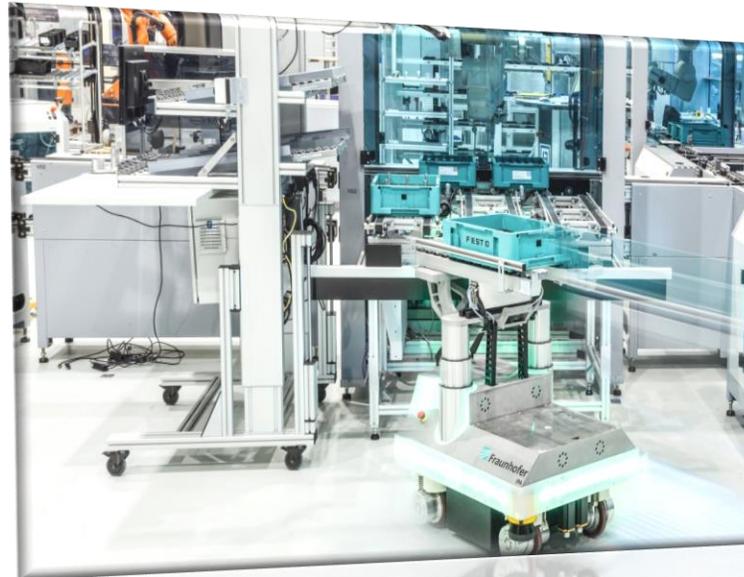

Aus der Fabrik in den Gartenbau

Chancen und Herausforderungen

Fraunhofer IPA - Roboter und Assistenzsysteme

17.09.2018



M.Sc, Kevin Bregler
Kevin.Bregler@ipa.fraunhofer.de
+49 (0) 711 970 1371

Aus der Fabrik auf die Felder

Chancen und Herausforderungen

Inhalt

- Fraunhofer IPA
- Unterschiede Fabrik und Feld
- Schlüsseltechnologien
- Antriebstechnik
- Aktorik
- Sensorik
- Navigation
- Bildverarbeitung
- Manipulation
- Sensorsignalverarbeitung

Robotik am Fraunhofer IPA

Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme

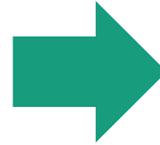
ROS

- Gruppe: Servicerobotik für Industrie und Gewerbe
 - Vernetzte & kooperative Navigation
 - Mobile Manipulation
 - Agrarrobotik (mobile Systeme im Outdoorbereich)
- Rob@Work und Care-O-Bot sind erfolgreiche Roboter aus Eigenentwicklung
- Einsatz der Navigationslösungen bei Unternehmen wie BÄR-Automation, Audi und aktueller Roll-Out bei BMW (Verfügbarkeit von 99,9%)
- Erfolgreiche Projektarbeiten im Bereich der Agrarrobotik
 - Spargelernter
 - Unkrautroboter BoniRob im AgriApps Projekt
 - Aktuell: AMUBot + GreenWallRobot



Aus der Fabrik auf die Felder

Problemstellung



- In der Robotik gibt es variierende Anforderungen bei **Indoor -und Outdoor-Anwendungen**
- Wo gibt es Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen **Landwirtschafts- und Gartenbaurobotik** und der **Industrierobotik**?
- Wo sind noch Herausforderungen zu meistern?

Unterschiede zwischen Fabrik und Landwirtschaft

Fabrik

- Tätigkeiten meist gleichartig und zyklisch wiederkehrend
- Planbarkeit
- Dauerbetrieb angestrebt
- Kontrollierbare Umgebungsbedingungen
 - Lichtverhältnisse exakt einstellbar
 - Temperaturverhältnisse konstant
 - Objekte vorwiegend stationär

