



ROBDEKON

Robotersysteme für
die Dekontamination in
menschenfeindlichen
Umgebungen



Sind autonome Baumaschinen schon reif für den praktischen Einsatz?

19.06.2024

Dr. Philipp Woock
Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, Germany



Kompetenzzentrum ROBDEKON

Gesamt-Fördersumme 2018-2026
ca. 20 Mio. EUR



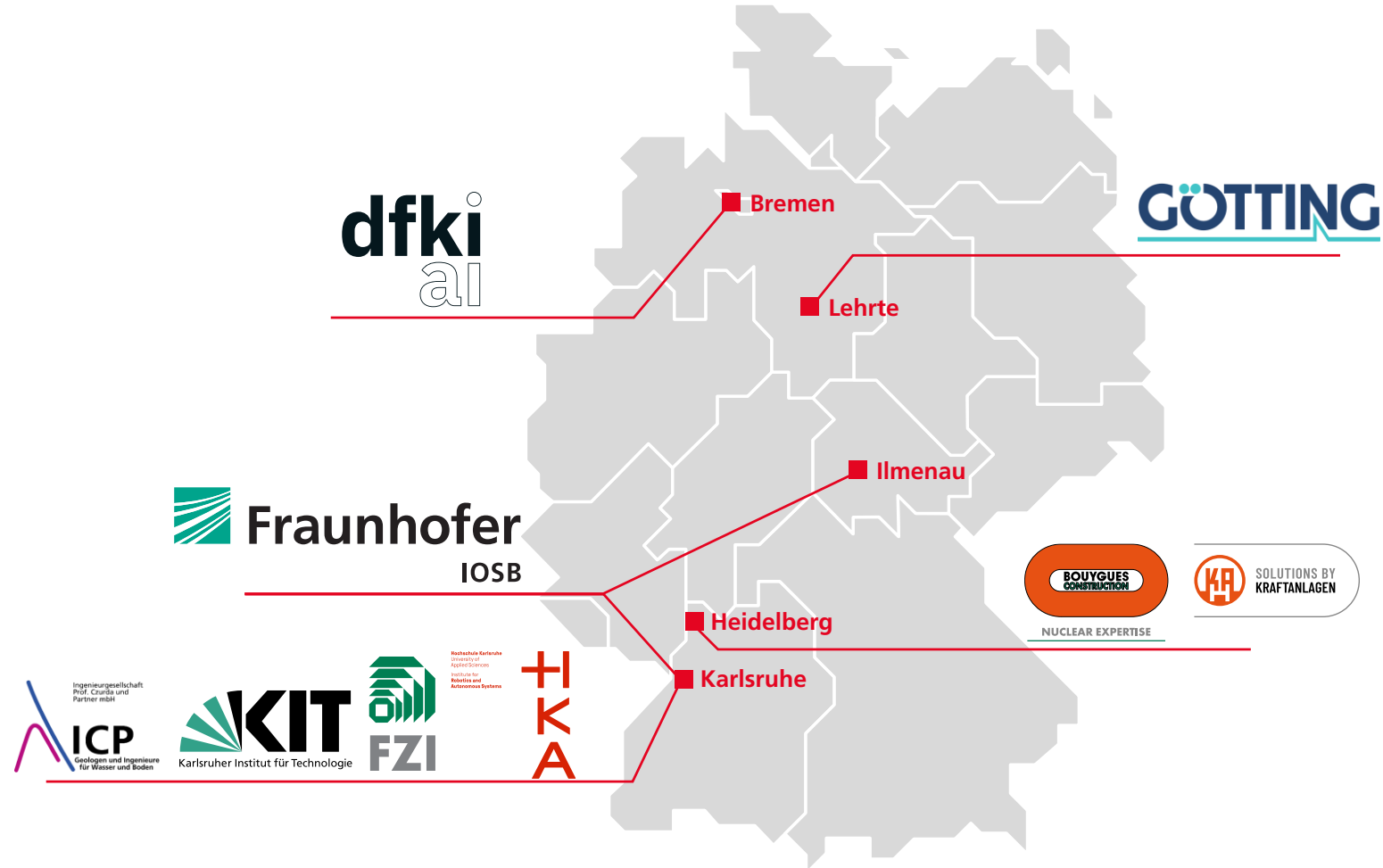
ROBDEKON

Robotersysteme für
die Dekontamination in
menschenfeindlichen
Umgebungen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Ein Schwerpunktthema: Sanierung von Deponien und Altlasten

ROBDEKON

- Gesundheitsgefährdungen für Menschen
 - staubgetragene Schadstoffe
 - Spurenstoffe von Deponiegasen (z. B. H_2S)
- Aktuell: Konventioneller Rückbau mit Bagger und Dumper, z. T. Bagger im Meißelbetrieb (große Betonbruchstücke)
- Umlagerungsprozess könnte zukünftig durch Robotersysteme durchgeführt werden.
 - Autonomer Umlagerungsprozess könnte für eine schnellere Bearbeitung ggf. anders geplant werden



Beispielaufgabe: Autonomer Aushub

ROBDEKON



Annahmen

- Beprobung erfolgt
- Schadstoffverteilung bestimmt
- Aushubbereich durch Experten vorgegeben

Aufgabe

- ➔ Autonomer Aushub eines Gebietes mit vorgegebener Tiefe
- ➔ Beladung eines autonomen Transportfahrzeugs mit Aushubmaterial
- ➔ Autonome Abfuhr durch das Transportfahrzeug

Algorithmen-Toolbox (ATB)

Autonomie-Softwarelösung

Module

- Fahrzeuganbindung
- Kinematische Modellierung
- Sensoranbindung und -kalibrierung
- Sensordatenauswertung und Bewegungskompensation
- Lokalisierung
- Kartierung (SLAM)
- Hinderniserkennung
- Integrierte Pfadplanung und -regelung
- Mobile Manipulation
- Ablaufsteuerung



