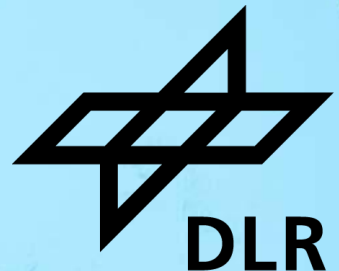


VOM SENSOR ZUM SERVICE

Ein Framework für die hochgenaue Seekarte

Christopher Petersen



Testfeld eMIR

e-Maritime Integrated Reference Platform

Modelling / Analysis

Near Collision DB



Hazard DB



Scenario DB



Charts



Verifikation & Validierung (V&V)

Virtual V&V

Maritime Traffic Simulation & Ship
Bridge Simulator



VeLAS



Test platforms



SotA Sensors &
Reference Waterway



ROC Certification Lab



Physical V&V

Demonstration



- Veränderung der maritimen Domäne
 - Fachkräftemangel
 - Übergang zu neuen Betriebsmodellen: Automatisierung & Remote Operation
 - Verstärkter Einsatz von Sensorik an Bord
- Regulatorische Grundlagen & Standards
 - IMO: MASS-Code
 - IHO: S-101
- Häfen als kritisches Anwendungsgebiet
 - Hohe Verkehrsdichte
 - Kritische Infrastruktur
 - Unterstützung der Hafeninstandhaltung durch Sensorik & Automatisierung



Potenzial liegt in automatisierter, vernetzter Schifffahrt

Der Hafen als Anwendungsgebiet

- Fokus auf **Peilboote und Baggerschiffe** zur Wahrung der Wassertiefen im Hafen
- Einsatz **automatisierter und ferngesteuerter Einheiten** im Hafen
- Remote Operator benötigt **zuverlässige Informationen** zur sicheren Navigation
- Kritischer Bedarf: **Präzises, aktuelles Lagebild** der Umgebung



Nutzung hochgenauer Seekarten in Remote Operation



Bild: DLR

Treiber für die hochgenaue Seekarte – Jarßumer Hafen

▪ Sicherstellen maritimer Navigation

- Abhängig von akkuraten und zuverlässigen Umgebungsinformationen
- Vermeidung von Kollisionen mit der Infrastruktur

▪ Erhöhung der Präzision

- ENCs können von der Realität abweichen
- Konkrete Objekttypen nicht immer ersichtlich

▪ Aktualität der Daten

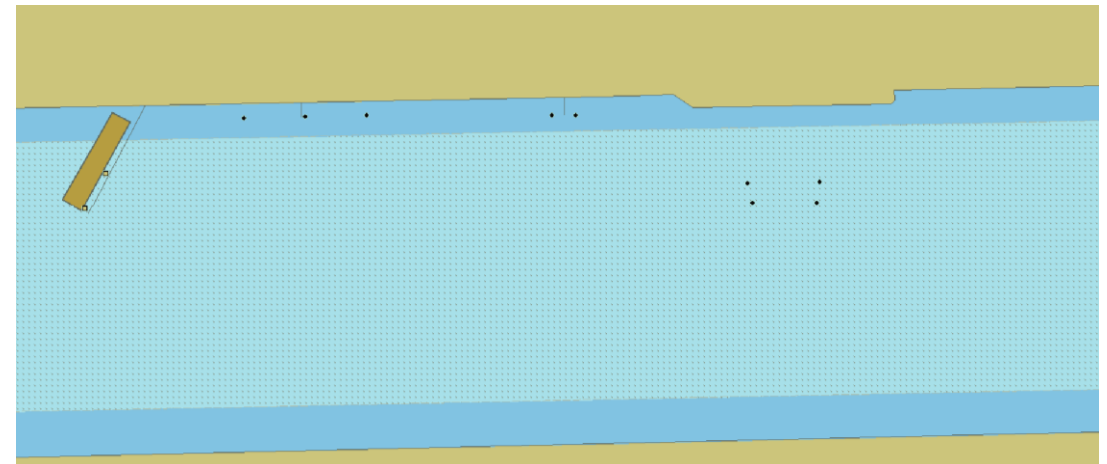
- ENC Updates verzögert und mit hohem Aufwand verbunden
- AIS und Radar kommen an ihre Grenzen

