

Intelligente mobile Maschinen
Ein Abriss zur Autonomie

2025-09-25 | T.Schmidt

Vita

2010-2015	TU Dresden - Studium Maschinenbau Vertiefung Richtung mobile Arbeitsmaschinen und Hydraulik Abschlussarbeit über elektr. Schwader
2016-2017	OEM-Baumaschinenhersteller- Applikationsingenieur/ Softwareentwickler - Neukonzeptionierung HMI - Weiterentwicklung der Softwareentwicklungsprozesse - …
Ab 2018	OEM-Baumaschinenhersteller- Abteilungsleiter Steuerungstechnik Elektrik - Neukonzeptionierung Steuerungssystem - Betreuung FuSi / Mitwirkung Produktsicherheit - 2020 - Konzeptionierung und Entwicklung Hybridmaschine (~ 800 V DC) - ab 2022 - Aufbau einer eigenen Digitalisierungslösung - 2023 – Entwicklung Dekarbonisierungs-Roadmap - …
Ab 2025	Tobo GmbH – Zielstellung: Autonomie und CO_2-Neutralität nach vorne bringen

Bereiche Tobo GmbH

Engineering

- Beratung
- Softwareentwicklung
- Systementwicklung / Prototyping
- Testing

Produkte

- CO2-neutral
- Autonom
- Beitrag zum Klimaschutz
- Z.B. Agrarroboter

Engineering

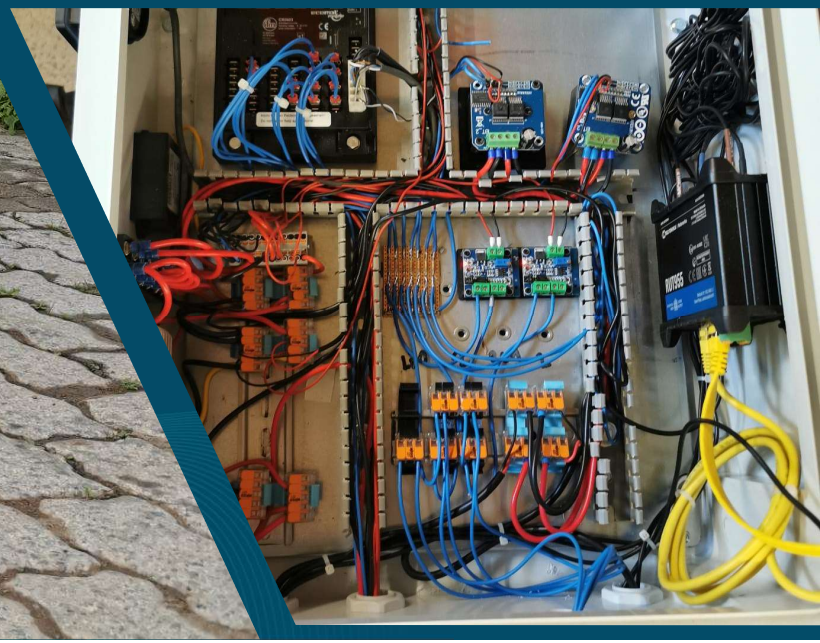
- Beratung
- Softwareentwicklung
- Systementwicklung/ Prototyping
- Testing

Konzept

- Gesamtheitliches Denken
- Interdisziplinäre Entwicklung „aus einer Hand“
- Einbeziehung gesetzlicher Anforderungen