Sensorausstattung Kettenbagger Liebherr R 924, 24 t



Zeitrichtige Aufnahme
aller Sensordaten

Sicherheitskonzept



LiDAR

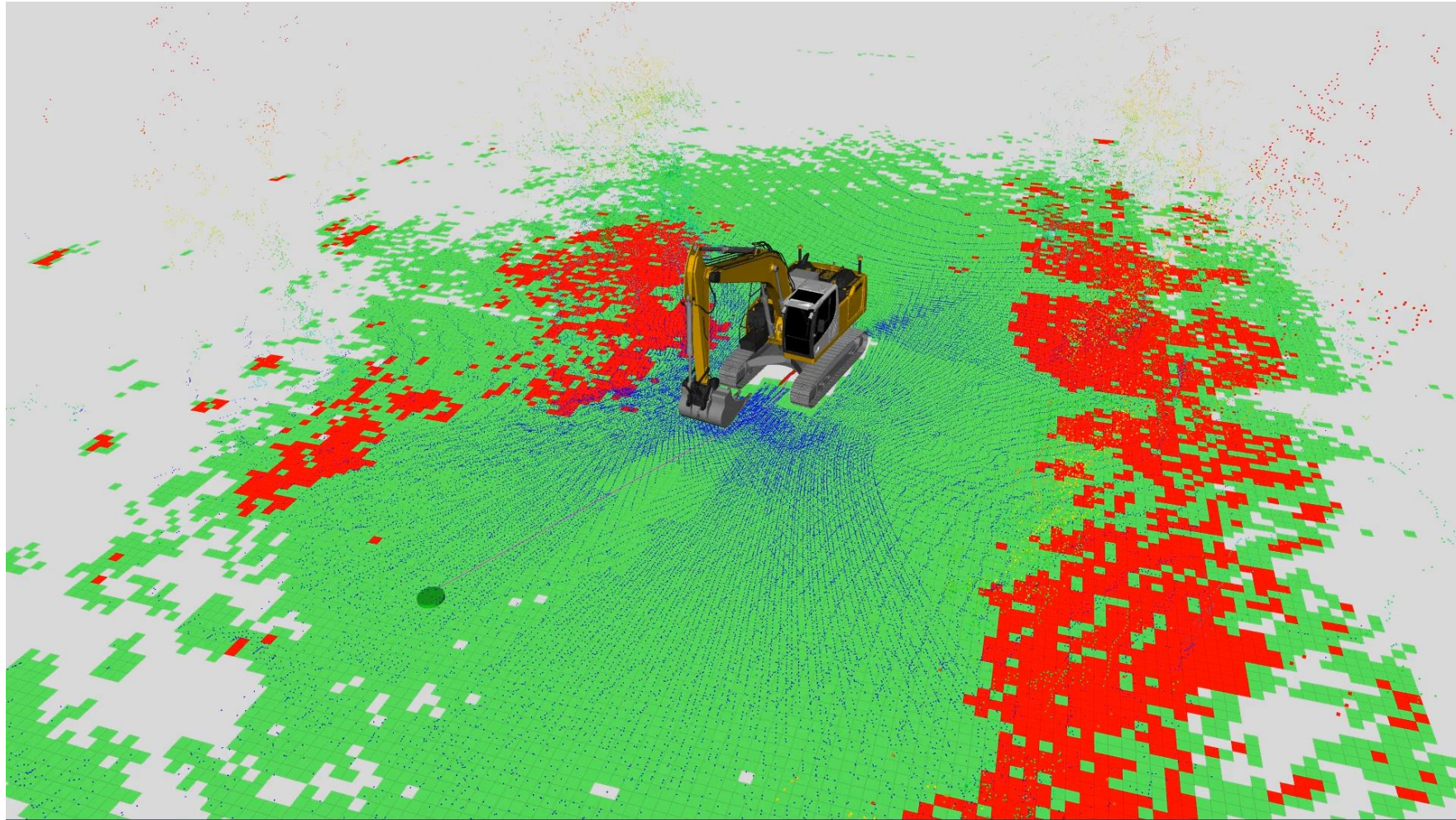
Stereo-
Kamera

INS/GNSS,
Odometrie

Winkel-
und Druck-
sensorik

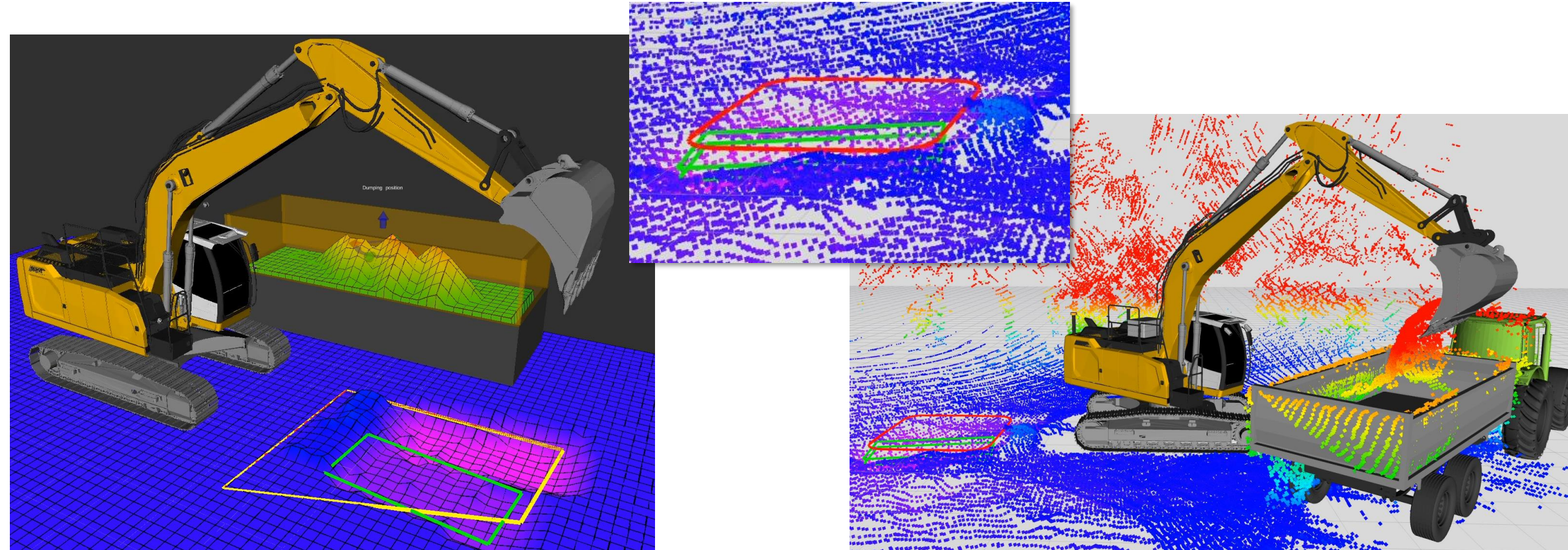
Autonomes Anfahren eines Wegpunktes

Autonomiebefähigung



Aufgabe: Aushub und Beladen eines Dumpers

Autonomiebefähigung



Untersuchung der Robustheit der Algorithmen-Toolbox

Der Teufel steckt im Detail

Bisherige Entwicklung nicht in breit
gefächerten Anwendungsfällen

Tests in anderen Umgebungen:

Fahren in unebenem Terrain

Erdreich vs. Steine

Erdreich vs. reales Deponiegut