▪ Kollaboration

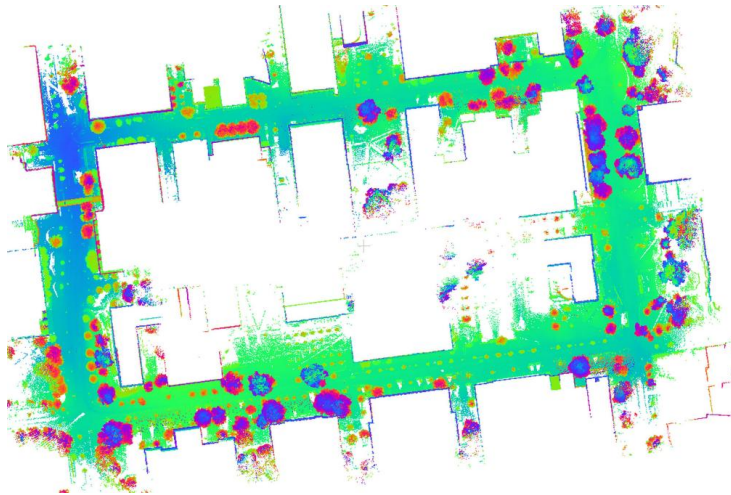
- Geteilte Sensordaten schaffen Mehrwert für alle Verkehrsteilnehmer



Quelle: Imagery ©2024 AeroWest, Airbus, CNES / Airbus, Maxar Technologies, Map data ©2024 GeoBasis-DE/BKG (©2009), Google



Quelle: Professional+ chart data from Lloyd's Register/i4Insight in a ChartServer solution from ChartWorld.



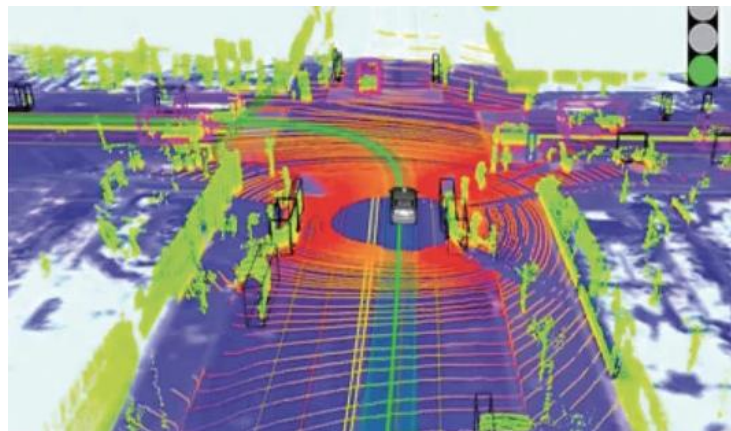
[1]

Automobilbranche [1]-[3]

- Lokalisierung und Fahrzeugnavigation
- Support von Fahrerassistenzsystemen
- Vehicle-to-vehicle Kommunikation

Schienenverkehr [4, 5]

- Präzise Lokalisierung von Zügen
- Unterstützung intelligenter Verkehrssysteme und präzise Streckenkartierung

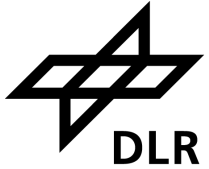


[2]

Maritime Domäne [6, 7]

