

- ≡ Bundesministerium Finanzen
- ≡ Bundesministerium Landesverteidigung

SIMPAS

6. Fachtagung Fortissomo

Dr. Julia I.M. Hauser, julia.hauser@joanneum.at

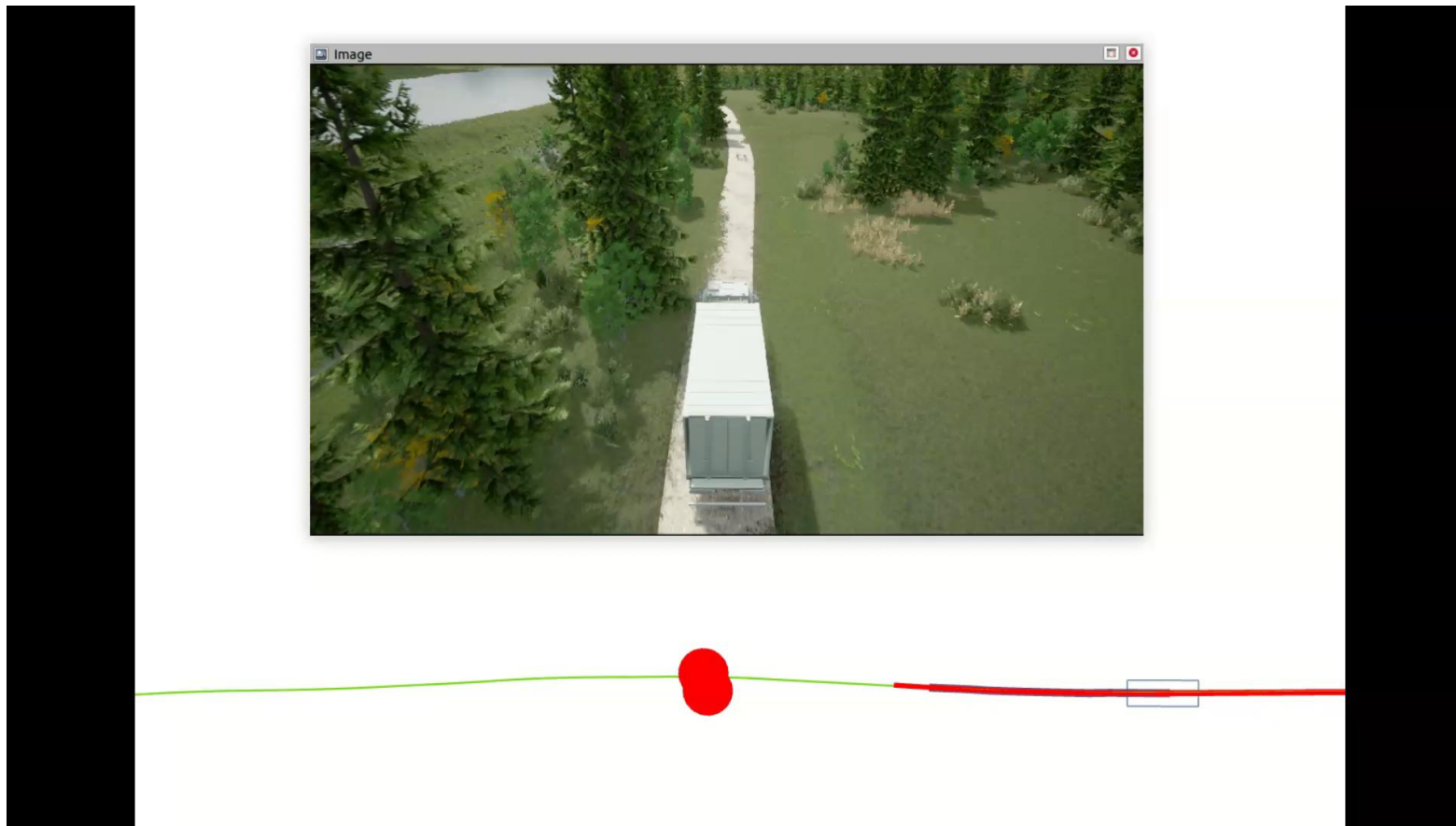
Projektfakten

- Forte 2021 Call
- Projektdauer: 1.1.2023 till 30.6.2025
- Name: Simulation autonomer Fahrzeugsteuerung auf Basis passiver Lokalisation
- Projektziel: Bereitstellung validierter Fahrzeugsteuerungsalgorithmen für das automatisierte Fahren eines militärischen Logistik-LKWs unter militärischen Bedingungen in einer digitalen Umgebung.
- Scientific Partners:
 - JOANNEUM RESEARCH and Graz University of Technology
- Industry Partners:
 - Rheinmetall MAN Military Vehicles and 4airis
- Public Partner: Austrian MOD represented by WFE
 - ARWT, IMG, Strukturplan

