



# ROS 2 in POV.OS — Automatisierungsplattform für mobile Arbeitsmaschinen

ROSCon DE 2023 — Karlsruhe  
23.11.2023



Professional Operating Vehicle OS

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

# Die Präsentation "ROS 2 in POV.OS - Automatisierungsplattform für mobile Arbeitsmaschinen" unterteilt sich in drei Abschnitte.

## Was ist POV.OS?

Christopher May und Patrick Ziegler (FAPS, FAU Erlangen-Nürnberg)



## ROS und POV.OS bei AGCO

Manuel Abel (AGCO)



## ROS 2 in der Industrie

Frederik Beaujean (Apex.AI)



# Das Ziel des Verbundprojektes POV.OS ist die Erforschung und Entwicklung einer Open-Source Betriebsplattform für autonome mobile Arbeitsmaschinen.

## Ist-Zustand

- Mobile Arbeitsmaschinen werden anwendungsabhängig mit proprietärer Hard- und Software (teil-)automatisiert
- Der Markt für mobile Arbeitsmaschinen weist im Bereich Automatisierungsfunktionen signifikantes Potenzial für Wachstum auf
- Das Wachstum wird derzeit durch hohe Variantenvielfalt und geringe Stückzahlen gebremst

## Ziele des Forschungsprojektes

- Erforschung und Entwicklung einer Open-Source-Betriebsplattform auf Basis von ROS 2 mit modularen Hard- und Softwarekomponenten für die Umsetzung autonomer mobiler Arbeitsmaschinen
- Erfüllung von Anforderungen an funktionale Sicherheit
- Bereitstellung offener Schnittstellen zur Systemplattform
- Umsetzung einer kollaborativen Entwicklungsplattform

## POV.OS Industrie- und Forschungspartner



## Umsetzung

- An POV.OS sind insgesamt 16 Partner aus Industrie und Forschung beteiligt
- Projektlaufzeit von 01/23 bis 12/25
- Prototypische Umsetzung und Evaluierung in Anwendungsfällen der Projektpartner

# Durch die beabsichtigte Modularität und Universalität eröffnet sich ein großes Marktpotential, insbesondere im Kontext mobiler Arbeitsmaschinen.