Großflächige Operationen

Graben am Hang



Synthetische Sensordaten aus einer Spiele-Engine





Segmentierung

- Tiefe neuronale Netze trainieren Robotersysteme auf Umgebungsverständnis
- Öffentliche Verkehrsdaten sind für Baumaschinen ungeeignet
- Synthetische Daten reichen nicht



The GOOSE Dataset – »German Outdoor and Offroad Dataset«

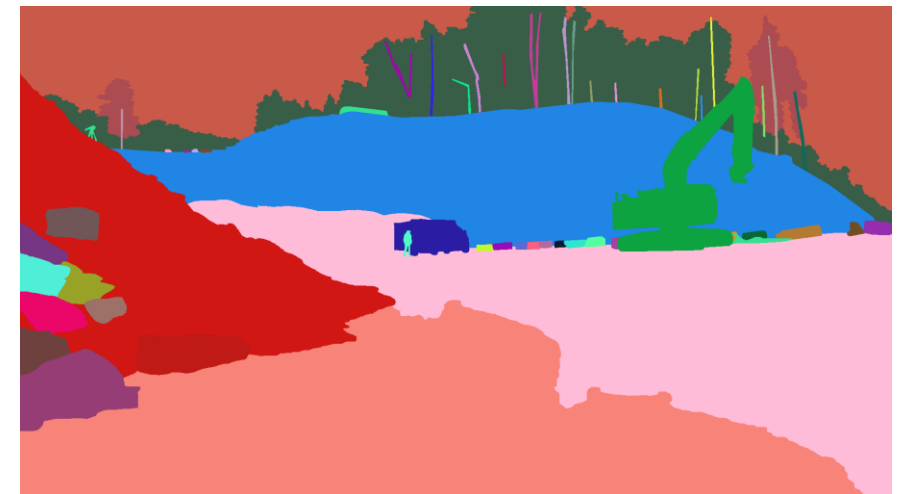
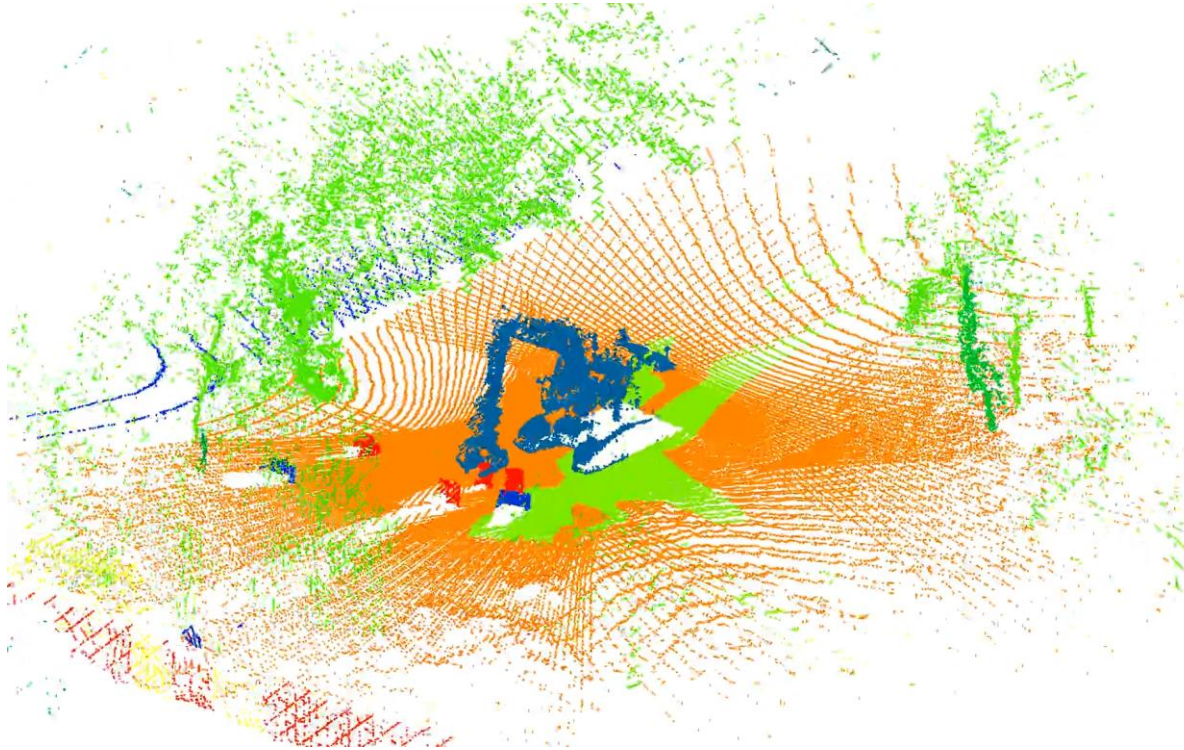
Ein KI-Lerndatensatz für unstrukturierte Umgebungen



- In Zusammenarbeit mit UniBW und Universität Koblenz
- Gefördert vom BMVg
- Gelabelte Daten mit 64 Klassen, große Plattform- und Umgebungsvielfalt