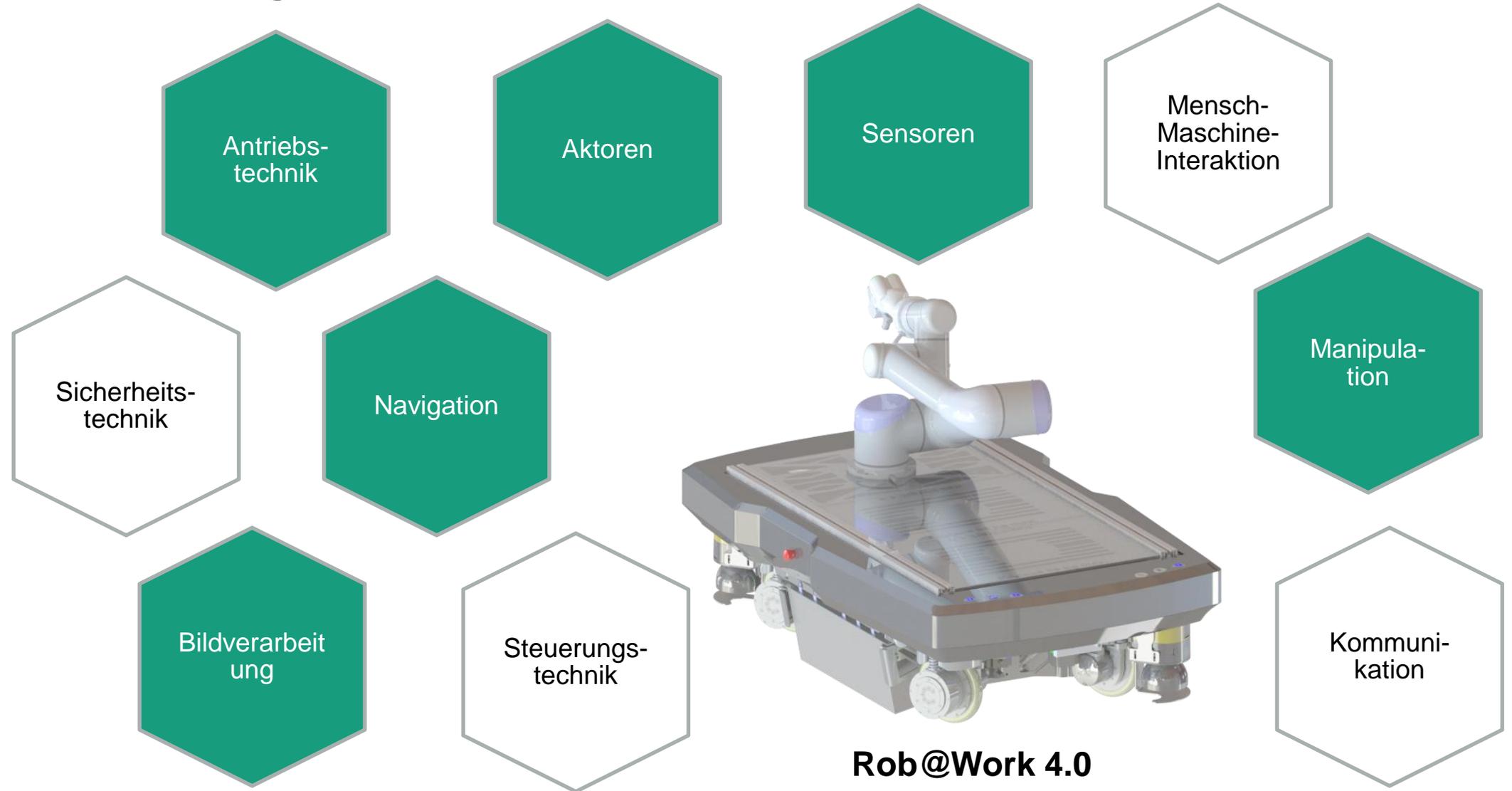


Quelle: Baer Automation

Landwirtschaft

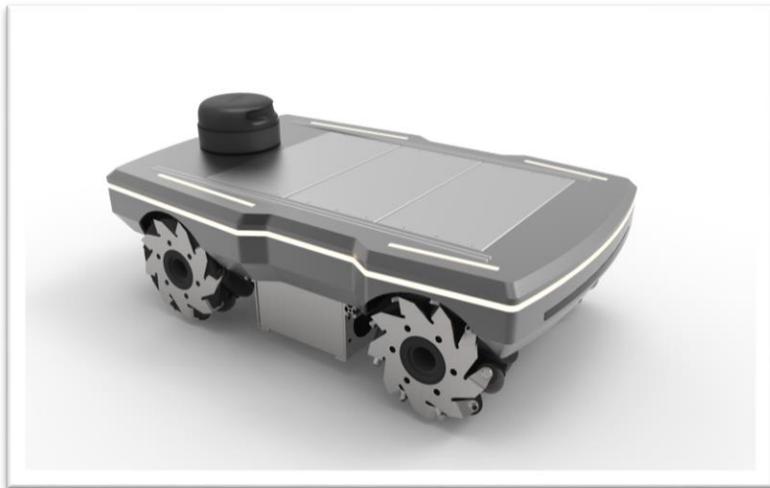
- Tätigkeiten unterschiedlich je nach Tages- und Jahreszeiten
- Planbarkeit eingeschränkt
 - Abhängigkeit von Witterungsverhältnissen
- Je nach Arbeit hohe Stand-By-Raten
 - *Beispiel: Roboter zur Spargelernte, brauchbar ca. 1 Monat*
- Umgebungsbedingungen komplex und sehr variabel
- Licht- und Temperatur durch Witterung starken Schwankungen ausgesetzt
- Dynamische Objekte