- Sensor-unterstützte Anlegesysteme
- Objekterkennung in autonomen Anwendungen

Konzept: Hochgenaue Seekarte als Service

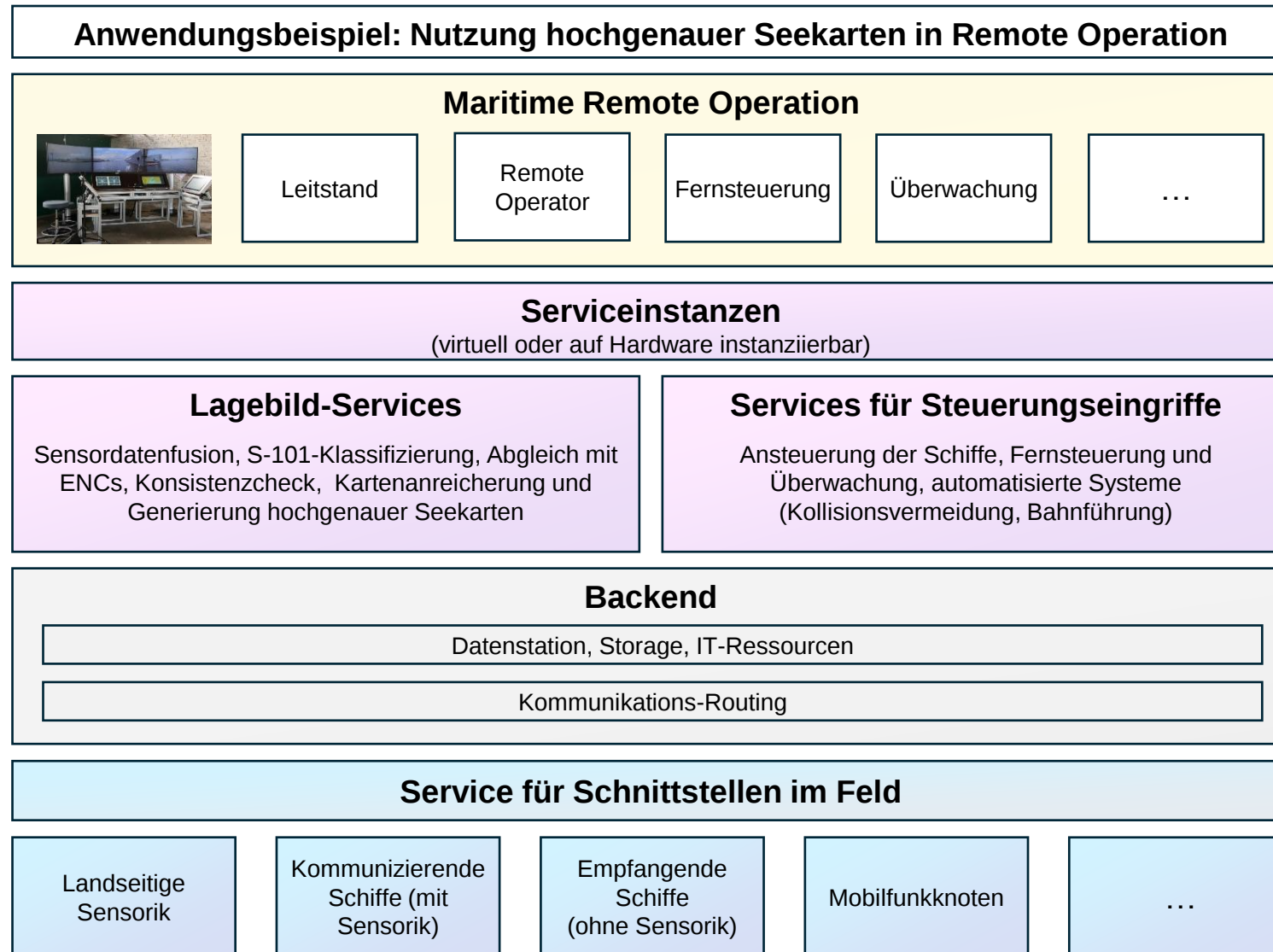


▪ „Vom Sensor zum Service“

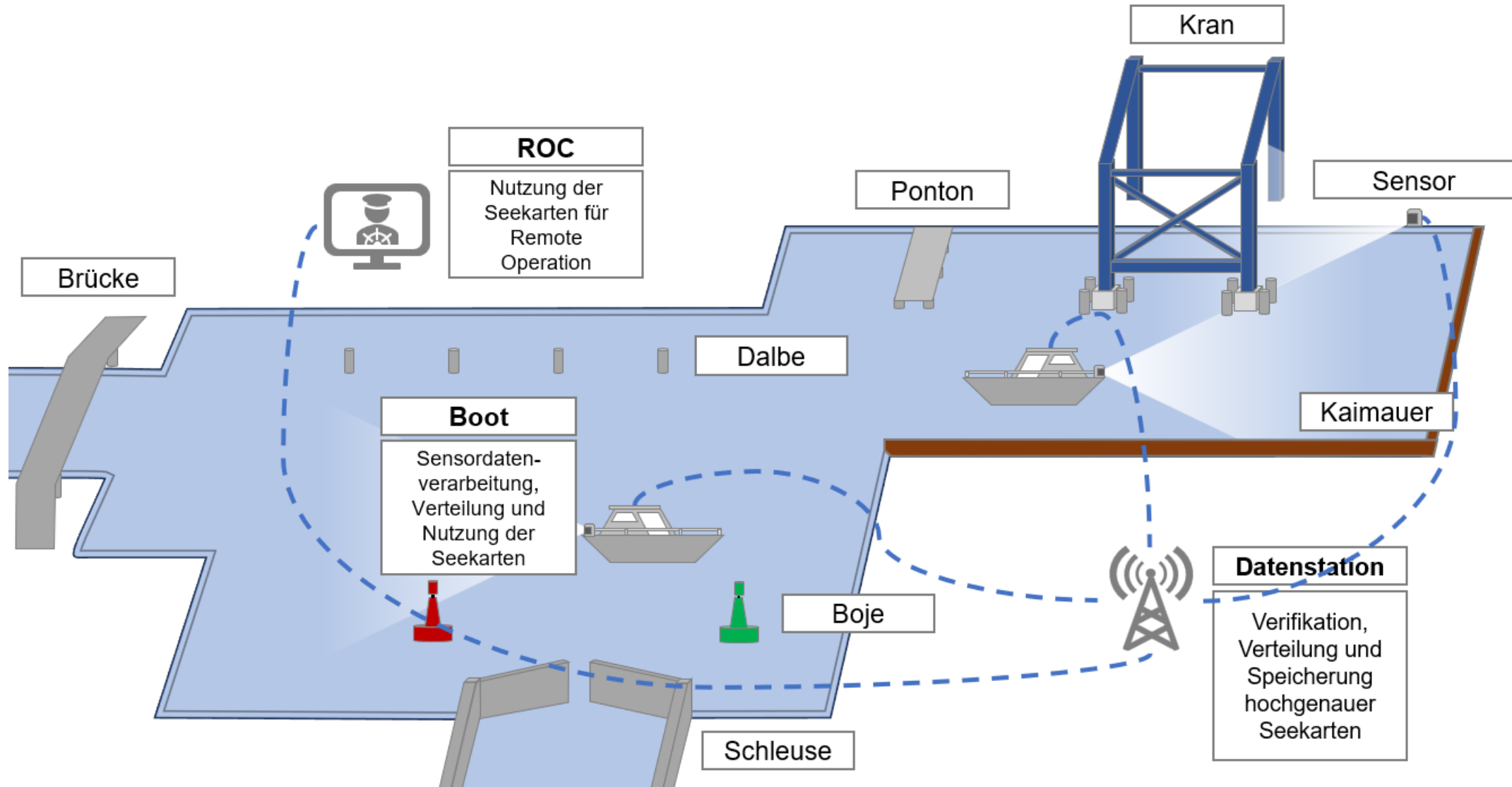
- Einsatz land- und wasserseitiger Sensorik
- Service-basierte Unterstützung für Autonomiefunktionen und Remote Operations