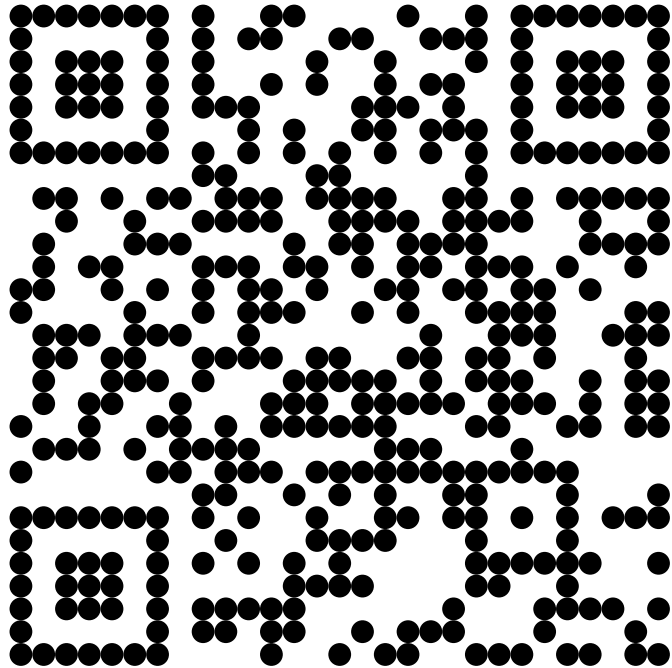
Legende

- Bush ●
- Asphalt ●
- Low Grass ●
- Tree Trunk ●
- Obstacle ●
- Ego Vehicle ●
- Hedge ●
- Low Grass ●
- Barrel ●
- Tree Crown ●
- Soil ●
- Person ●