Schlüsseltechnologien in der Robotik



Antriebstechnik

- Industrielle Antriebssysteme wie Mecanumwheel / Omniwheel kommen für Outdooreinsätze meist nicht infrage mangels Robustheit
→ Limitierung der verfügbaren Systeme
 - Fahr-Dreh Module zur omnidirektionalen Fahrt
 - Differentialantrieb / Kettenantrieb



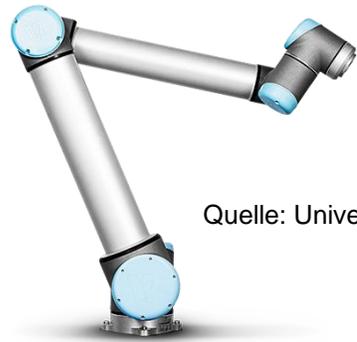
Quelle: KommTek Intelligente Lösungen GmbH

Deutlich höhere Anforderungen an Robustheit und Adaption an divergierende Bodenverhältnisse. Sinnvoll können hier beispielsweise adaptive Spurweitereinstellungen sein, sowie lastverteilende Antriebe

Aktorik

Fabrik

- Elektrische und pneumatische Aktoren dominieren
- Hydraulische Aktoren fast ausschließlich auf Schwerlastindustrie beschränkt
- Mensch-Maschine Interaktion nimmt stark zu
 - Komplexe Regelungstechnik erforderlich
- Hohe Präzisionen erforderlich
 - Optimierung der Genauigkeit



Quelle: Universal Robots A/S

Landwirtschaft

- Hydraulische Aktoren weit verbreitet
 - Kein Standard in der industriellen Robotik
- Hohe Anforderungen an Robustheit (Temperatur, Dichtigkeit, mechanische Belastung)
- Komplexe Regelung häufig vermieden, da störanfälliger



Quelle: MULAG Fahrzeugwerk GmbH u. Co. KG

Teilweises Umdenken erforderlich: Einfache, robuste Lösungen sind gegenüber hochgenauen, aber empfindlichen Lösungen vorzuziehen.

Sensorik

Fabrik

- Hoher Stellenwert von bildverarbeitender Sensorik
 - LiDAR, Kamera (3D, monochromatisch...)
- Ultraschallsensoren
- Kraft-/ Momentensensorik
- Feedbacksensorik (Strom, Spannung, Temp.)



Quelle: Alumotion Srl



Quelle: ALSRobot.com

Landwirtschaft

- Gleicher Ansatz wie Industrierobotik mit hohen Anforderungen an Robustheit (Licht, Witterung, Schmutz)
- Zusätzliche Sensorik zur Redundanz notwendig
 - DGPS zur Lokalisierung