SOLAR BCS
120AH





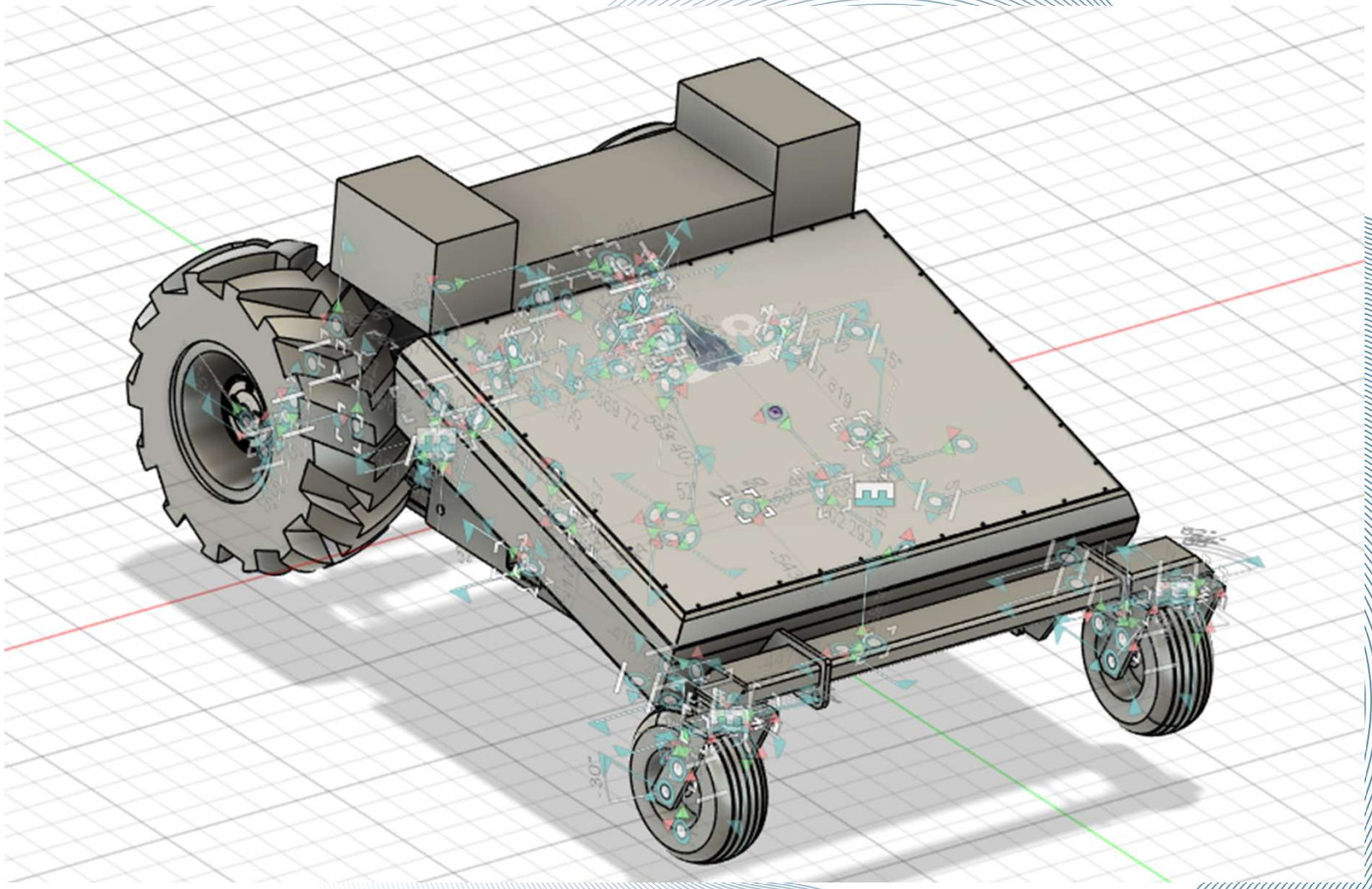
Systementwicklung/ Prototyping

- Testing von Hardware
- Entwicklung und Validierung von Algorithmen
- Sammeln von Messdaten



Spannung	48 VDC
Leistung Antriebs	4x 750 W
Batterie	8x 12 VDC 120 Ah → Brutto 11,6 kWh
Abmessungen	1,6 x 1,2 m
Gewicht	480 kg
Elektronik	Jetson Nano, ifm CR0403, ifm CR0451, GPS-RTK System, 4G Modem (Wifi), Arduino Due…
Anteil Tobo	Alles

Bulle



Kenndaten:

Gewicht	1.0-2.0 to
Abmessungen LxBxH	1,8 x 1,3x 0,8-1,2 m
Modulare Batteriegröße	23- 92 kWh
Hangneigungen	40°-45°
Heckkraftheber	Kat 1 u. 2, 1200 kg Hubkraft
Zapfwelle	540er und 1000er, Ca. 15 kW
Radtriebwerk	ca. 15 kW pro Triebwerk
Hydrauliksystem	3-4 Steuergeräten. 3-8 l/min
Spannung	48V DC System