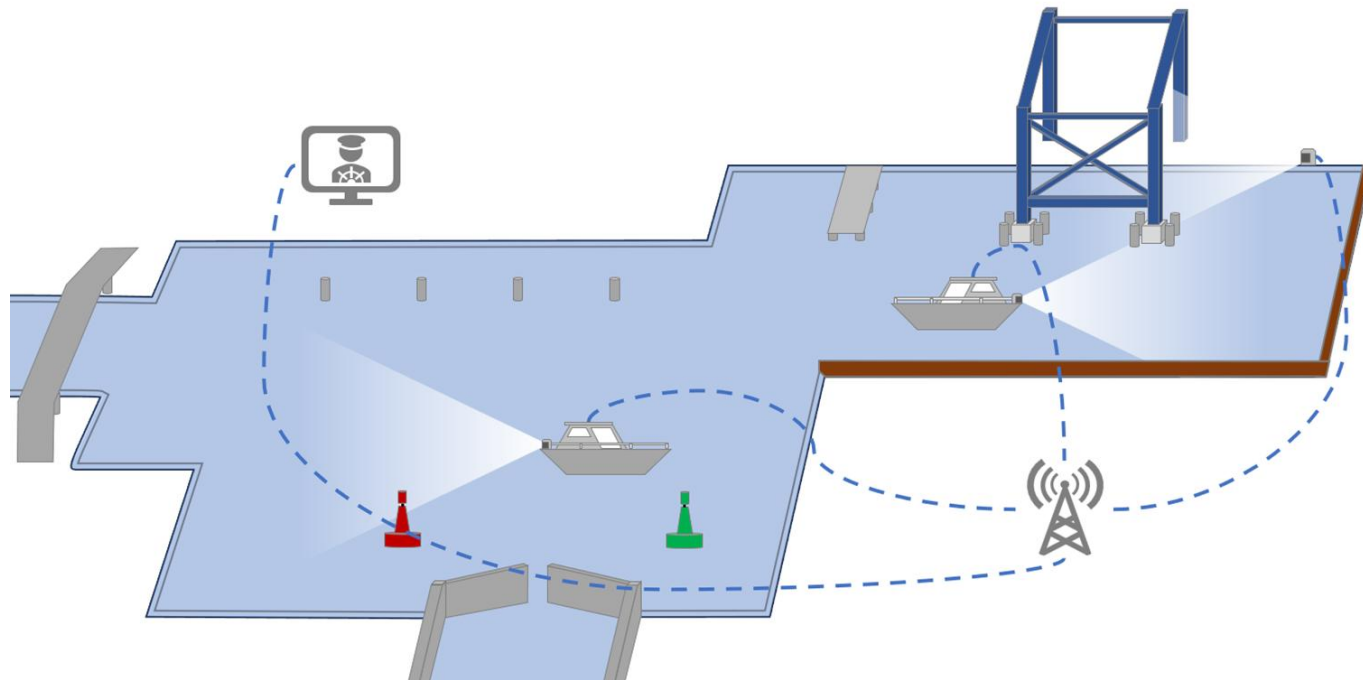
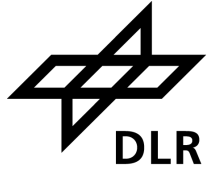
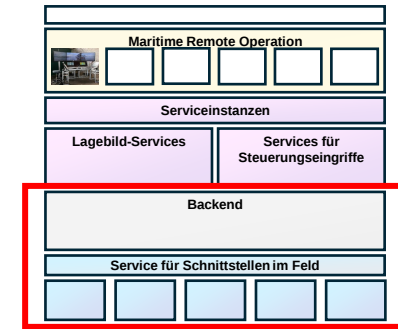
Konzept: Hochgenaue Seekarte als Service