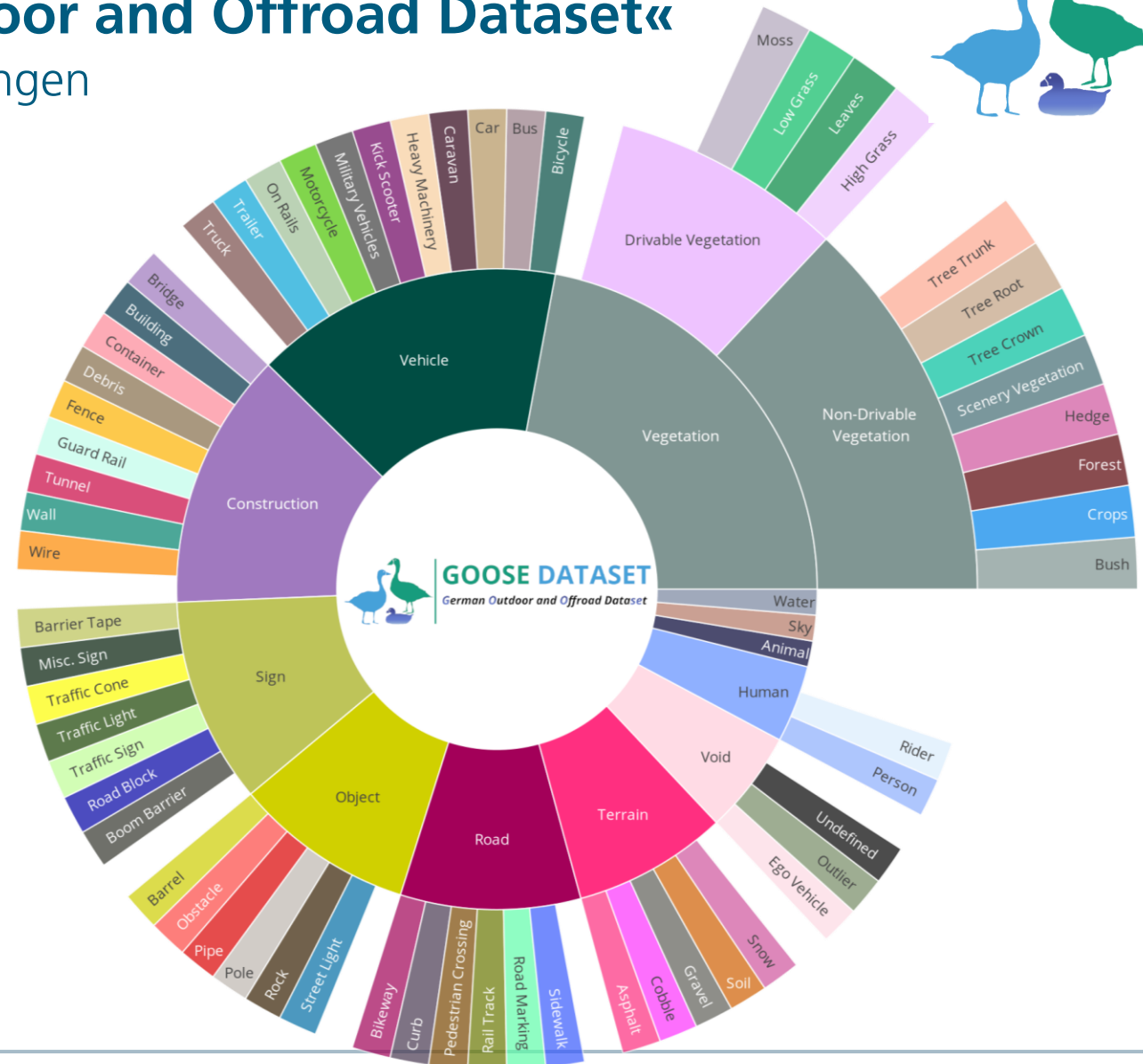


The GOOSE Dataset – »German Outdoor and Offroad Dataset«

Ein KI-Lerndatensatz für unstrukturierte Umgebungen



<https://goose-dataset.de>

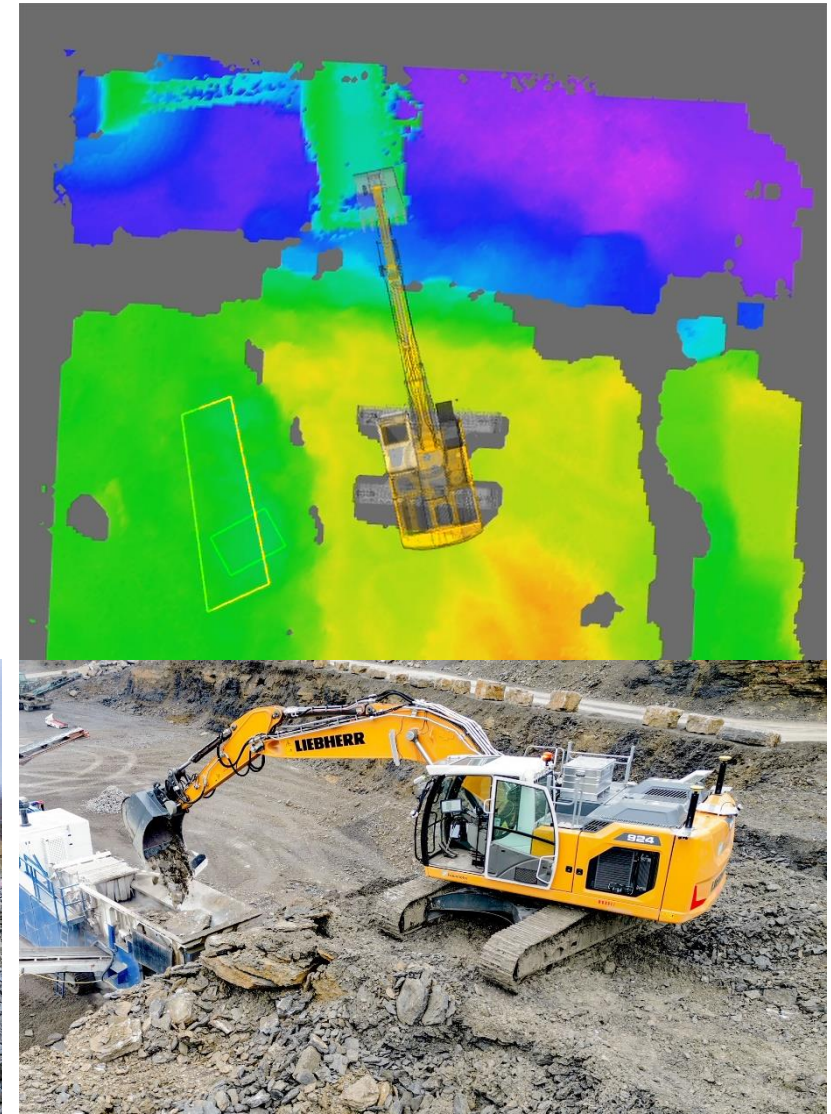


Tests im Steinbruch Exdorf

ZECH Umwelt GmbH

Tests unter völlig anderen Umgebungsbedingungen

- Gelände mit starker Höhenvariabilität
- Bodenbeschaffenheit durch große Steine erheblich anders
- Erfolgreiches Absolvieren einer Produktivaufgabe
 - Autonomes Beladen eines Brechers



Steinbruch Exdorf

ZECH Umwelt GmbH



Autonomous Excavator in Quarry

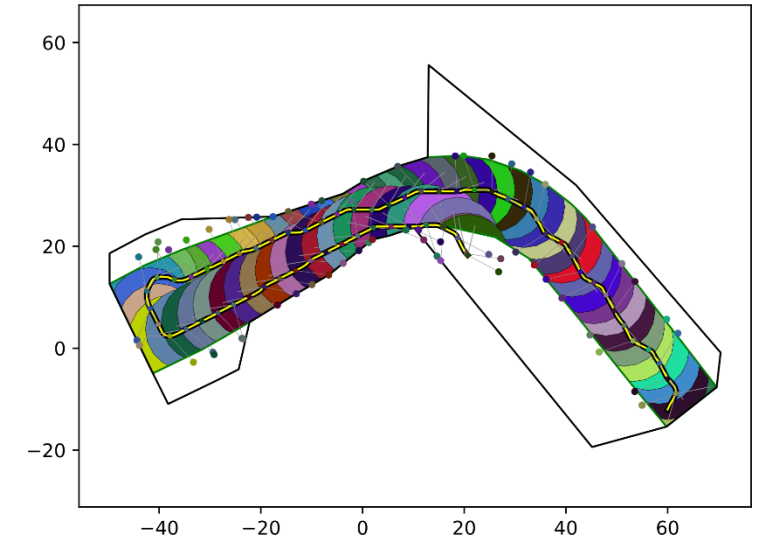
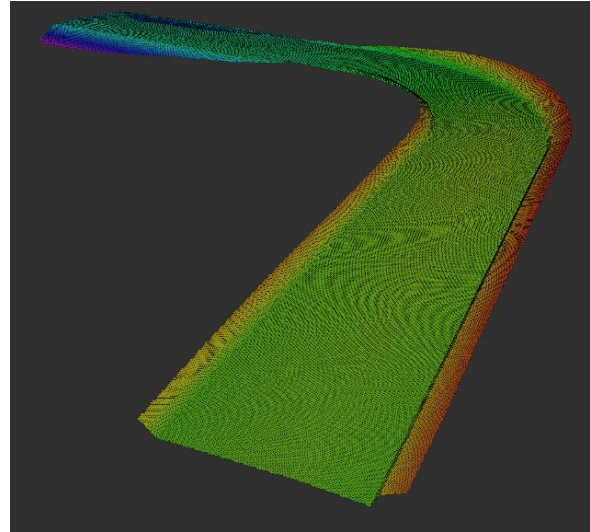
<https://youtu.be/ElhHYvDg5lQ>



Konzernlehrwerkstattsgelände

STRABAG BMTI GmbH

- Große Umgebung mit guter Infrastruktur
- Tests der Coverage-Planung für Aushübe größeren Maßstabs anhand von realer Beispielgeometrie
 - In praxisüblichem Datenformat