Quelle: Trimble Navigation

PUCK™
VLP-16

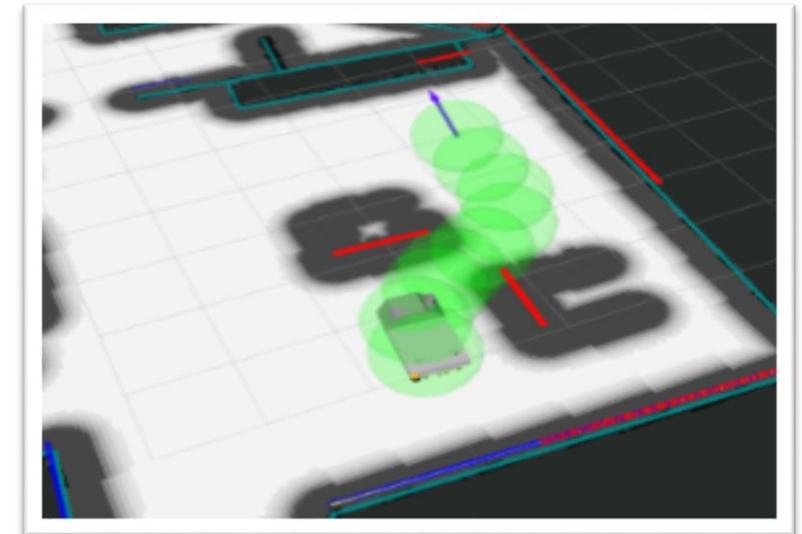
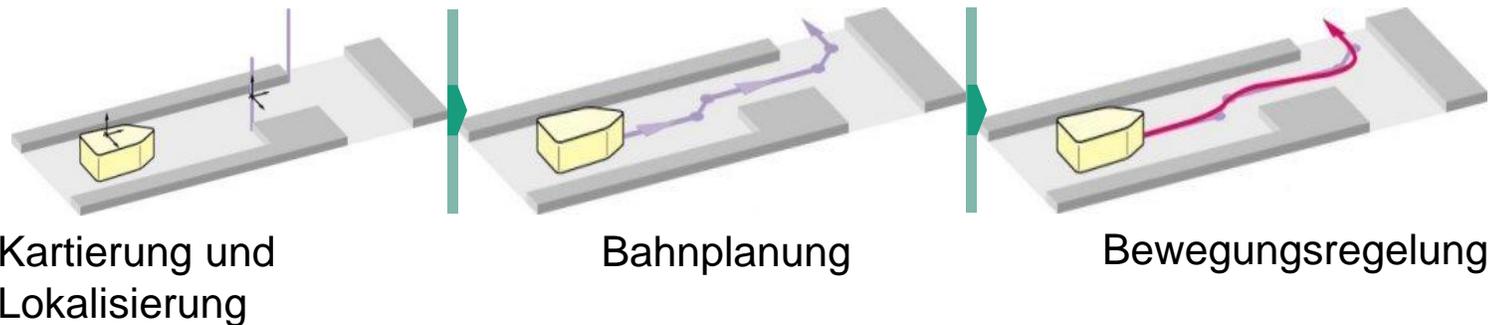


Quelle: Velodyne LiDAR

Sensortypen in der Fabrikautomatisierung und im Outdoorbereich sind grundsätzlich gleich. Anforderungen an Robustheit und Redundanz → Aktuell noch deutlich teurer, allerdings Hoffnung durch Automotive-Bereich

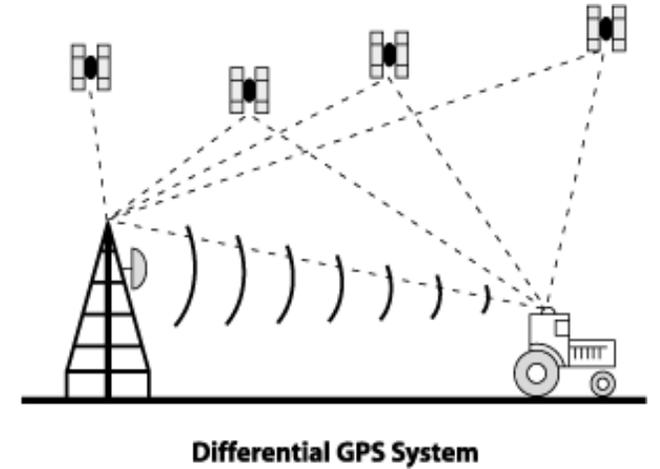
Navigation in der Fabrik

- **Lokalisierung** anhand von künstlichen oder natürlichen Referenzobjekten (Barcodes, Reflektorstreifen, Wände, Pfeiler etc.)
- **Kartierung:** Erstellen einer Umgebungskarte wird entweder vorgegeben (CAD-Modell des Gebäudes) oder wird online generiert (SLAM: Simultaneous Localization and Mapping)
- **Bahnplanung** erfolgt schwerpunktmäßig in der Ebene
- Bewegungsregelung der lokalen Bewegung entlang des Pfades
- Optische Spurverfolgung erhöht die Präzision und die Robustheit