SIMPAS Projektziele

- Design der Simulationsarchitektur und Erstellung eines digitalen Zwillings der Fahrzeugplattform und der Sensoren.
- Implementierung der Algorithmen:
 - Implementierung der Fahrzeugsteuralgorithmen für militärische Geländeeinsätze in einer Simulationsumgebung.
 - Die Algorithmen für die Lokalisierung aus PALONA wurden verbessert, sodass sie in Echtzeit laufen, und arbeiten mit der Fahrzeugsteuerung zusammen.
 - Eine Hinderniserkennung wurde implementiert.
- Umsetzung von Sicherheitsmaßnahmen (funktionale Sicherheit des Systems)
- Definition und Ausführungen von realistischen und geeigneten Simulationsszenarien zur Untersuchung von Auswirkungen externer Einflüsse auf das System. Testung der Auswirkungen von Fehlern in einzelnen Modulen.
- Aufgrund der Komplexität wurden keine Untersuchungen zu Wetter- und Lichtverhältnissen (Dunkelheit, Nebel, Schneedecke usw.) zugesagt.
- Finales Ziel:
 - Alle Module werden in der Simulation validiert und in Echtzeit ausgeführt.
 - Eine wissenschaftliche Veröffentlichung auf einer wissenschaftlichen Tagung oder in einer Fachzeitschrift.