19.06.2024

Altlastenseminar KA 2024 | © Fraunhofer IOSB



restricted



Abarbeitung von Sollgeometrien

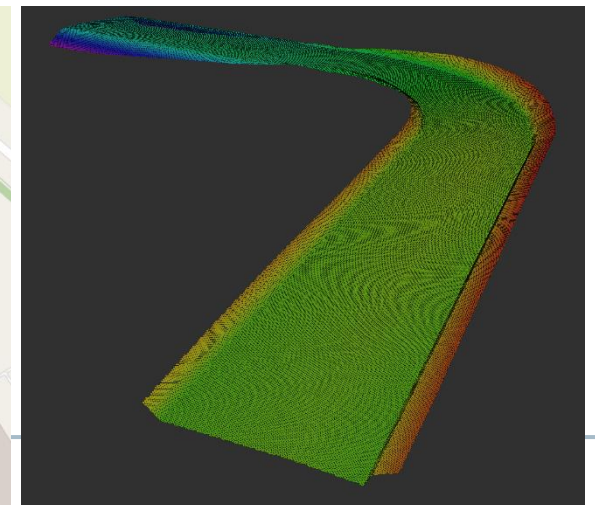
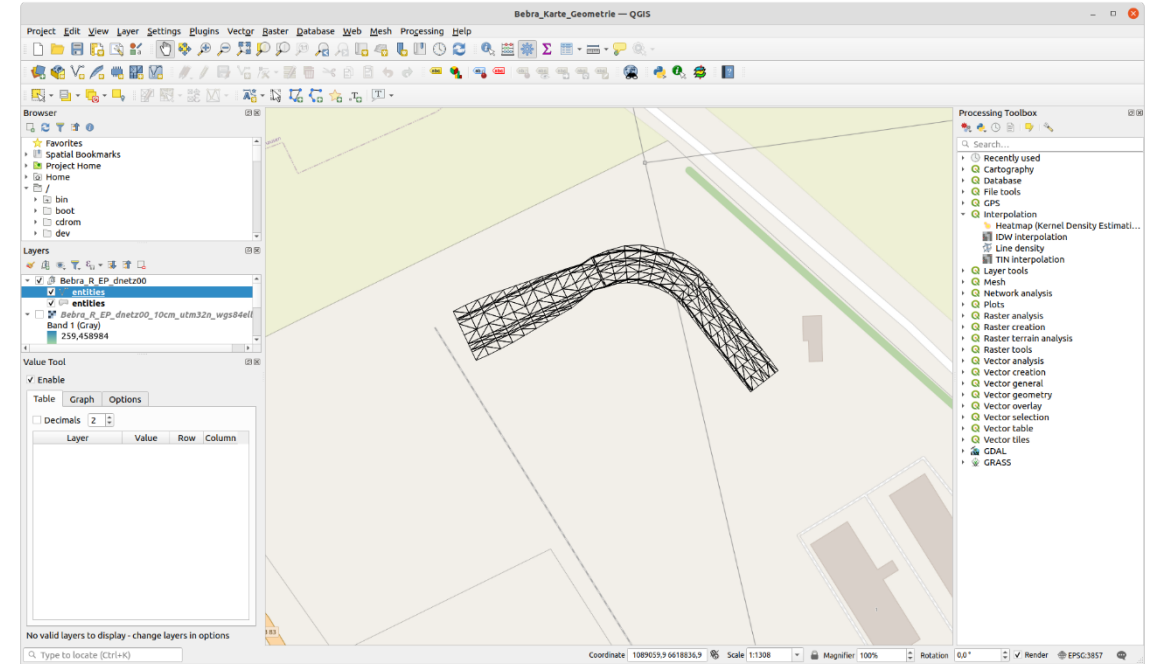
Gegeben: Georeferenzierte Sollgeometrie als Dreiecksnetz Aufbereitung mittels QGIS / GDAL

- Laden und referenzieren
- Konvertieren der geographischen Koordinaten
DHDN/Gauss-Kruger → ETRS89/UTM
- Interpolieren des Dreiecksnetz und konvertieren in GeoTIFF

Laden des GeoTIFFs durch ATB und Konvertierung in Gridmap

Coverage-Planung für Erdaushub

Erdaushub durch Alice



Konzernlehrwerkstattsgelände

STRABAG BMTI GmbH

 Bald auch auf YouTube



<https://youtube.com/@autonomous-robotic-systems>



Schätzung der Position des Muldenkippers

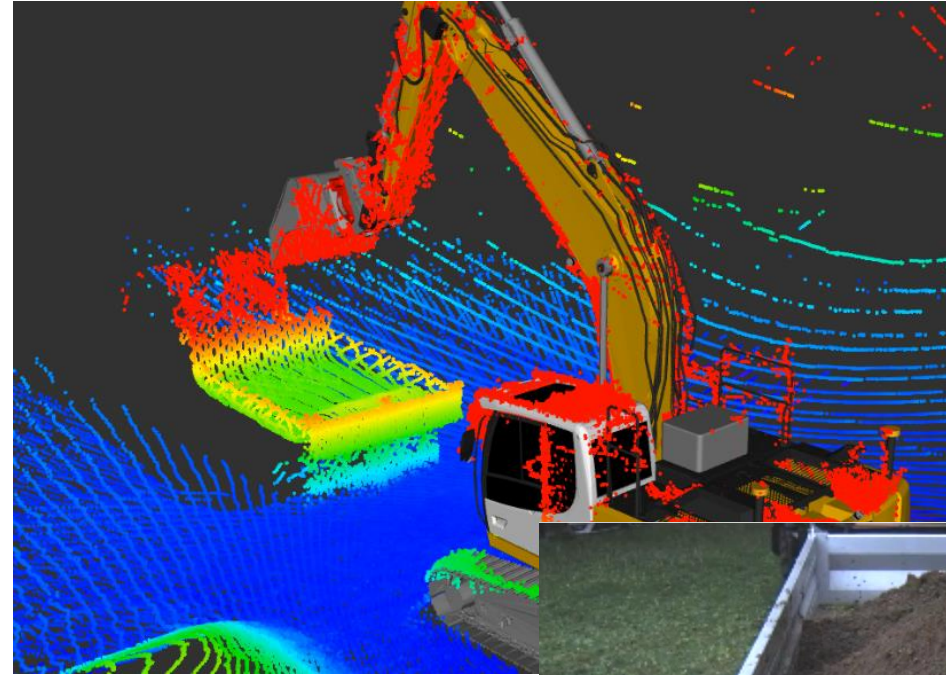
Abmessungen der Mulde müssen bekannt sein