Konzept: Hochgenaue Seekarte als Service



Konzept: Hochgenaue Seekarte als Service



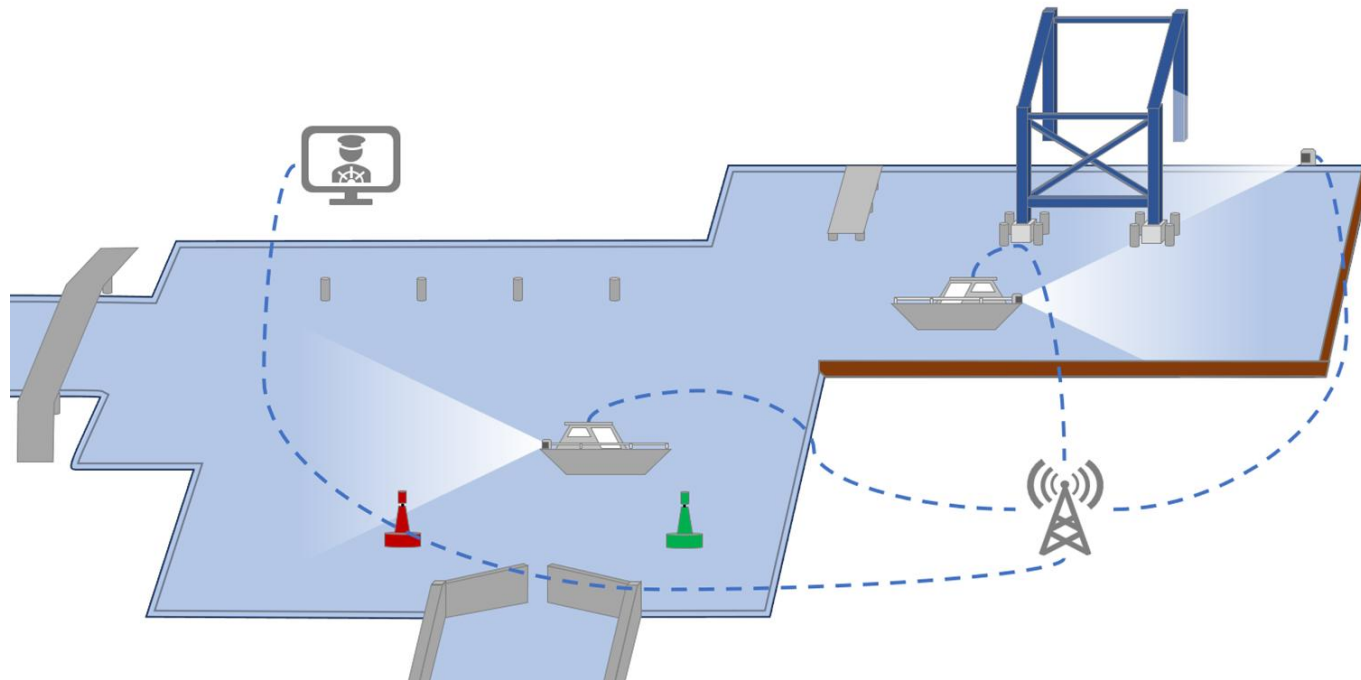
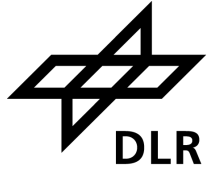
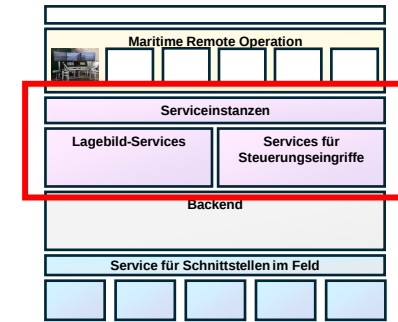
Einheiten im Feld