Video – Run in SIMPAS

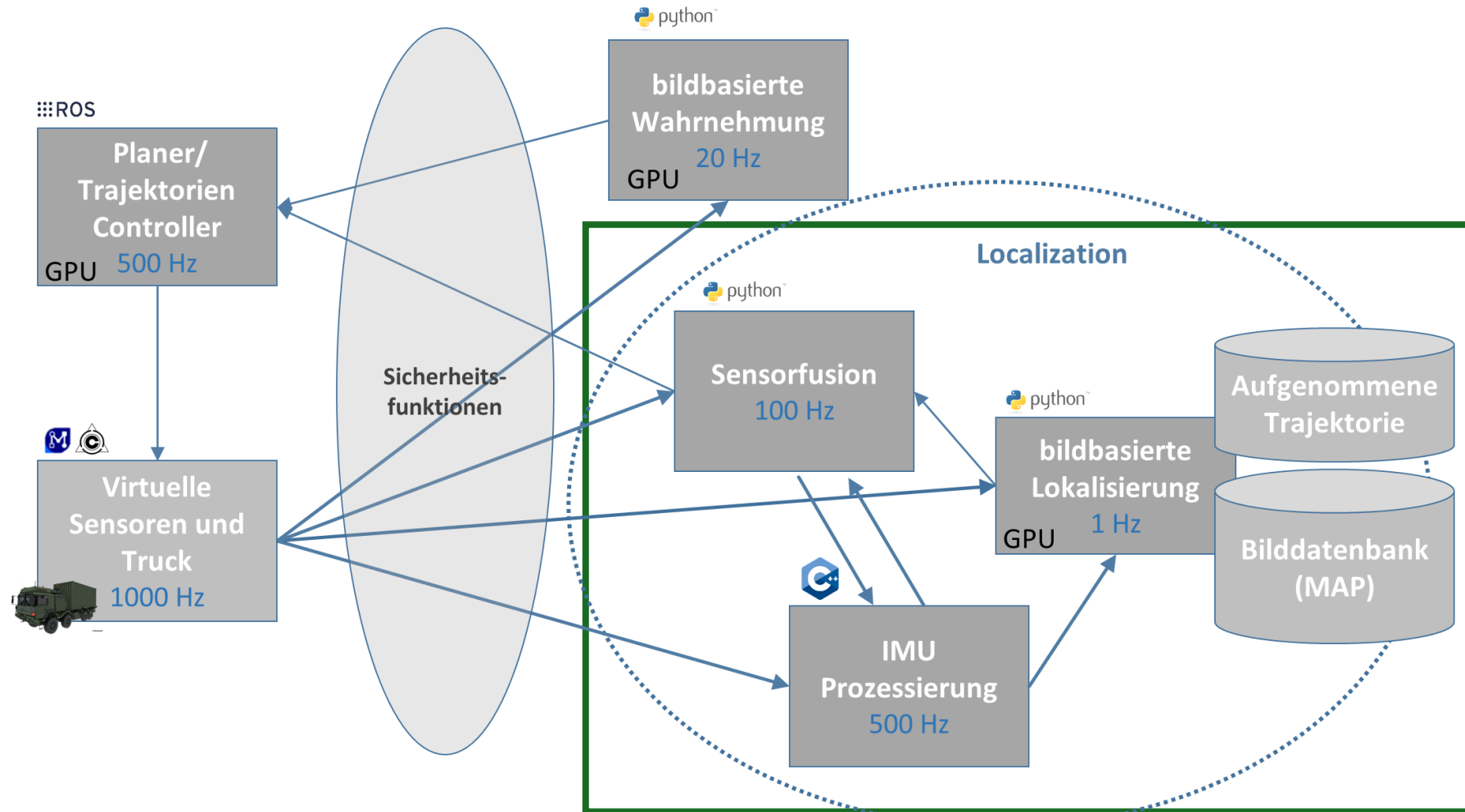


Das digitale Fahrzeug - RMMV

■ Aufnahmefahrten – Feb 2023

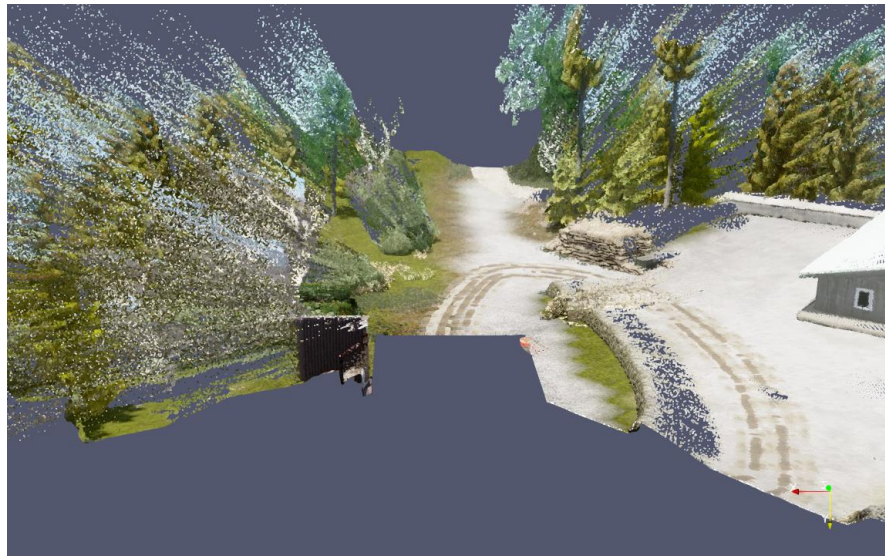


SIMPAS - Systemarchitektur

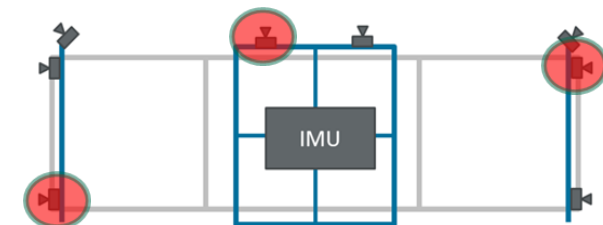
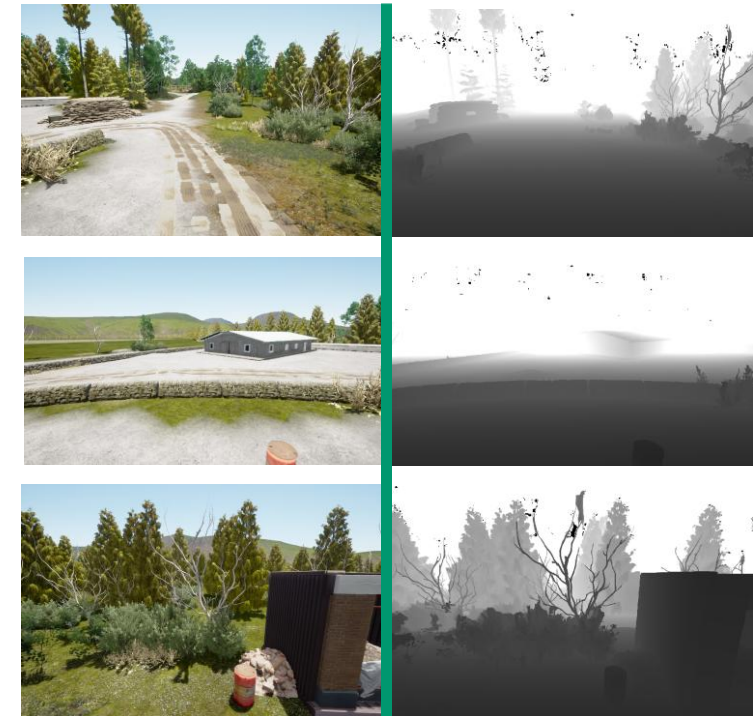


Lokalisierung

- Drei Stereokamerapaare
 - Tiefenbilder können zu einer Punktwolke oder einem Koordinatensystem zusammengefasst werden.
- Diese Punktwolken werden als lokale 3D-Kartendaten für den Trainingslauf (Teaching Run) verwendet.



Left stereo image 3D depth image



Lokalisierung: Bildersuche

- Unter Bildsuche versteht man das Auffinden des ähnlichsten Bildes in einer großen Sammlung anhand eines Trainingsdurchlaufs.

