

# Autonome Outdoor-Navigation

## Autonomie für Maschinen in der Landwirtschaft

*3D LiDAR SLAM im Außenbereich. Zu erkennen sind die Pfade des Roboters, sowie in der Pointcloud beispielsweise Bäume und Hauswände.*

*Quelle: Fraunhofer IPA*

In der Forschungsgruppe »Professional Service Robots – Outdoor« am Fraunhofer IPA werden autonome Outdoor-Roboter für komplexe Einsatzszenarien entwickelt. Die Basis für die Autonomie bildet die Navigationssoftware CURTos.

### Herausforderungen und Zielsetzungen für Autonomie

Die autonome Fortbewegung von Robotern oder Arbeitsmaschinen ist ein mehrstufiger Prozess. Die Grundlage für eine zuverlässige und effiziente Navigation der Fahrzeuge ist eine präzise Modellierung der Umgebung. Zum einen wird sie für die Lokalisierung benötigt, denn im Außenbereich bestehen besondere Herausforderungen, wie variierende Schlupfverhalten zwischen Fahrzeug und Untergrund. Zum anderen dient die Umgebungsmodellierung als Basis für Entscheidungsprozesse, wie insbesondere die Pfadplanung. Die komplexe Umgebung in Außenbereichen lässt sich nicht durch einen einzelnen Sensor erfassen, sondern es müssen mehrere Sensordaten fusioniert und interpretiert werden. Die Vielfalt und teilweise hohe Dynamik der befahrbaren und nicht befahrbaren Strukturen der Umgebung erschweren diesen Prozess. Beispiele dafür sind unebenes Terrain, Vegetation, unterschiedliche Untergründe sowie variierende Wetterbedingungen. Zusätzlich erschweren

Verschmutzungen wie Schlamm, Staubverwirbelungen oder andere organische Substanzen die Messungen der bildgebenden Sensorik wie LiDAR und Kameras.

### CURTos

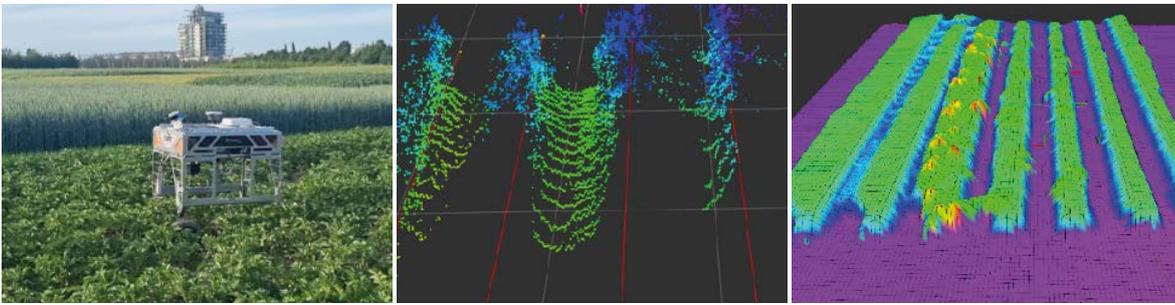
Mit der Navigationssoftware CURTos entsteht ein modulares System, das Maschinen und Roboter vollautonom fortbewegen kann. Hierfür kann CURTos die Einsatzumgebungen der Roboter im Außenbereich zuverlässig erfassen und interpretieren, eine präzise Lokalisierung in der Umgebung gewährleisten und der Anwendung entsprechend optimale Pfade planen.

Die Navigationssoftware basiert primär auf Sensordaten von 3D-LiDAR, RGB-D-Kameras und Inertialsensorik, unterstützt jedoch auch weitere Daten von Rad-Encodern und GNSS, soweit qualitativ hochwertige Messungen verfügbar sind. In vielen Anwendungen ist dies jedoch aufgrund von Schlupf bzw. Abschirmung nicht gewährleistet. Die Navigationssoftware bevorzugt daher die zuverlässigen Sensordaten und nutzt je nach Einsatzgebiet Technologien wie visuelle Odometrie und LiDAR-Inertial-Odometrie zur Lokalisierung.