- Kommunizierende Schiffe
- Empfangende Schiffe
- Landseitige Sensorik
- Erfassen oder nutzen Daten der hochgenauen Seekarten

Backend mit Datenstation

- Empfängt Sensordaten
- Unterstützt sämtliche Kommunikation
- Speichert die verifizierte hochgenaue Seekarte und stellt diese zur Verfügung

Konzept: Hochgenaue Seekarte als Service



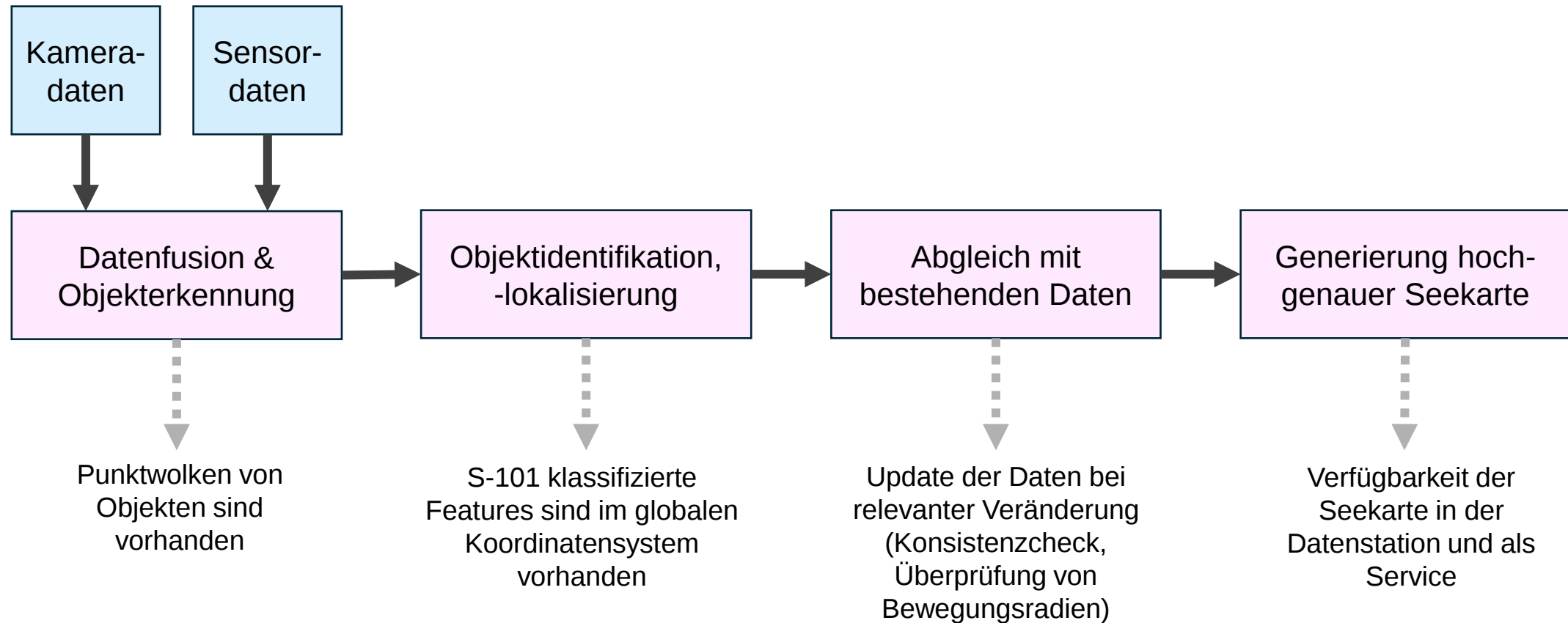
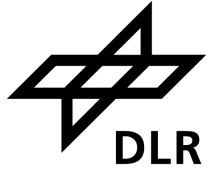
Lagebildservices

- Sensordatenfusion
- S-101-Klassifizierung
- Abgleich mit ENCs & Konsistenzcheck
- Kartenanreicherung und Generierung hochgenauer Seekarten

Services für Steuerungseingriffe

- Ansteuerung der Schiffe
- Fernsteuerung und Überwachung
- automatisierte Systeme (z.B. Bahnführung)

