 - Fruchtqualität
 - Ertragsprognose.



Schlussfolgerungen

- Der Prototyp funktioniert.
- Verbesserte Performance im Vergleich mit z.B. CROPS.
- Es ist noch kein marktreifes Produkt.
- Wir wissen, wo und wie wir den Roboter verbessern können.
- Viel Publizität (Website, Videos, Demos, Präsentationen, Veröffentlichungen).
 - Nächste Präsentation:



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

Kontakt:
jochen.hemming@wur.nl

*Sweeper wird gefördert durch das
European Union's Horizon 2020
Research and Innovation programme
Grant agreement No 644313.*