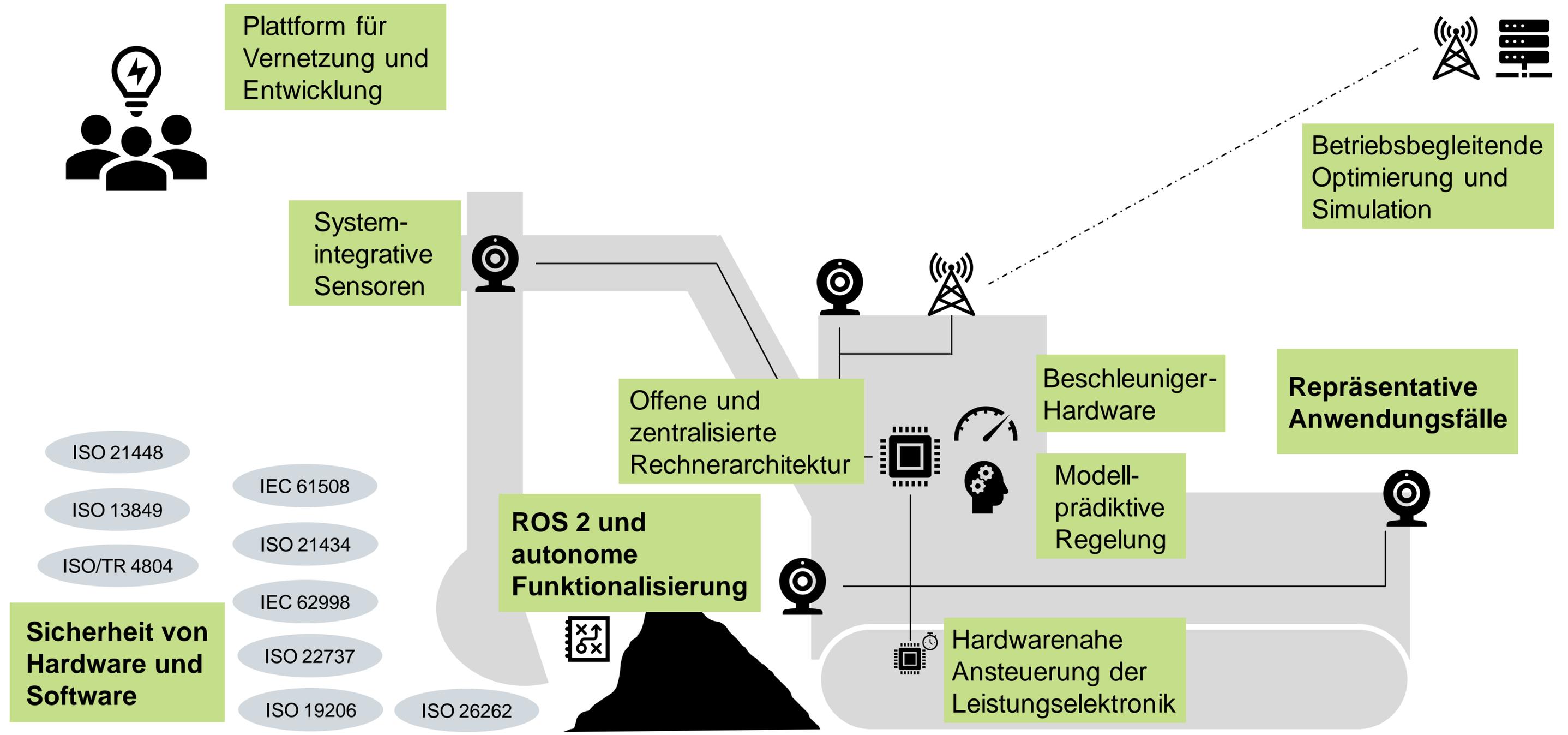
## Professional Operating Vehicles

POV bilden eine ideale Einsatzumgebung für die Entwicklung eines Betriebssystems, um entsprechende Assistenz-, Fahr- und Automatisierungsfunktionen zu realisieren.

- Geringe Fahrgeschwindigkeit (<80 km/h)
- Klar spezifizierte repetitive Aufgaben
- Agieren in bekannten Einsatzumgebungen
- Verfügen über notwendige optische und akustische Warneinrichtungen
- Modulare und genormte Anschlüsse für Anbaugeräte
- Besitzen bereits optische Sensoren zur Unterstützung des Bedieners
- Bereits Teilautomatisiert (Lenkung, Handhabung etc.)