Konzept: Hochgenaue Seekarte als Service



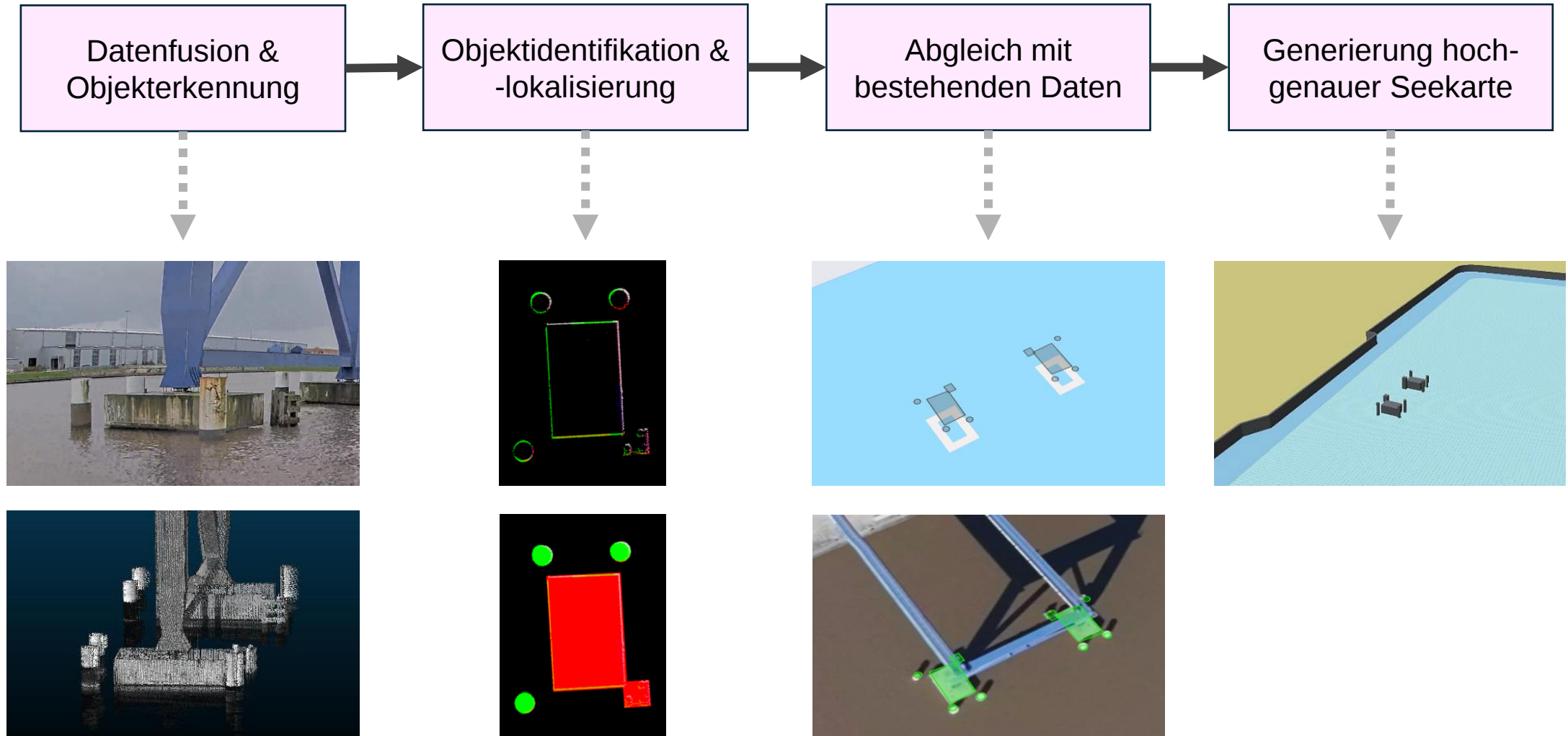
Umsetzung aus Testkampagne

- Messkampagne in Emden
 - Sensorik installiert auf Testträger Sally
 - Messungen mit landbasierter Sensorik
- Fokus auf Anwendungsfall
 - Jarßumer Hafen in Emden
 - Umfasst Features betreffend S-101



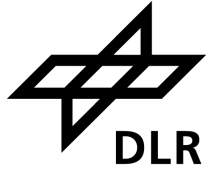
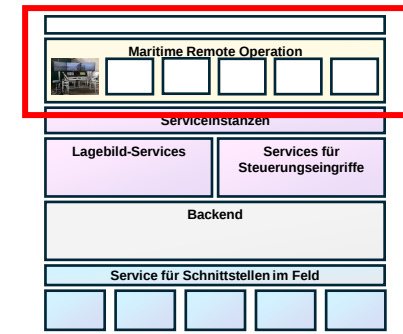
Bilder: DLR