Einfaches und robustes Verfahren

Grundlage: 3D-LiDAR-Punktwolke

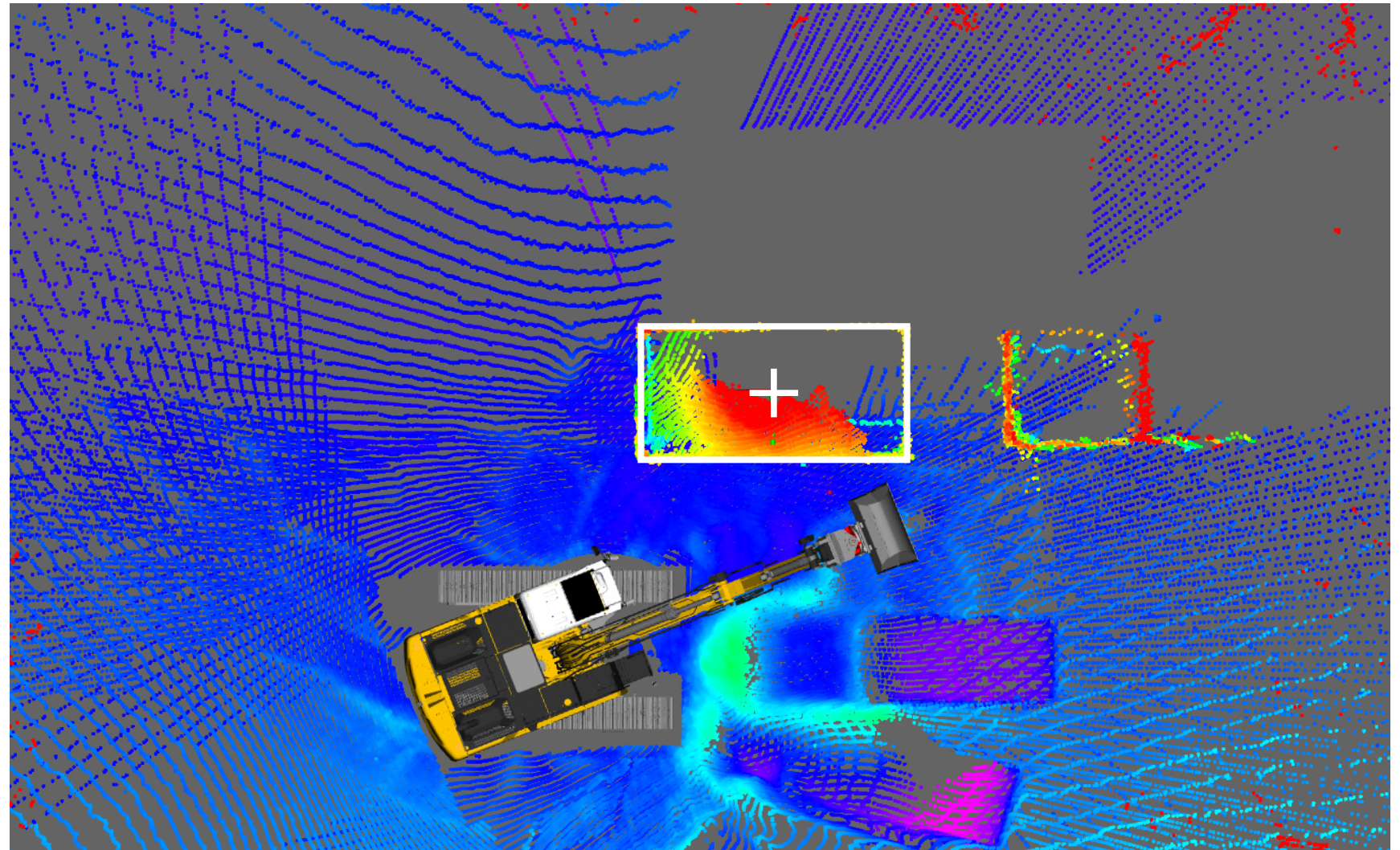
Hough-Transformation der 2D-Projektion

- Detektion der rechteckigen Geometrie



Schätzung der Position des Muldenkippers (2)

Rechteck in Punktwolke erkennen



Abfalldeponie Meudt

PolyFaktur GmbH + HERMANN'S HTI-Bau GmbH u. Co. KG

Sanierung der Deponie findet aktuell statt
Versuche in realem Deponiekörper möglich

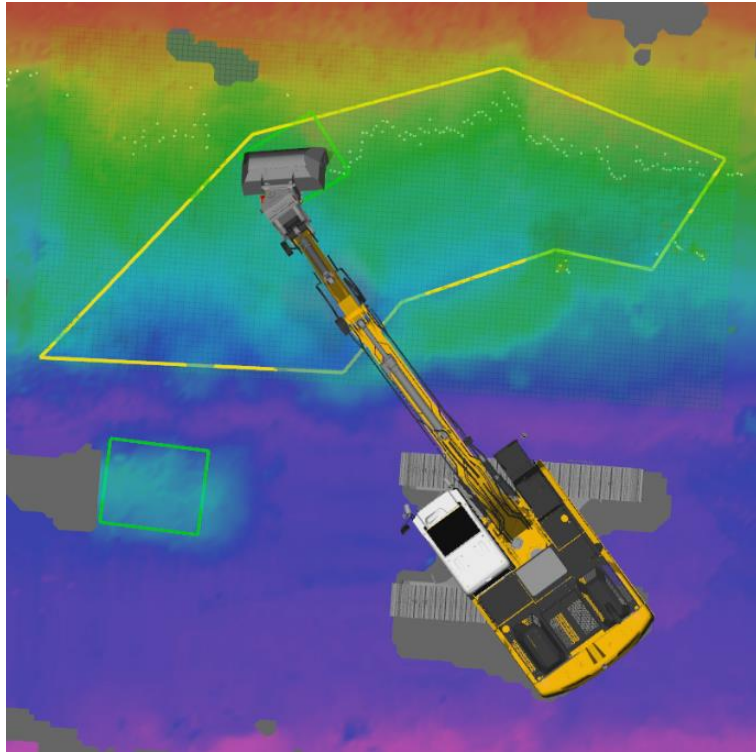
- Graben am Hang
- Ziehen von Drainagegräben
- Beladen von Fahrzeugen