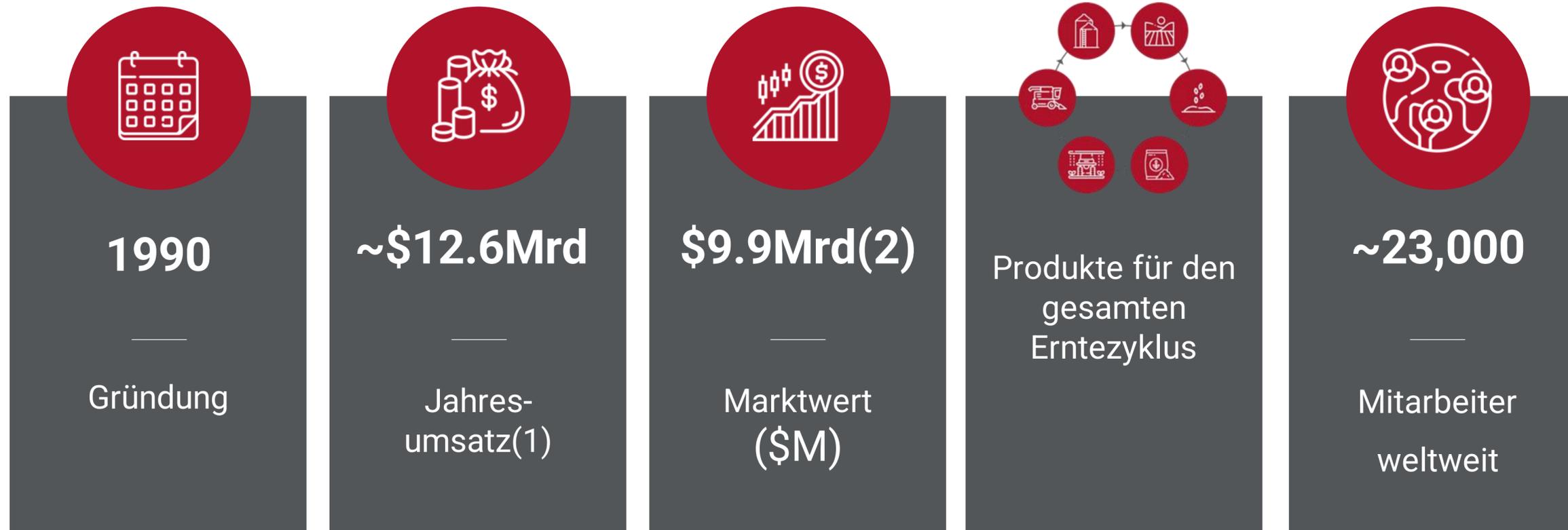


# Die Kerninnovation liegt in der erstmaligen und ganzheitlichen Definition und Umsetzung einer Betriebsplattform für professionelle Arbeitsmaschinen.



# Vorstellung von AGCO

AGCO ist der größte reine Landmaschinenhersteller der Welt



(1) Voraussichtlicher Nettoumsatz 2022

(2) Stand 14. Dezember 2022

Mehr-Marken Strategie

The block displays a vertical list of logos and brand names. From top to bottom: 'FENDT' in a bold, italicized font; 'GRAIN & PROTEIN' with a hexagonal icon; 'MASSEY FERGUSON' with a triangular icon; 'Precision Planting' with a checkmark icon; and 'VALTRA' in a large, bold, outlined font.

# ROS bei AGCO



- Vorentwicklung
- Studentenprojekte
- Abschlussarbeiten
- Prototyping
- Seit ca. 10 Jahren



- Vorserienentwicklung
- Umfeldererkennung
- Seit ca. 2 Jahren



- Serienentwicklung
- Neuprojekte
- Seit ca. 2 Jahren

# ROS bei AGCO

- Häufig verwendete Packages/Tools
  - ros2cli -> Kommandozeilentools
  - rosbag2 -> Datenaufzeichnung
  - rqt -> Plugins für Parametrierung, Visualisierung, ...
  - robot\_state\_publisher -> Fahrzeugbeschreibung mit Koordinatentransformationen
  - geometry2 (tf2) -> statische und dynamische Koordinatentransformationen
  - rviz -> Visualisierung
- Treiber
  - Verwendung von Open Source Treibern zur Hardwareintegration
  - Treiberentwicklung/-test mit Hardwareherstellern

Beispiel: BOSCH Radar



## Radar OHW Premium

Imaging Radar with 1024 locations/15Hz  
1° angle separability/0.1° accuracy  
FoV horizontal  $\pm 60^\circ$   
FoV vertical  $\pm 12^\circ$



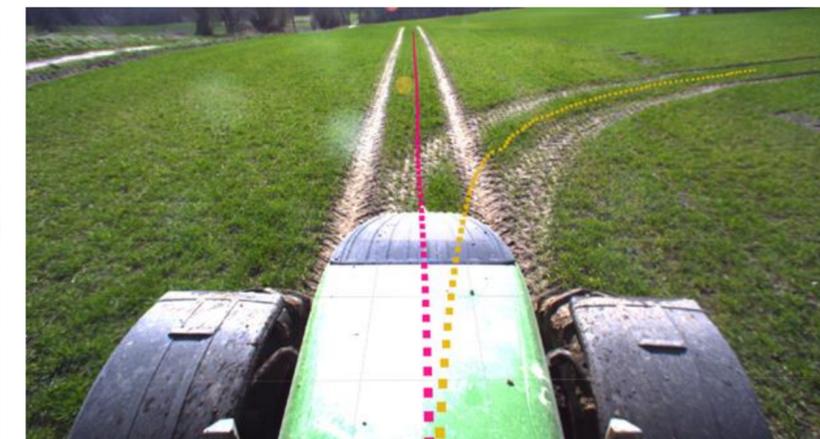
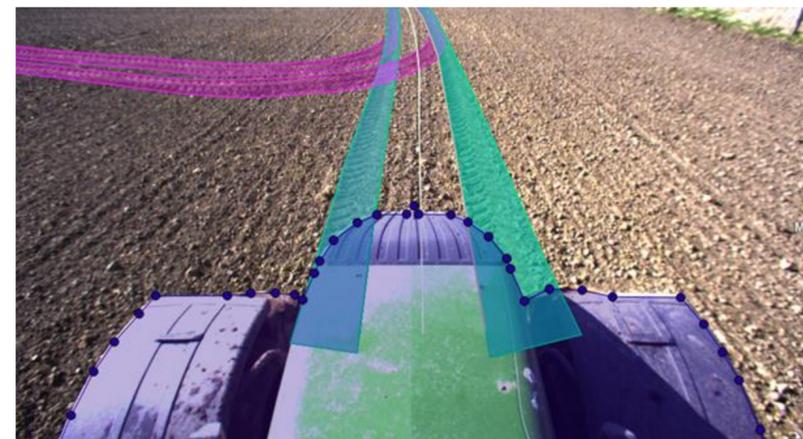
ROS/ROS2 sensor drivers available on Github:

**bosch-engineering**  
**/off\_highway\_sensor\_drivers**



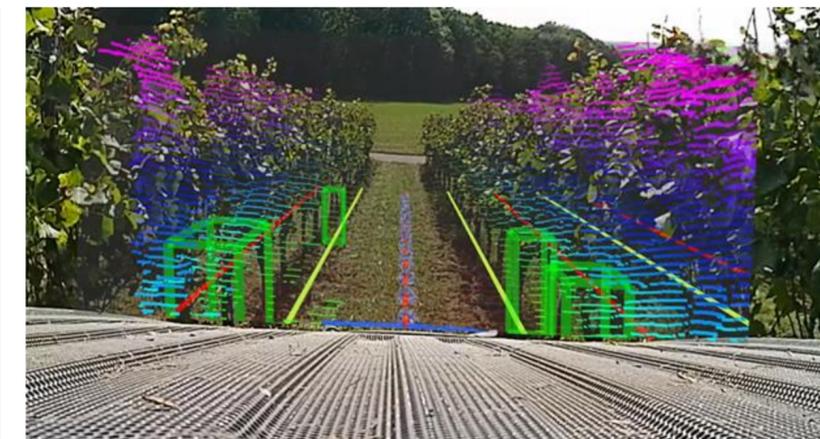
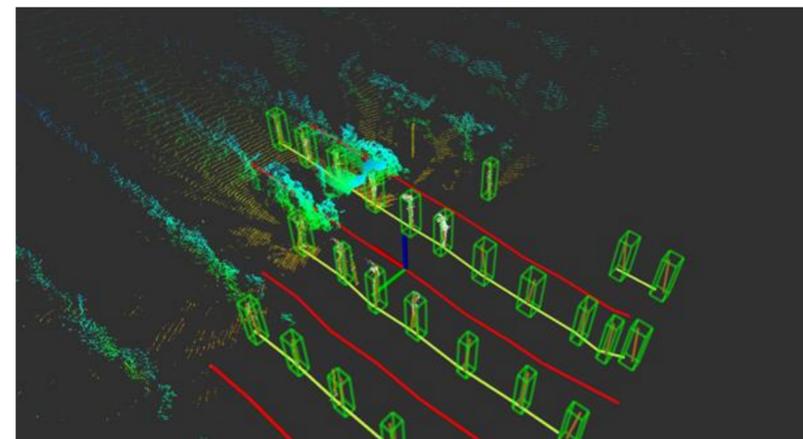
# Spurlinienerkennung (Tramline Guidance)

- Anwendungsfall
  - Automatisierte Querführung des Traktors entlang Spurlinien
  - Längsführung des Traktors mittels Tempomat oder TIM
  - Anwendung bei verschiedenen Bewuchshöhen
- Systemaufbau
  - Monokamera
  - Industrie-PC mit Ubuntu und ROS