Navigation im Freien

- Lokalisierung des Roboters schwierig
 - Keine oder wenige verlässliche Objekte zur Referenzierung
 - Karte ändert sich dynamisch durch bewegliche oder veränderliche Objekte
- Lokale Bewegung des Roboters schwierig zu ermitteln
 - Hoher Radschlupf → Odometrie (Fahrfeedback von Roboter selbst) ist nicht brauchbar
- Zusätzliche Sensorik ist notwendig um trotzdem sicher zu navigieren: GPS / DGPS
 - Probleme bei Hauswänden oder größeren Objekten → Reflektion des GPS Signals
- Hohe Anforderungen an die Regelung des Fahrzeugs für die Bahnplanung auf dem Gelände



Quelle: University of Kentucky

Konzepte aus der Industrie lassen sich übertragen, allerdings stellt die Navigation im Freien erhöhte Anforderungen im Bereich der sicheren Lokalisierung. Hier muss zusätzliche und redundante Sensorik genutzt werden.

Bildverarbeitung Fabrik

- Umgebungserfassung für Roboter durch bildgebende Sensorik
 - 2D – Kamera (monochrom, infrarot, RGB), 3D – Stereokamera (passiv), 3D – Tiefenkamera (aktiv, mit TOF, strukturiertem Licht)
- Kann auch zur Navigation genutzt werden (Marker-Erkennung, Objekterkennung zur Lokalisierung)
- Klassifizierung von Objekten
 - Bedarf zum Teil einem Einlern-Prozedere zur Klassifizierung und zur zuverlässigen Erkennung von Objekten



Bildverarbeitung im Freien

- Teilweise stark eingeschränkte Sicht auf Objekte durch Verdeckung
 - Schwierigkeiten, Objekte sicher zu erkennen
- Eingeschränkter Einsatz von Sensorik
 - Robust gegenüber stark veränderlicher Lichtverhältnisse
 - Temperaturschwankungen
 - Witterungsbedingungen
- Abgrenzung von Objekten zueinander schwieriger



Zuverlässige Bildverarbeitung ist nach wie vor eine der entscheidenden Herausforderungen. Künstliche Intelligenz und verbesserte Rechenleistung verschafft zusätzliche Möglichkeiten bei großen Datenmengen

Sensorsignalverarbeitung

Problem

- Robuste Sensorik ist häufig weniger präzise. Auf stoß- und stör anfällige Bauteile muss verzichtet werden.

Ziel

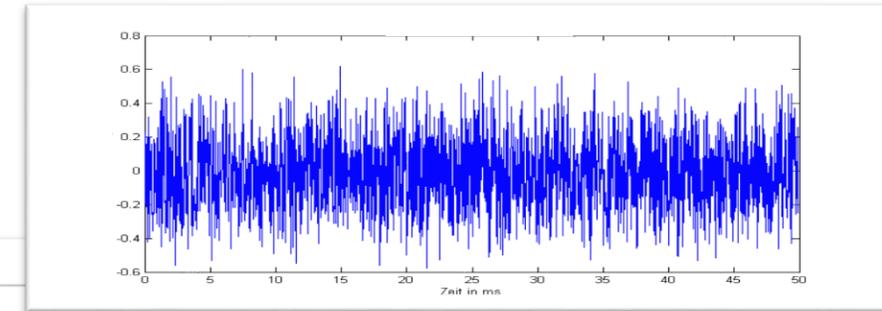
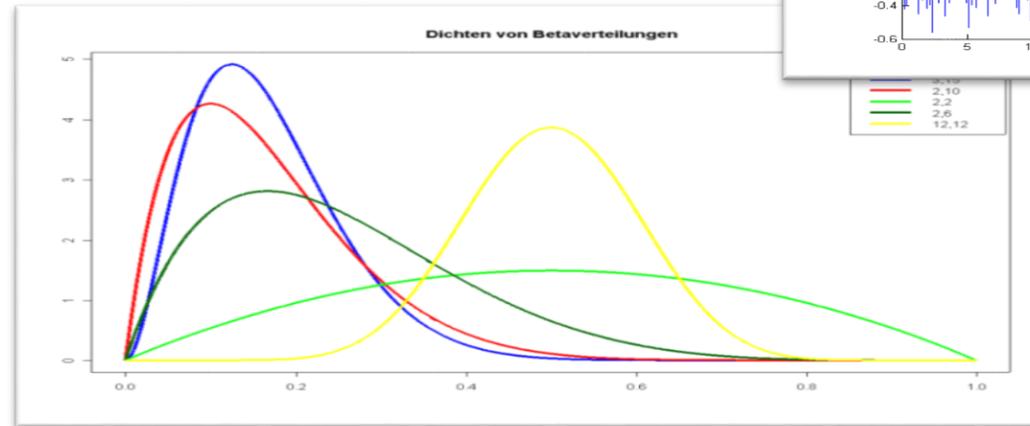
- Verbesserung der Präzision und Genauigkeit
- Reduktion von Störeinflüssen durch geeignete Verarbeitung auf Elektronik- und Softwareebene