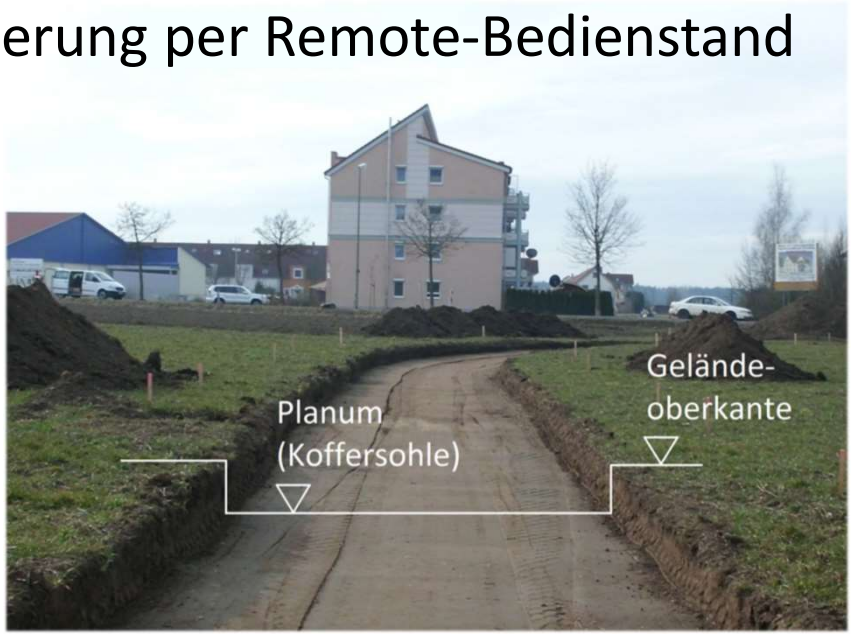
Begriffsbestimmung: Automatisierung vs. Autonomie

- SAE J3016: **Hoch**- und **Vollautomatisierung** (Level 4 und 5)
- Prof. Will[1]: Unterscheidung über die **Komplexität der Entscheidungen**
- Maschinenverordnung 2023/1230:

  „Autonome mobile Maschinen bezeichnet mobile Maschinen mit einer autonomen Betriebsart, in dem alle wesentlichen Sicherheitsfunktionen der mobilen Maschine in deren Bewegungs- und Arbeitsbereich ohne ständige Interaktion mit Bedienern sichergestellt sind.“

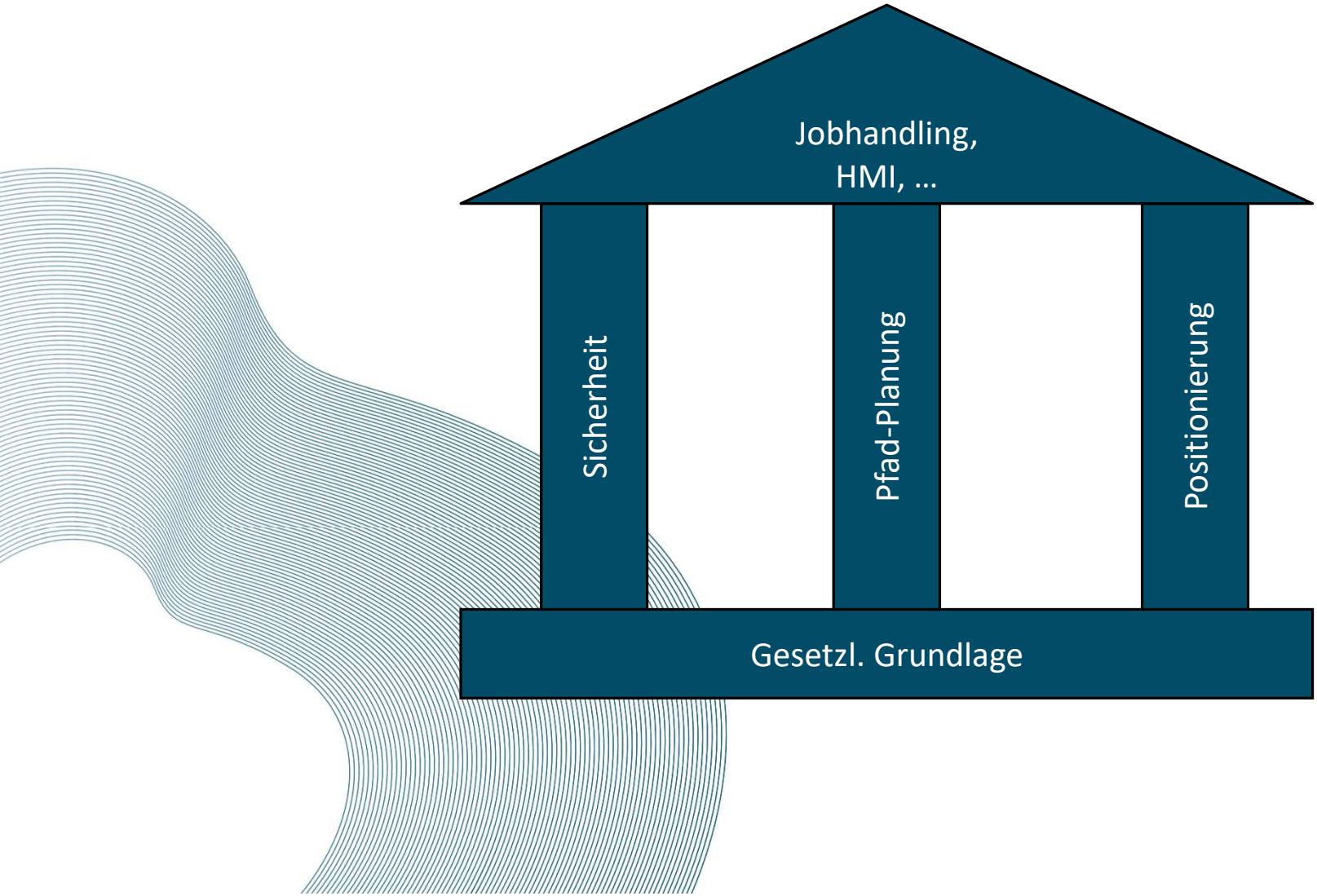
[1] Will, Prof. Dr.-Ing. F.: Automatisierte Baumaschinen und Robotik, Beitrag, GWT, 2019