Lernfahrt

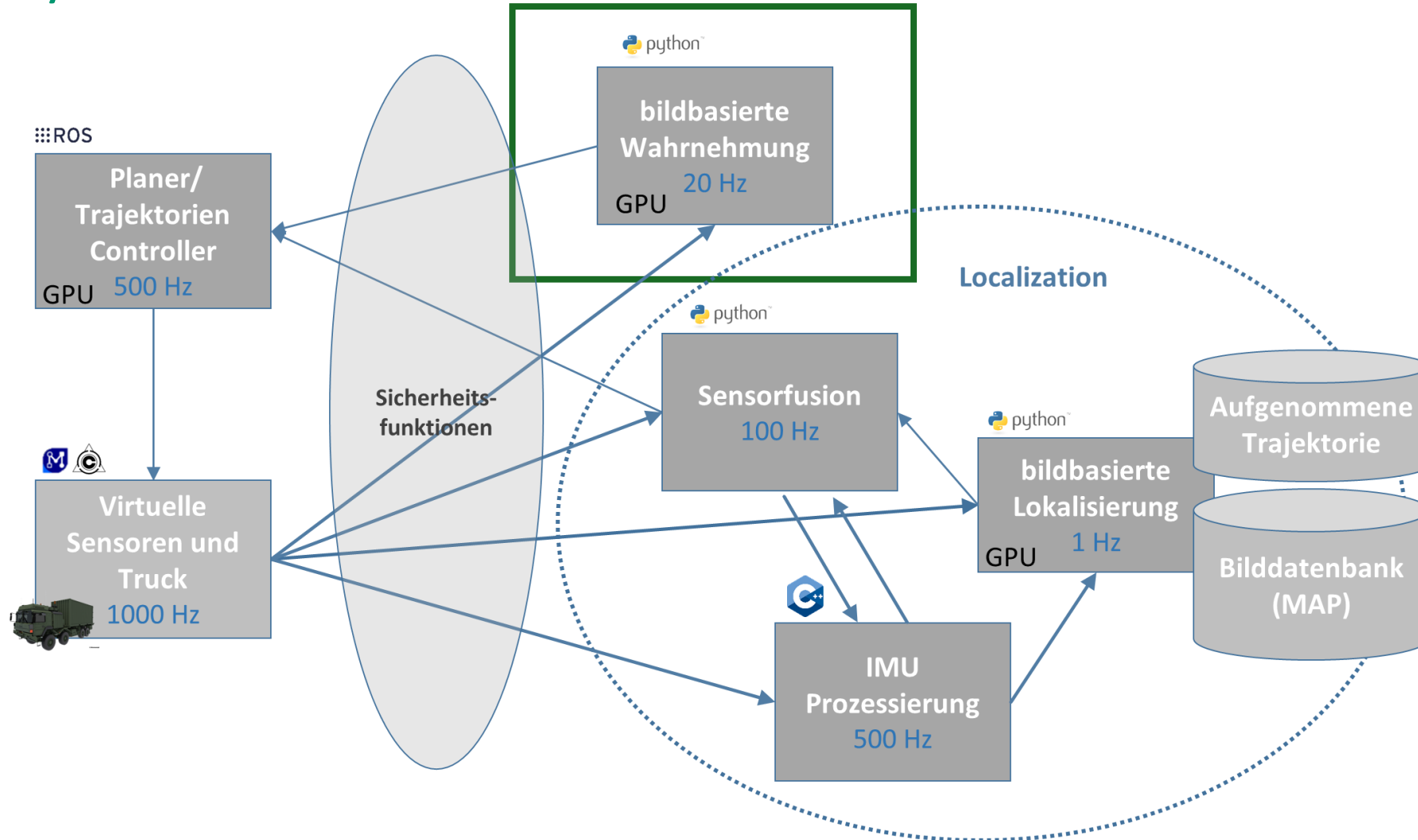


Autonome Fahrt



Similarity Matrix

SIMPAS - Systemarchitektur



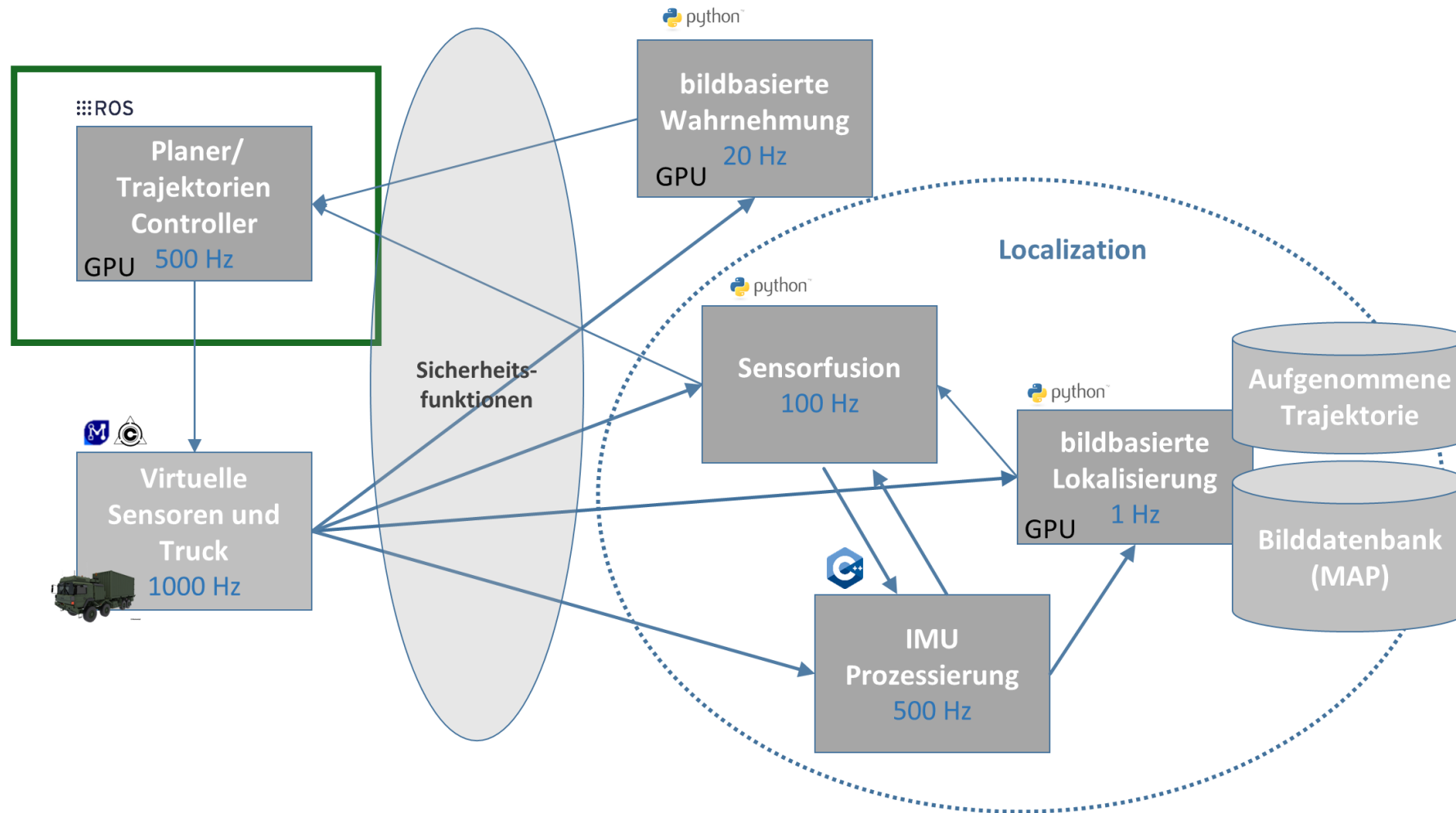
Umgebungswahrnehmung

- auf Objekterkennung basierend
- SIMPAS spezifisches Erkennungsmodul trainiert
 - Basierend auf dem YoloV8-Framework [1]
- SIMPAS Trainingset v1 to v2
 - Pre-trained auf MS COCO
 - Trainingsbilder hinzugefügt
