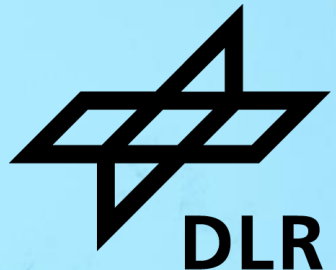


KI basierte Jamming Detektion mit verfügbaren GNSS Empfängern und R-Mode – Ein terrestrisches Backup-Positionierungssystem für die Schifffahrt

Stefan Gewies, Ralf Ziebold

DLR - Institute of Communications and Navigation





Projekt LEAS: KI basierte Technologien für die VTS

R-Mode – Backuppositionierung für GNSS

R-Mode Ostseeversuchsfeld

Zusammenfassung

KI BASIERTE TECHNOLOGIEN FÜR DIE VTS

Übersicht LEAS Projekt



Landseitige **E**ntscheidungsempfehlungen
für Verkehrslagen mit hochautomatisierten /
autonomen **S**chiffen

Projektdauer: 2022-2025

Partner:



Assoziierte Partner: BMVI, VDR (Verband Deutscher Reeder),
Fintraffic, WSA Weser Jade Nordsee, GDWS,
in-innovative navigation GmbH, IBM D GmbH,
Sanborn Analytics INC

GEFÖRDERT VOM

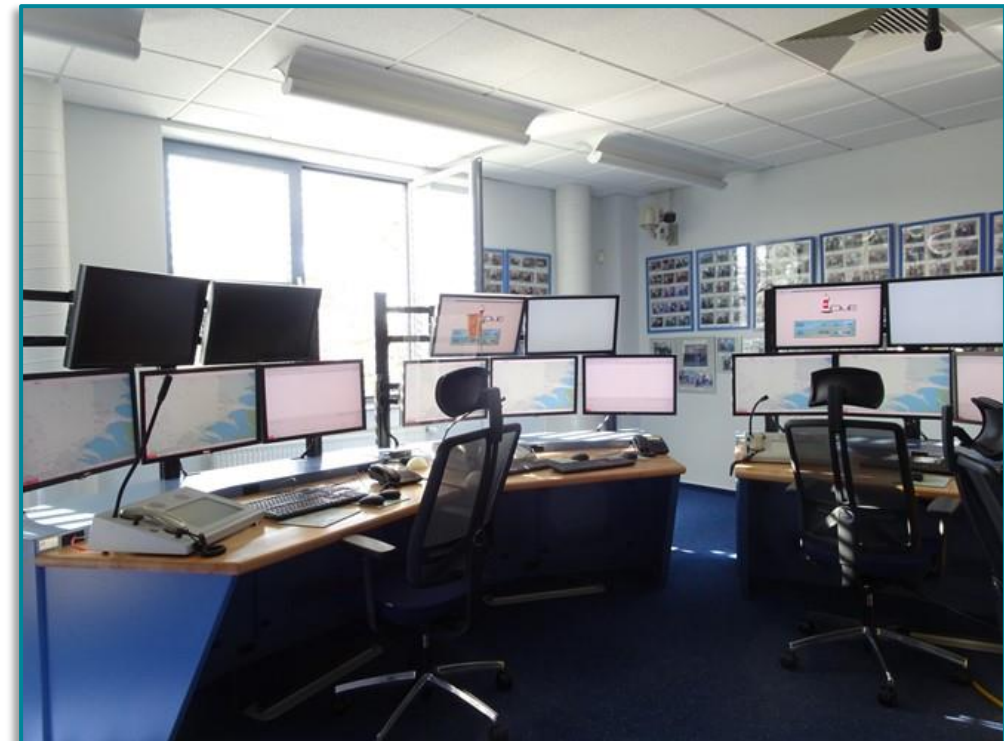


Überblick Projekt LEAS



Landseitige **E**ntscheidungsempfehlungen
für Verkehrslagen mit hochautomatisierten /
autonomen **S**chiffen

- KI-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem für landseitige Überwachung / Lenkung gemischter Verkehre
 - Detektion von GNSS Jamming und Spoofing (ortsfeste Stationen)
 - Bewegungsvorhersagen der Verkehrsteilnehmer
 - Detektion von Anomalien von Verkehrssituationen
 - Gefahreneskalation – Erkennung von Gefahren, Vorschlag zur Problemlösung