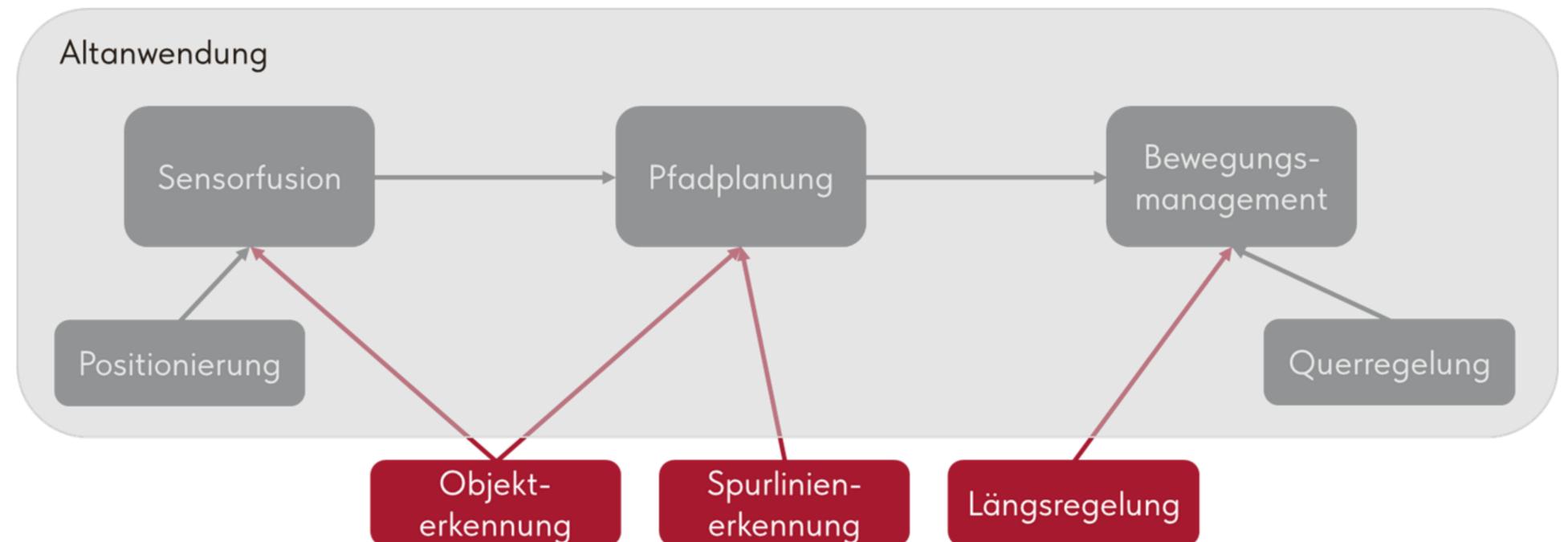
# Spurführung im Weinberg (Vineyard Guidance)

- Anwendungsfall
  - Automatisierte Querführung des Traktors zwischen Weinreben
  - Längsführung des Traktors mittels Tempomat
  - Anwendung zu verschiedenen Jahreszeiten
- Systemaufbau
  - Lidar
  - Monokamera für Visualisierung
  - Industrie-PC mit Ubuntu und ROS



# Portierung einer Serien-Applikation

- Anwendungsfall
  - Bestehendes, GNSS-basiertes Spurführungssystem
  - Integration neuer Sensoren
  - Austausch und Erweiterung von Modulen
  - Definierte Schnittstellen zwischen Modulen



# Apex.AI

---

## Erfahrungen mit ROS 2

Frederik Beaujean | ROS 2 in POV.OS - Automatisierungsplattform für mobile Arbeitsmaschinen

© 2023 Apex.AI, Inc. | All rights reserved.  
Apex.AI, Apex.OS, Apex.Grace, Apex.Ida, Apex.Alan, Apex.Ray are trademarks of Apex.AI.



# Allgemeine Industrieerfahrungen mit ROS 2

## Was funktioniert gut?

- Einfach, ein System neu aufzusetzen und zu experimentieren
- Viele Pakete, viele Entwickler, begeisterte Community, viele Sensoren mit Treibern...
- Viele nützliche Werkzeuge (RViz, CLI, bag...)