 - 800 SIMPAS images -> 3340 images



- [1] Sohan, Mupparaju, Thotakura Sai Ram, Rami Reddy, and Ch Venkata. "A review on yolov8 and its advancements." In *International Conference on Data Intelligence and Cognitive Informatics*, pp. 529-545. Springer, Singapore, 2024.

SIMPAS - Systemarchitektur



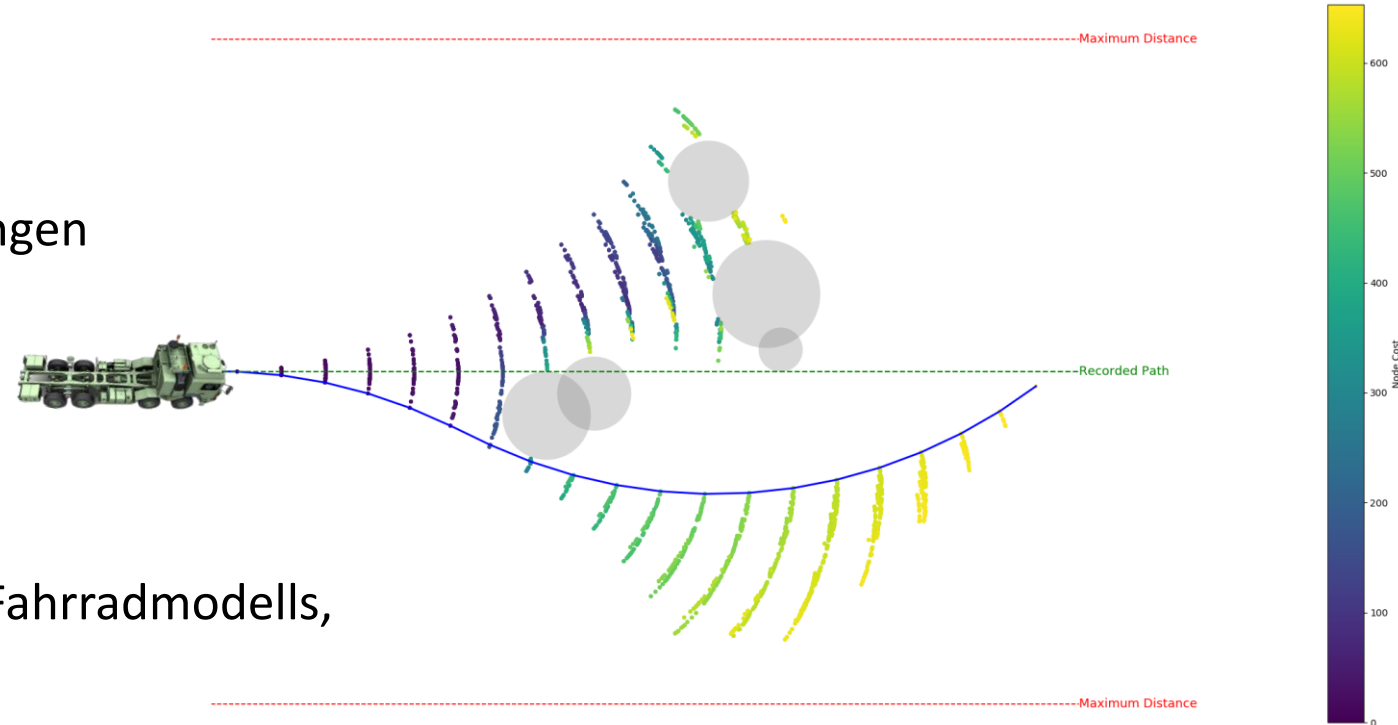
Lokaler Pfadplaner & Trajektorien Controller