*In merkmalsarmen Umgebungen, wie z. B. den unbepflanzten Bereichen eines Feldes (l.), kann mithilfe von Deep-Learning-Ansätzen visuelle Odometrie (r.) zur Lokalisierung verwendet werden.*

*Quelle: Fraunhofer IPA*



Lokalisierung von CURTdiff (l.) basierend auf einer Feldreihenerkennung, erkennbar durch rote Linien, die die extrahierten Dammkronen darstellen, in Punktwolken (m.) und Generierung von Höhenkarten zur geometrischen Befahrbarkeitsanalyse (r.).  
Quelle: Fraunhofer IPA

Aus den Sensordaten wird mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) eine umfängliche Kartendarstellung der Umgebung abgeleitet, die die Grundlage für den Pfadplanungsalgorithmus bildet. Dadurch kann die Navigationssoftware nicht nur statischen und dynamischen Hindernissen ausweichen, sondern auch optimale Wege durch Umgebungen mit überfahrbaren Hindernissen wie Steigungen oder unwegsamem Gelände finden.

Je nach Anwendung können zusätzliche Softwaremodule entwickelt und modular eingebunden werden. Beispielsweise wurde für den Einsatz in Reihenkulturen im Ackerbau ein Lokalisierungs- und Planungsmodul für Pflanzenreihen entwickelt, das ein vollständig autonomes Bewirtschaften des Feldes mit präziser Reihenverfolgung und autonomem Wendemanöver ermöglicht.

Zusatzfunktionen wie die Erkennung menschlicher Gesten oder Follow-Me-Funktionen wurden erfolgreich integriert und können die Effizienz und User Experience des Systems noch weiter steigern.

### Ihre Vorteile

CURTos-Anwender und -Entwickler bekommen eine modulare und adaptive Navigationslösung, mit der sich mobile Arbeitsmaschinen sowie Roboter autonom fortbewegen lassen. Die Kernmodule von CURTos lassen sich unmittelbar bei unseren Kunden integrieren und anschließend an die spezifische Anwendung anpassen. So können gemeinsame Entwicklungen zwischen Fraunhofer IPA und Industriekunden zeit- und kosteneffizient umgesetzt werden. Umsetzungsbeispiele in der Landwirtschaft sind:

- Einsatz der Navigationssoftware
  - auf Feldmaschinen
  - in Stallumgebungen in Fütterungsautomaten
- Einsatz von Modulen zur Feldreihenerkennung auf Erntemaschinen
- Prototypenentwicklung mit CURTos und den Robotermodellen CURTmini/CURTdiff
  - Baugewerbe
  - Dauerkultur in der Landwirtschaft

### Unser Angebot

Das Fraunhofer IPA ist Ihr Berater, Entwicklungspartner und Technologielieferant für alle Aspekte der mobilen Roboternavigation. Leistungen in unserem Angebot umfassen:

- Workshops und Seminare zur Mitarbeiterschulung
- Durchführung von Markt-, Wirtschaftlichkeits- sowie Machbarkeitsstudien
- Entwicklungsleistungen vom ersten Prototyp bis zum System im produktiven Einsatz:
  - Konzeption und Realisierung von Servicerobotern für die genannten Anwendungsbereiche
  - Konzeption und Realisierung von Teiltechnologien für autonome Maschinen
  - Autonomie für bestehende Maschinen, Roboter, oder neuartige Prototypen (siehe unten: Autonomie in 3 Schritten)
- Adaption und Weiterentwicklung bereits bestehender Maschinen und Systeme

### Autonomie in 3 Schritten

**1. ROSifizierung:** Das Robot Operating System (ROS) ist eine Open-Source Middleware für die Robotik und der De-facto Standard in Industrie und Forschung. Es bildet die Basis für alle weiteren Robotik-Softwareentwicklungen, z. B. Treiber-Entwicklungen für Sensoren und Aktoren, Low-Level Maschinensteuerung

**2. Integration:** Ausgestattet mit dem ROS-Framework können nun unsere proprietären Navigationslösungen und bei Bedarf Drittanbieter- oder Open-Source-Module auf Ihrer Maschine integriert werden.

**3. Adaption:** Je nach Anwendungsfall müssen Navigationspakete angepasst oder zusätzlich entwickelt werden. Hierfür arbeiten wir mit Ihnen gemeinsam und nutzen die Erfahrung unseres breiten Anwenderkreises.

### Kontakt

**Kevin Bregler, M.Sc.**  
Telefon +49 711 970-1371  
kevin.bregler@ipa.fraunhofer.de

**Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik  
und Automatisierung IPA**  
Nobelstr. 12 | 70569 Stuttgart  
www.fraunhofer.de