## Wo fehlt noch etwas ?

- ROS 2 erfüllt Normen für Funktionale Sicherheit oder Cybersecurity nicht, aber Architektur auf DDS aufbauend gut
- Laufzeitdeterminismus: dynamischer Speicher, RTOS...
- Executor (ROSCon 21 session)/callbacks und Kontrolle in großen Systemen
- Testabdeckung
- Zugriff auf Nachrichtenpuffer in der Middleware
- Unterstützung anderer Protokolle: J1939, Isobus, NMEA 2000, UDS, SOME/IP, etc.

# Warum Apex.AI?

## Gestern

Lücke zwischen Prototypen und Produktion



- Apex.AI ist Teil von ROS 2:
- Im Technical Steering Committee (TSC)
- Mit Open-source Beiträgen, z.B. Rosbag
- In Arbeitsgruppen (Bag, Realtime, Rust)

Viele große Firmen in Industrie und Automobil nutzen ROS für Prototypen

Mehr Details: Apex.AI's ROS World 2021 (<https://roscon.ros.org/world/2021/>) Vortrag!  
→ Apex.OS Cert: Taking ROS 2 from prototype into production (<https://vimeo.com/649645295/67e0a6569f>)

## Heute

Nahtloser Übergang zur Produktion



## Schlüssel ist Zertifizierung für Funktionale Sicherheit

Erstes open-source basiertes Projekt zur höchsten Stufe in Funktionaler Sicherheit zertifiziert (ISO 26262 ASIL D).

Dafür mit CES Innovation Award 2021 geehrt.

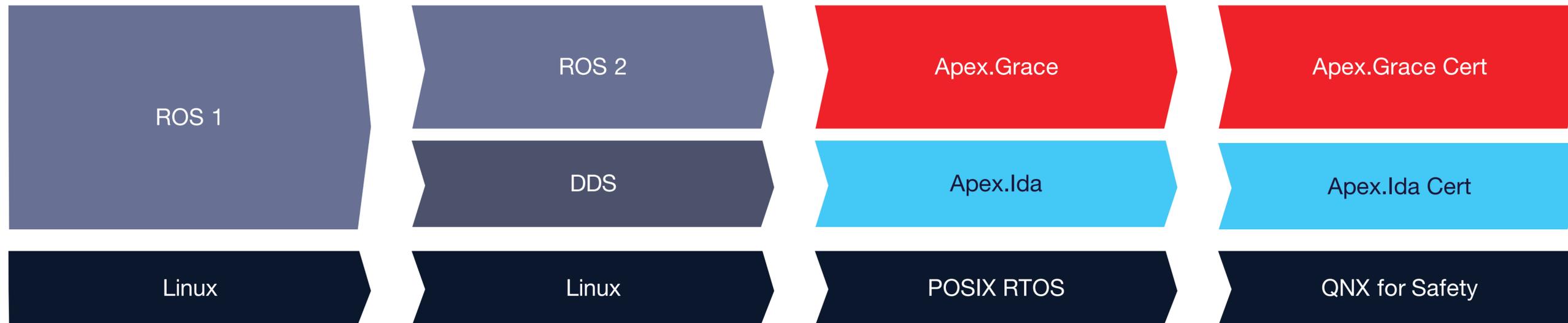


## Entwickler zentriert

Frederik Beaujean | ROS 2 in POV.OS - Automatisierungsplattform für mobile Arbeitsmaschinen

## Industrie zentriert

# Evolution von ROS



## ROS 1

- Software framework für Robotik
- Weite Verbreitung im autonomen Fahren

## ROS 1 → ROS 2

- Höhere Code-Qualität
- DDS middleware
- Tests und Dokumentation

## ROS 2 → Apex.OS

- Ausführung in Echtzeit
- Vollständige Dokumentation und Tests
- Unterstützung von Prototypen und Serien-Plattform
- ...