■ Lokaler Pfadplaner

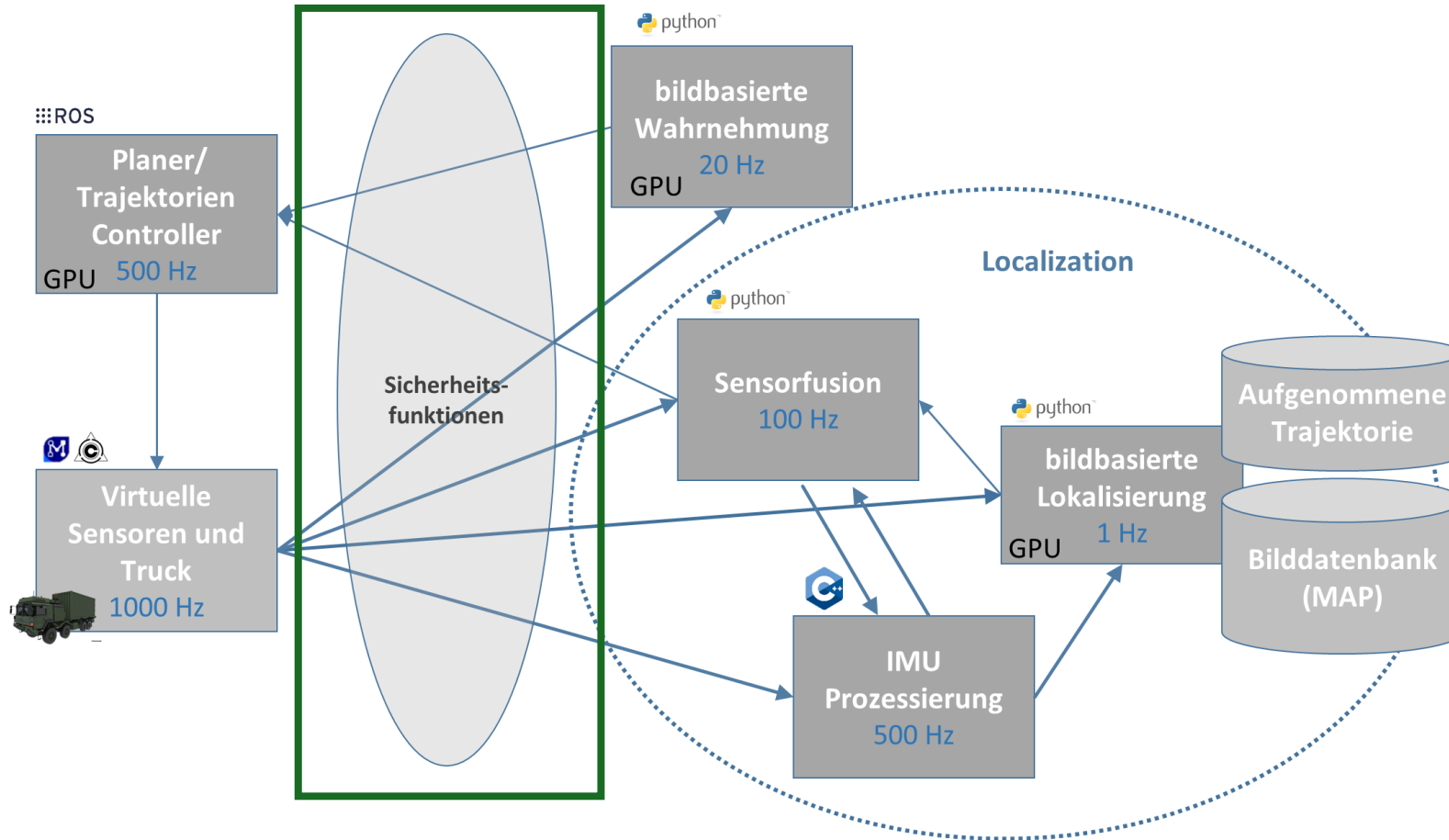
- Hybrid-A* planner
- berücksichtigt dynamische Einschränkungen und Hindernisse in der Umgebung

■ Trajektorien Controller

- modelliert anhand eines vereinfachten Fahrradmodells, das an den 4-achsigen LKW HX2 mit zwei lenkbaren Vorderachsen angepasst wurde.
- minimiert eine Kostenfunktion, die aus dem Kursabweichungsfehler, dem Geschwindigkeitsfehler und den Steuerungsaufwänden – insbesondere Beschleunigung und Lenkrate – besteht.