Besondere Bodeneigenschaften durch Müllbestandteile



Graben am Hang

Anpassung der Aushubbewegung an Hangneigung
Erster Ansatz zur Nutzung des Tiltrotators



Abfalldeponie Meudt

PolyFaktur GmbH + HERMANN'S HTI-Bau GmbH u. Co. KG

 Bald auch auf YouTube



<https://youtube.com/@autonomous-robotic-systems>



Aufgabe: Fassgreifen

ZECH Umwelt GmbH



Autonomous Excavator Salvages Barrels

<https://youtu.be/6INTRodXPk4>



Kooperative Roboterteams

Gemeinsame, verteilte Kartierung

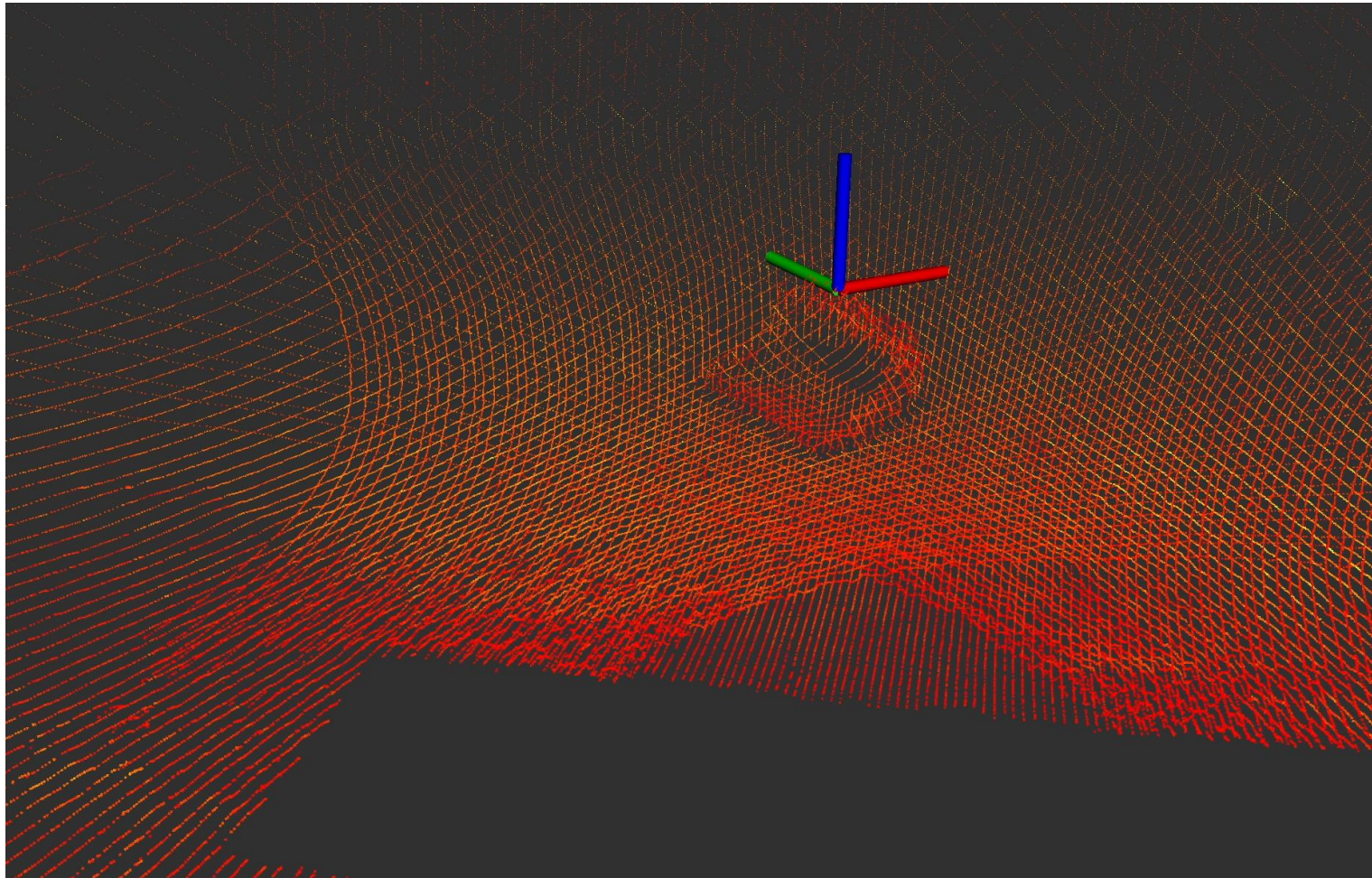


Autonomous excavator ALICE with its robotic companion Spot

<https://youtu.be/f6yBVIXKSyw>



Aktuelle Arbeiten: Autonomer Werkzeugwechsel



Neue Plattform: Unimog

Ertüchtigung mit Sensorik und Rechentechnik

- Mehrere LiDARs, Kameras
- IMU, GNSS
- Lenkwinkel, Radodometrie

Nutzung der ATB für Autonomiebefähigung



OTO

Sind wir bald da?



Sind autonome Baumaschinen nun bereit oder nicht?

Es kommt darauf an

Klar umrissene Tätigkeiten

Sich häufig wiederholende Tätigkeiten / Routineaufgaben

Assistenzsysteme

Digitalisierung der Aufgabe auf Auftraggeberseite erforderlich

Digitale Ansteuerbarkeit von Baumaschinen noch nicht gegeben





Kontakt

Dr.-Ing. Philipp Woock

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Autonome Robotersysteme

Fraunhoferstraße 1, 76131 Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-256

Fax +49 721 6091-413

philipp.woock@iosb.fraunhofer.de





restricted

—
**COMING
SOON**

oto @