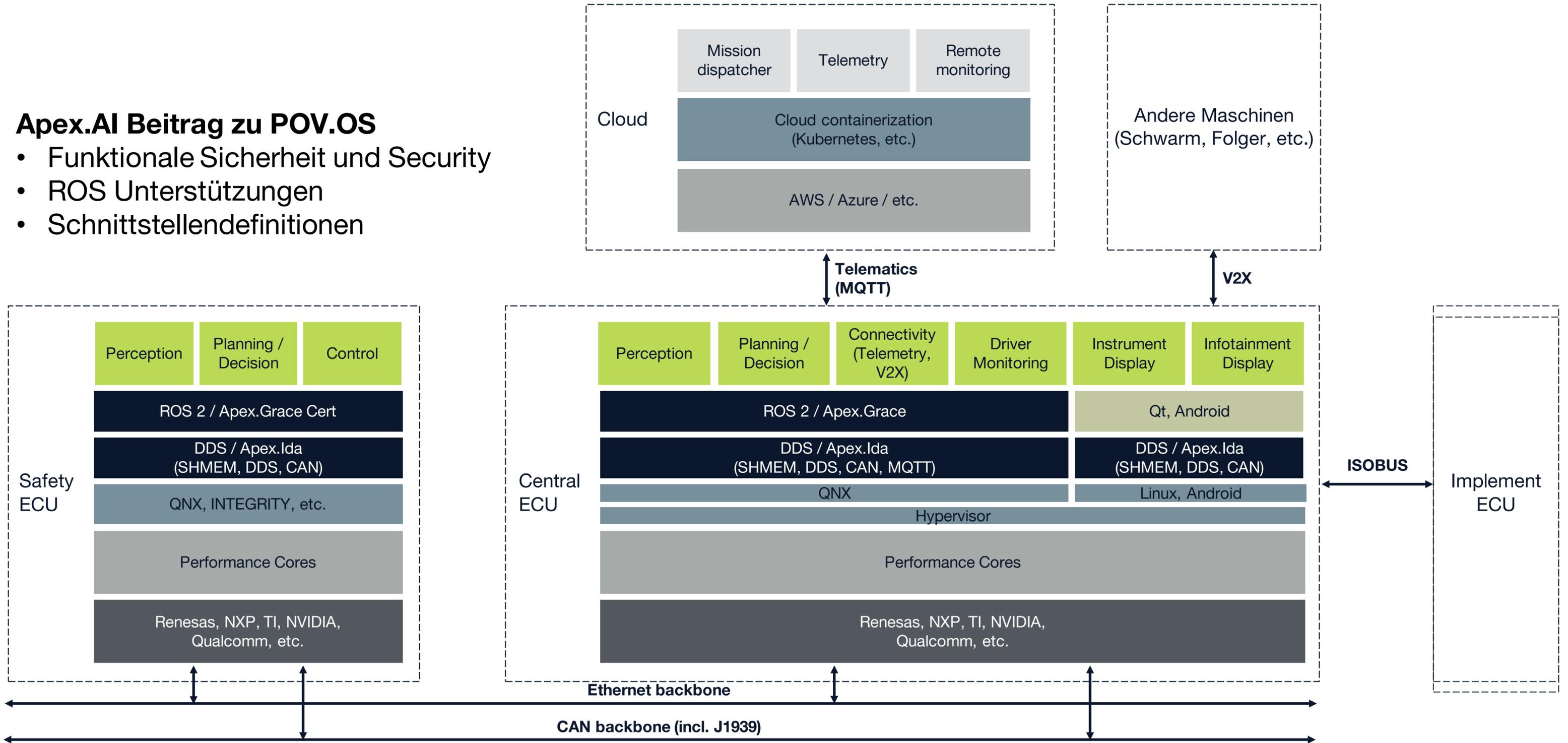
## Apex.OS → Apex.OS Cert

- Funktionale Sicherheit Zertifizierung – ISO 26262, SEooC, bis ASIL D
- Deterministische software Ausführung
- Apex.AI eigene Erweiterungen

# Beispielarchitektur

## Apex.AI Beitrag zu POV.OS

- Funktionale Sicherheit und Security
- ROS Unterstützungen
- Schnittstellendefinitionen



# Zusammenfassung

## 1. FAPS / FAU

- Erforschung autonomer ROS 2-Funktionalitäten im Kontext der Intralogistik
- Vernetzung

## 2. AGCO

- Einbringen von konkreten Anwendungsfällen für ROS
- Erstellung Leitfaden für Portierung von Serien-Applikationen nach ROS

## 3. Apex.AI:

- Erfahrungen in funktionaler Sicherheit und ROS einbringen

**2025: Plattform mit offenen Schnittstellen für Arbeitsmaschinen**