Filterung

- Klassische Frequenzfilter
- Korrelationsfilter

Sensordatenfusion

- Kalmanfilter, Partikelfilter
- Bayes-Netze



Verfahren zur Sensorsignalverarbeitung sind auch in der Fabrikautomatisierung Standard, in der Landtechnik kommt ihnen aber eine besonders große Bedeutung zu.

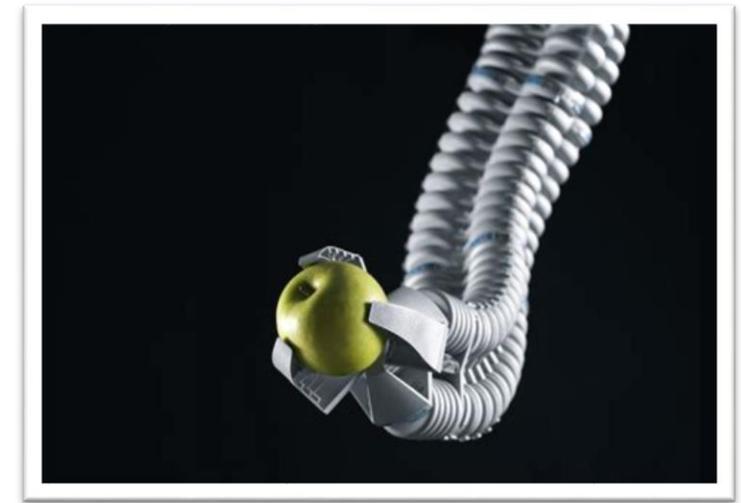
Manipulation

Industrie:

- Industrieroboter sind Standard in sämtlichen Anwendungen

Landwirtschaft:

- Anwendungsspezifische Manipulatoren mit hoher Robustheit sind gefordert
- Greiferdesign stark anwendungsabhängig
 - Manipulation von fragilen Objekten
- Beispiele am Fraunhofer IPA:
 - *AMUBot: benötigt Werkzeuge um Boden effektiv von Unkraut zu befreien*
 - *GreenWallRobot: zur Manipulation von Pflanzen oder Fassadenmodulen und gleichzeitige Befähigung zum Schneiden und Observieren der Pflanzen*



Festo Bionic Gripper / Quelle: designboom.com



Der Übertrag von Manipulatoren aus der Industrie in den Outdoorbereich ist häufig nicht wirtschaftlich und nicht sinnvoll. Anwendungsspezifische und kostengünstige Manipulatoren inkl. Manipulationskonzepten müssen entwickelt werden

Resümee

- Technologien aus der Industrierobotik sind zumindest in Teilen übertragbar
- Herausforderungen vor allem in:
 - Bildverarbeitung durch die hohe Komplexität der Umgebungsbedingungen im Freien
 - Adaption an Komplexität und Vielfältigkeit der Einsatzbereiche im Kontext Gartenbau / Agrar (*Ernte, Unkrautbeseitigung...*)
- Bottleneck: Wirtschaftlichkeit bei hohen Standby-Raten
- Durch die Autonomisierung im Automotive-Bereich ist mit Verbesserungen und Preisverfall von Sensorik in den kommenden Jahren zu rechnen
- Automatisierung in Gartenbau und in der Landwirtschaft als Chance zu größerer Nachhaltigkeit



Quelle: <https://his.anthropomatik.kit.edu>

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt:

M.Sc Kevin Bregler

Phone: +49 (0) 711 970 1371

Mail: kevin.bregler@ipa.fraunhofer.de