Umsetzung aus Testkampagne



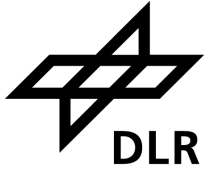
Abbildungen: [8]

Anwendung und Nutzen



- Nutzung in Remote Operation Anwendungen
 - Aktuelle und akkurate Informationen im ROC und für den Remote Operator
 - Erhöhung des Situationsbewusstseins
- Hochgenaue Seekarten als Verbesserung
 - Erhöhung der Einsatzfähigkeit autonomer und ferngesteuerter Einheiten
 - Bereitstellung aktueller Navigationsdaten verschiedener Verkehrsteilnehmer
- Mögliche Wettbewerbsvorteile
 - Unterstützung des Instandhaltungsprozesses in Hafengebieten
 - Erhöhung der Infrastrukturverfügbarkeit durch Vermeidung von Kollisionen
- Multi-Schiff-Operationen
 - Vermessungsboote, Baggerschiffe, ...

Bestehende Herausforderungen



Technologische Herausforderungen

- Technologie und Systemkonfiguration zugänglich machen
- Synergieeffekte bei verteilten hochgenauen Seekarten abhängig von Anzahl der mit Sensoren ausgestatteten Boote
- Für die Verteilung hochgenauer Seekarten ist eine zuverlässige Kommunikationsinfrastruktur erforderlich
- Umsetzung der Objekterkennung Unterwasser
- Erkennung von Hindernissen oder Objekten mit ungewöhnlichen Formen

Regulatorische Herausforderungen

- Datenschutz und Datensicherheit
- Datenspeicherung auf der Datenstation und Gewährung des Zugriffs
- Nutzung von Informationen auf der Grundlage offizieller ENC's und Verbreitung hochgenauer Seekarten
- Erstellung hochgenauer Seekarten auch ohne Nutzung offizieller ENC's möglich auf Basis der Sensorik möglich

- [1] V. Ilci and C. Toth, "High Definition 3D Map Creation Using GNSS/IMU/LiDAR Sensor Integration to Support Autonomous Vehicle Navigation," *Sensors* (Basel, Switzerland), vol. 20, no. 3, 2020.
- [2] B. Ebrahimi Soorchaeei, M. Razzaghpour, R. Valiente, A. Raftari, and Y. P. Fallah, "High-Definition Map Representation Techniques for Automated Vehicles," *Electronics*, vol. 11, no. 20, p. 3374, 2022, doi: 10.3390/electronics11203374.
- [3] K. Kim, S. Cho, and W. Chung, "HD Map Update for Autonomous Driving With Crowdsourced Data," *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 6, no. 2, pp. 1895–1901, 2021.
- [4] Y. Wang *et al.*, "Rail Vehicle Localization and Mapping With LiDAR-Vision-Inertial-GNSS Fusion," *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 7, no. 4, pp. 9818–9825, 2022, doi: 10.1109/LRA.2022.3190093.
- [5] A. Grosch and O. G. Crespillo, "Impact of Unknown Digital Map Errors on Satellite-based Navigation in Railway," in 2020 European Navigation Conference (ENC), Dresden, Germany, 2020, pp. 1–12.
- [6] B. Hu, X. Liu, Q. Jing, H. Lyu, and Y. Yin, "Estimation of berthing state of maritime autonomous surface ships based on 3D LiDAR," *Ocean Engineering*, vol. 251, p. 111131, 2022.
- [7] J. Lin, P. Diekmann, C.-E. Framing, R. Zweigel, and D. Abel, "Maritime Environment Perception Based on Deep Learning," *IEEE Trans. Intell. Transport. Syst.*, vol. 23, no. 9, pp. 15487–15497, 2022.
- [8] C. Petersen, F. Pieper, A. Bokern, and M. Steidel, "Enhancing Situation Awareness for Safe Maritime Navigation: Towards using High-Resolution Electronic Navigational Charts in Highly Automated Shipping", *Trans. Marit. Sci.*, vol. 14, no. 3, Sep. 2025.

Thema: **Vom Sensor zum Service**
Ein Framework für die hochgenaue Seekarte

Datum: 2026-06-25 (JJJJ-MM-TT)

Autor: Christopher Petersen

Institut: Institut für Systems Engineering für zukünftige Mobilität

Bildquellen: Alle Bilder „DLR (CC BY-NC-ND 3.0)“,
sofern nicht anders angegeben