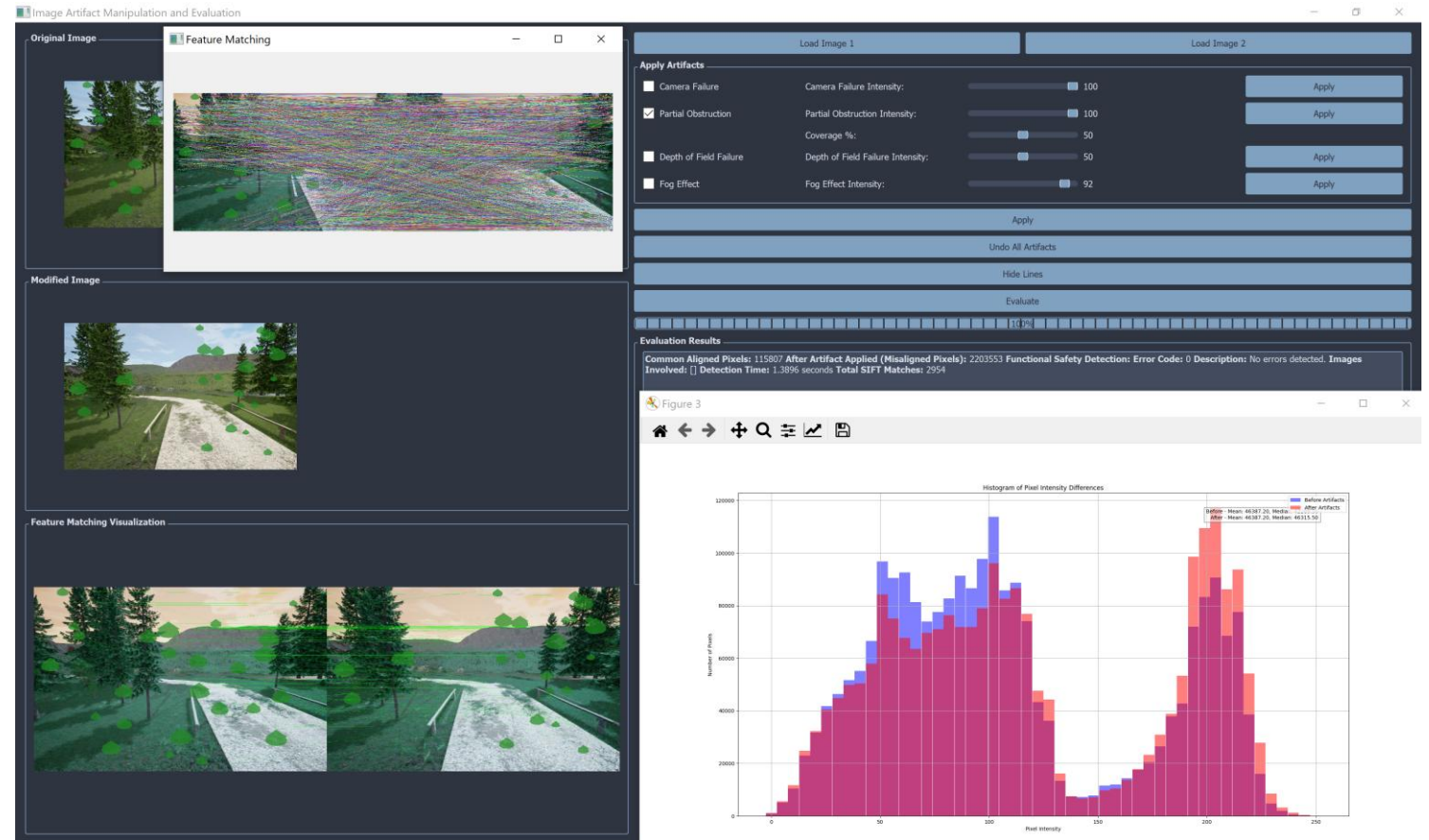


SIMPAS - Systemarchitektur



Sicherheitstests

- Camera-Fehler:
 - Wenig Licht
 - Partikel auf der Kamera
 - Kameraausfall



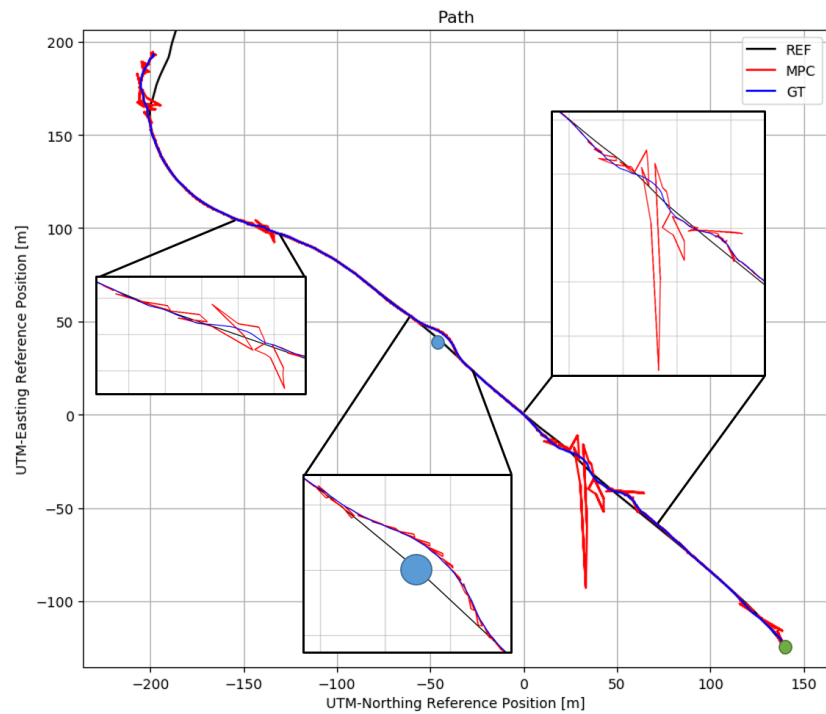
The screenshot displays the 'Image Artifact Manipulation and Evaluation' software interface. It is divided into several sections:

- Original Image:** Shows a landscape scene with a path and trees.
- Feature Matching:** A window showing a dense network of colored lines connecting corresponding features between the original and modified images.
- Modified Image:** Shows the same landscape scene with various camera artifacts applied, such as fog and partial obstructions.
- Feature Matching Visualization:** Shows the original and modified images side-by-side with green circles highlighting matched features.
- Apply Artifacts Panel:** A control panel with sliders and checkboxes for:
 - Camera Failure (Intensity: 100)
 - Partial Obstruction (Intensity: 100, Coverage %: 50)
 - Depth of Field Failure (Intensity: 50)
 - Fog Effect (Intensity: 92)
- Evaluation Results:** A text box displaying:

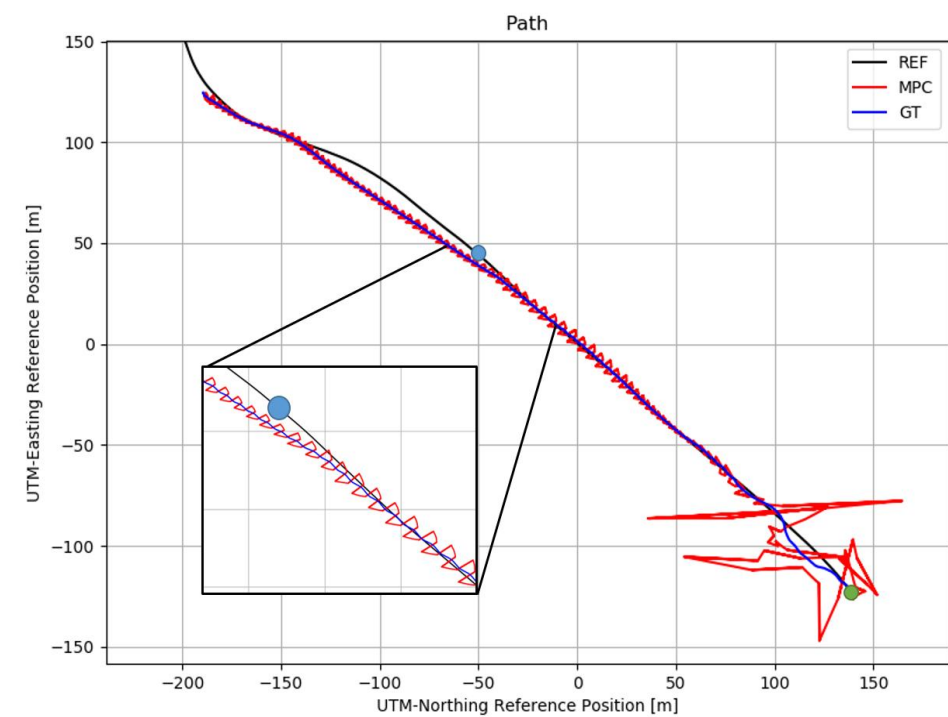

```
Common Aligned Pixels: 115807 After Artifact Applied (Misaligned Pixels): 2203553 Functional Safety Detection: Error Code: 0 Description: No errors detected. Images Involved: [] Detection Time: 1.3896 seconds Total SIFT Matches: 2954
```
- Figure 3:** A histogram titled 'Histogram of Pixel Intensity Differences' comparing 'Before Artifacts' (blue) and 'After Artifacts' (red). The x-axis is 'Pixel Intensity' (0-250) and the y-axis is 'Number of Pixels' (0-120000). The 'After Artifacts' distribution shows a significant increase in pixel intensity differences, particularly in the 200-250 range.

Verhalten des Systems in komplexen Situationen

Bei Lokalisierungsfehlern



Bei Fehlern im IMU- & Sensorfusion-Modul



Publikationen

- Didari, H., & Steinbauer-Wagner, G. (2024). *A Path Following Model Predictive Controller for Autonomous Truck Navigation in Off-Road Environments*. In M. Reichhartinger, M. Steinberger, & M. Horn (Eds.), *Book of Abstracts of the 23rd Styrian Workshop on Automatic Control* (p. 6). Graz University of Technology
- Didari, H., & Steinbauer-Wagner, G. (2025). *An Approach for Navigating Autonomous Trucks in Unpaved Environments*. Manuscript submitted for review to the IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA 2025)
- Hauser, J.I.M., Lesjak, R., Klopschitz, M., Didari, H. & Steinbauer-Wagner, G. (2025) *Testing an Automated 20ft Container Truck Using Cameras plus IMU in a Virtual off-Road Environment - the Project SIMPAS*, 2025 IEEE International Automated Vehicle Validation Conference (IAVVC 2025)
- PHD Thesis Hamid Didari (to be finalized)

Danksagung

■ Ein großes Dankeschön für die Möglichkeit, dieses Projekt durchzuführen

- Finanzielle Unterstützung durch das BMF
- Thematische Unterstützung durch das BMLV
- Administrative Unterstützung durch die FFG

■ Vielen Dank an das Verteidigungsministerium für die Bereitstellung der Model.Connect-Lizenz

■ Ein großes Dankeschön an alle, die uns auf vielfältige Weise unterstützt haben

- BMLV
- FFG
- BMF

■ Ein großes Dankeschön an das gesamte Team für die gute Zusammenarbeit

— Bundesministerium
Landesverteidigung



— Bundesministerium
Finanzen