- Autonomiegrad > 95% für eine bestimmte typische Aufgabe
- Level 4 nach SAE-Standard J3016
- Prozesseffizienz der Maschine 50-100 %
- Keine Kollaboration zwischen Menschen und Maschine
- Steuerung per Remote-Bedienstand



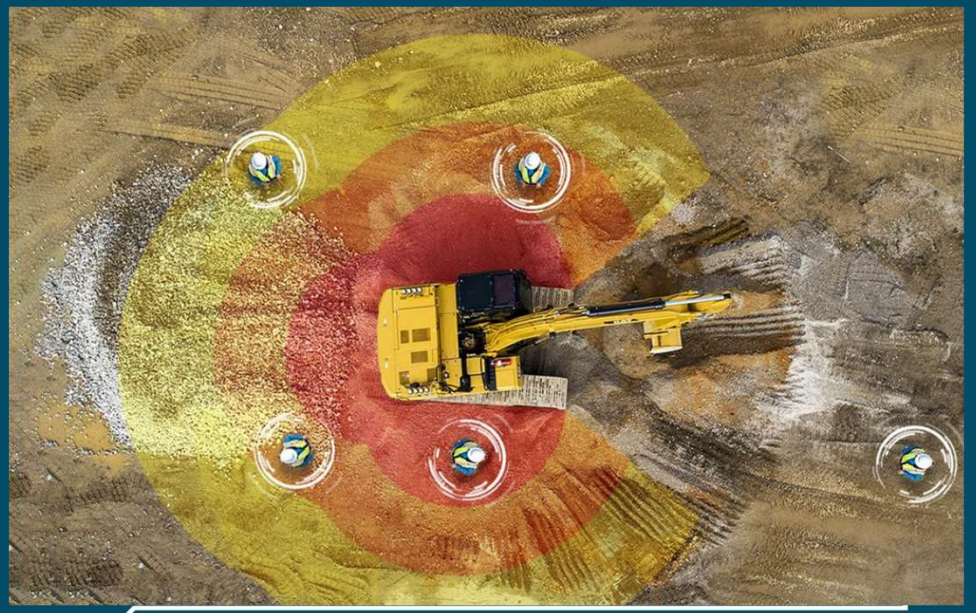
Anforderungen Zielmaschine

Basismodel


Jobhandling,
HMI, …
Sicherheit
Pfad-Planung
Positionierung
Gesetzl. Grundlage

Sicherheit

- Maschinenverordnung 2023/1230
- DIN EN ISO 13849 und DIN EN ISO 19014
- Umfeldsensorik ersetzt „Käfig“
- Radar, Lidar, Ultraschall, 3D-Kamera, Kamera und KI-Algorithmen, …
- Diversifizierung und Sensorfusion



Quelle: www.cat.com/

Pfadplanung

→ Erzeugung von Pfaden und Bewegungsbahnen

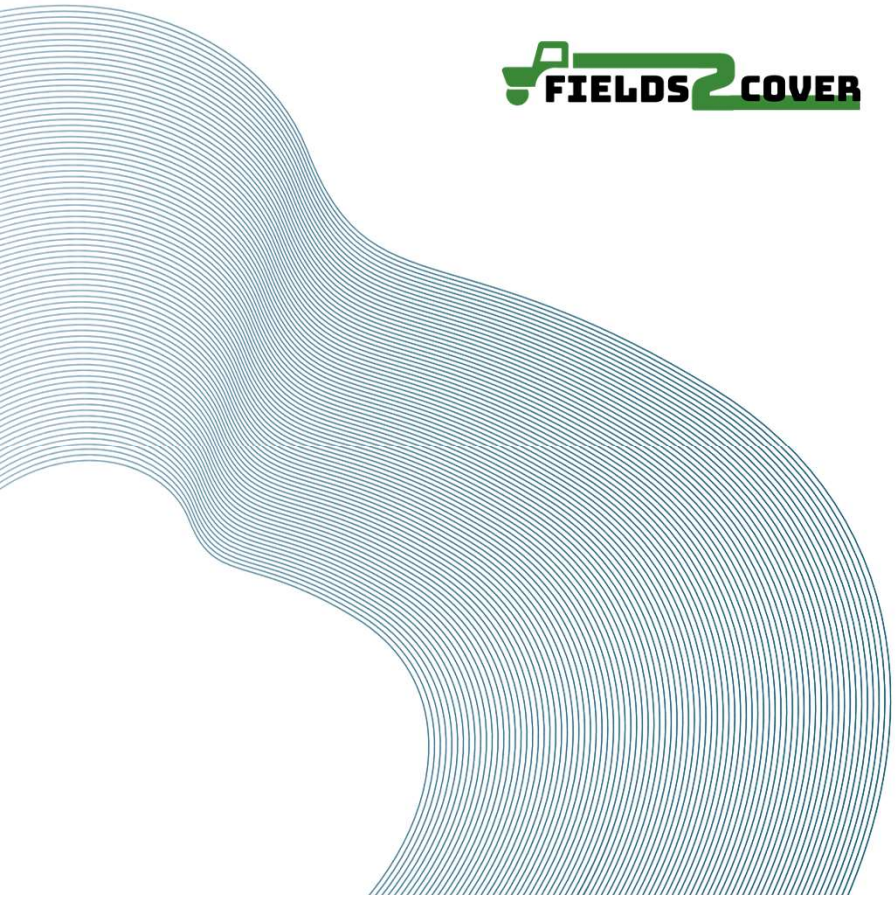
Pfade auf der Baustelle:

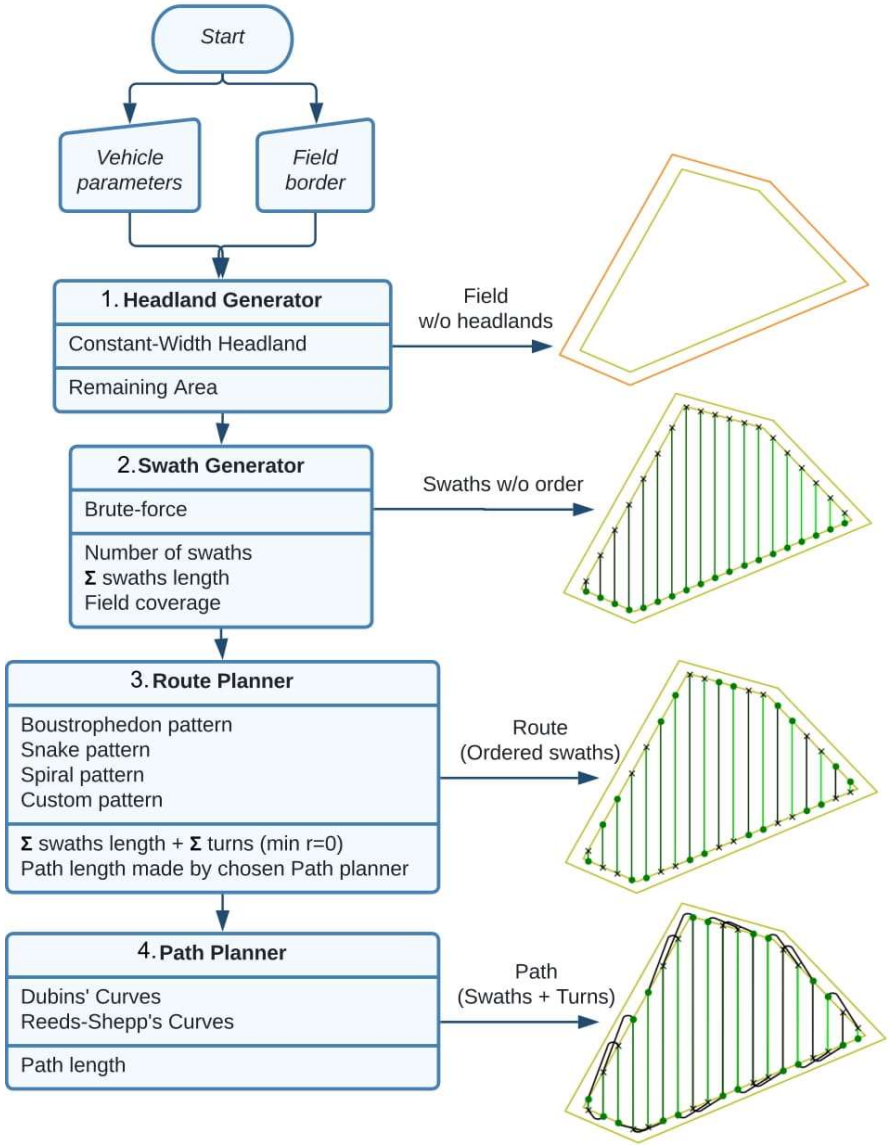
- Verfahren der Maschine auf der Baustelle
- Verschiedene Grundtypen von Algorithmen
  - Potentialfeldverfahren
  - Wegekartenverfahren
  - Zellunterteilungsverfahren
- Echtzeitkartierung der Baustelle

Pfade der Maschine:

- Verfahren des Endeffektors im maschineneigenen Koordinatensystem
- Orientierung an Algorithmen des CAM
- Kombination Bediener-Softwareentwickler
- Interessenten meist aus der Branche

Pfadplanung Agrartechnik





Positionierung

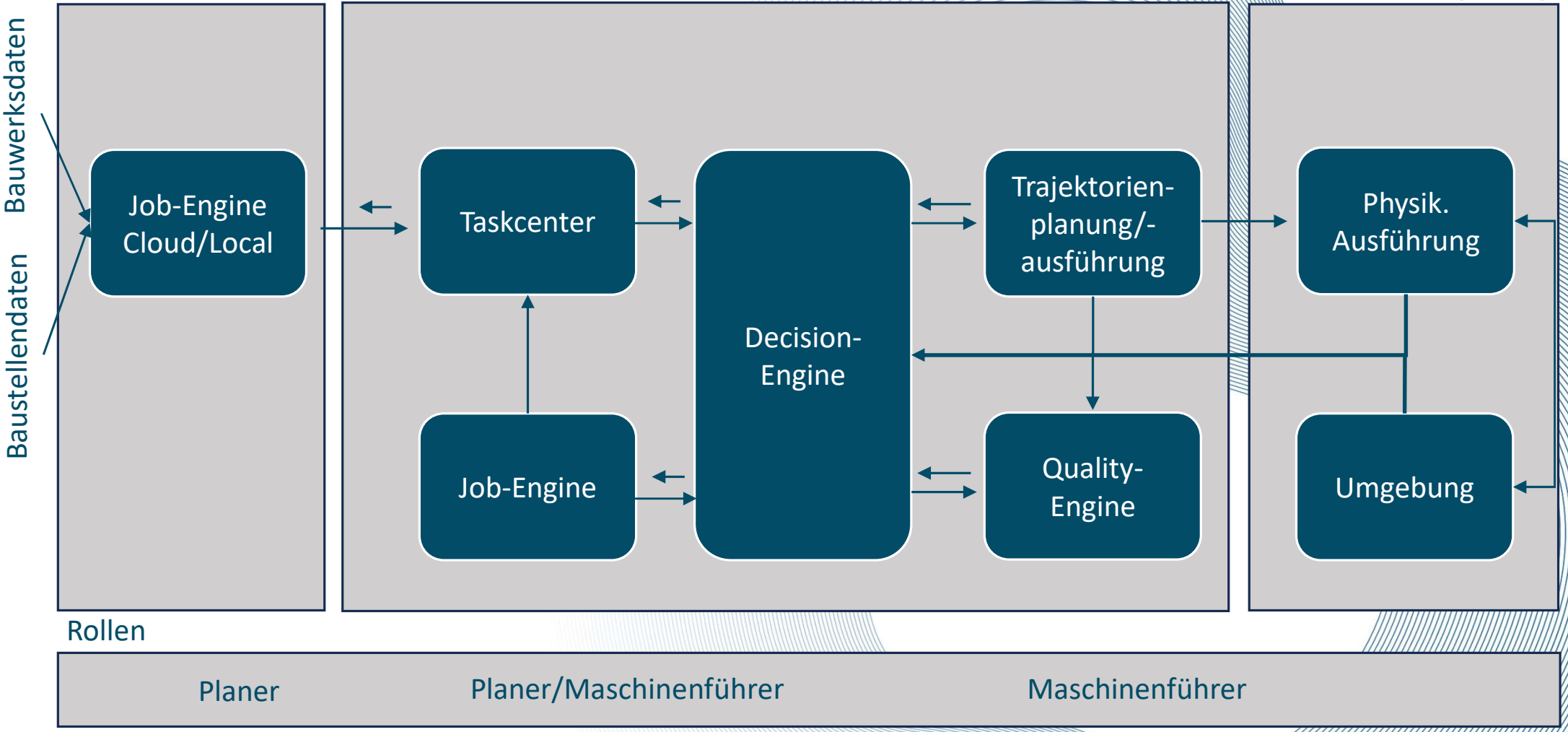
Trajektorie

- Sollpositionen aus Pfadplanung
- Kollisionserkennung
- Planung von Fahrkurven
- Korrektur der Fahrkurven bei potenzieller Kollision

Trajektorienfolgeregelung

- Inverse Kinematik
- Latenzen und Nicht-Linearitäten
- Kaskadierte Regelkonzepte
- Hohe Regelgüte bei hoher Dynamik

Ablauf Job/Task



HMI

- UX – User Experience
- Fernbedienstände
- Intuitive Planungsmöglichkeiten
- Umplanung auf Baustelle
- Aufgabensplittung zwischen den Rollen



Autonomie Baumaschinen

Built-Robotics



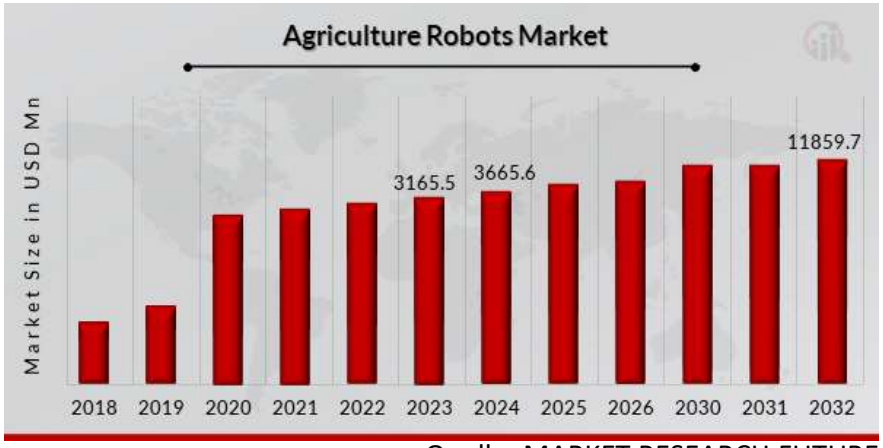
Liebherr



Agrarrobotik

Permarobotics





Quelle: MARKET RESEARCH FUTURE

Farmdroid



Agxeed



Persönliche Empfehlung

- Ein Großteil der Tools heute schon vorhanden
- Realistische Abschätzung für alle Bereiche
- Kompromisse Eingehen
- Langer Atem im Invest

  →Richtige Schrittweise für Business Case

Vielen Dank!

Tobo GmbH

tobiasschmidt@tobo-gmbh.de

www.tobo-gmbh.de