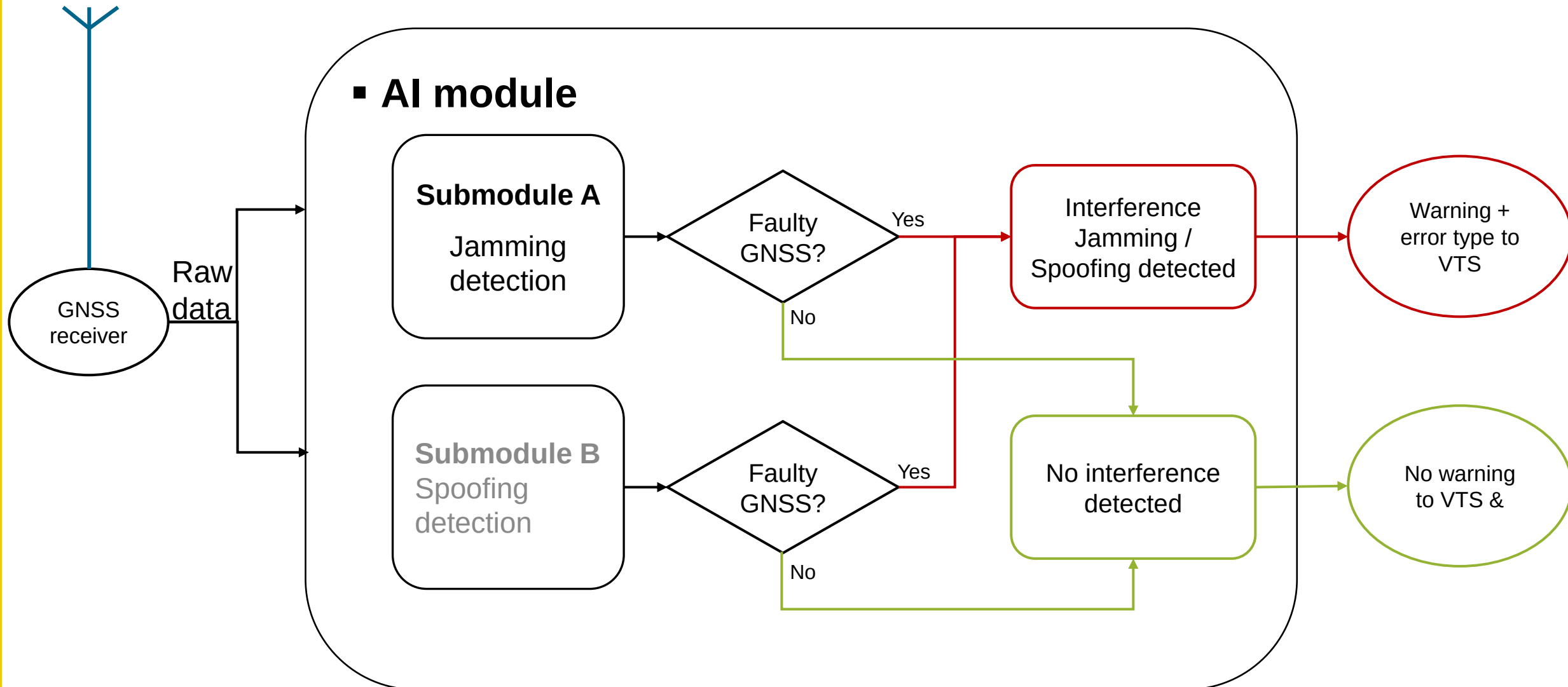


KI basierte Jamming und Spoofing Detektion



- **Ziel:** Unterstützung VTS durch Monitoring GNSS Interferenz Situation im VTS betreuten Seegebiet
 - **Ausgangslage:** VTS hat keine Information zu GNSS Jamming + Spoofing im Gebiet
 - **Ansatz:** Nutzung von vorhandener Infrastruktur (z. B. von AIS Basisstationen: GNSS Antennen + Receiver)
- => Beschränkung auf Jamming + Spoofing Detektion unter Nutzung von GNSS Rohdaten

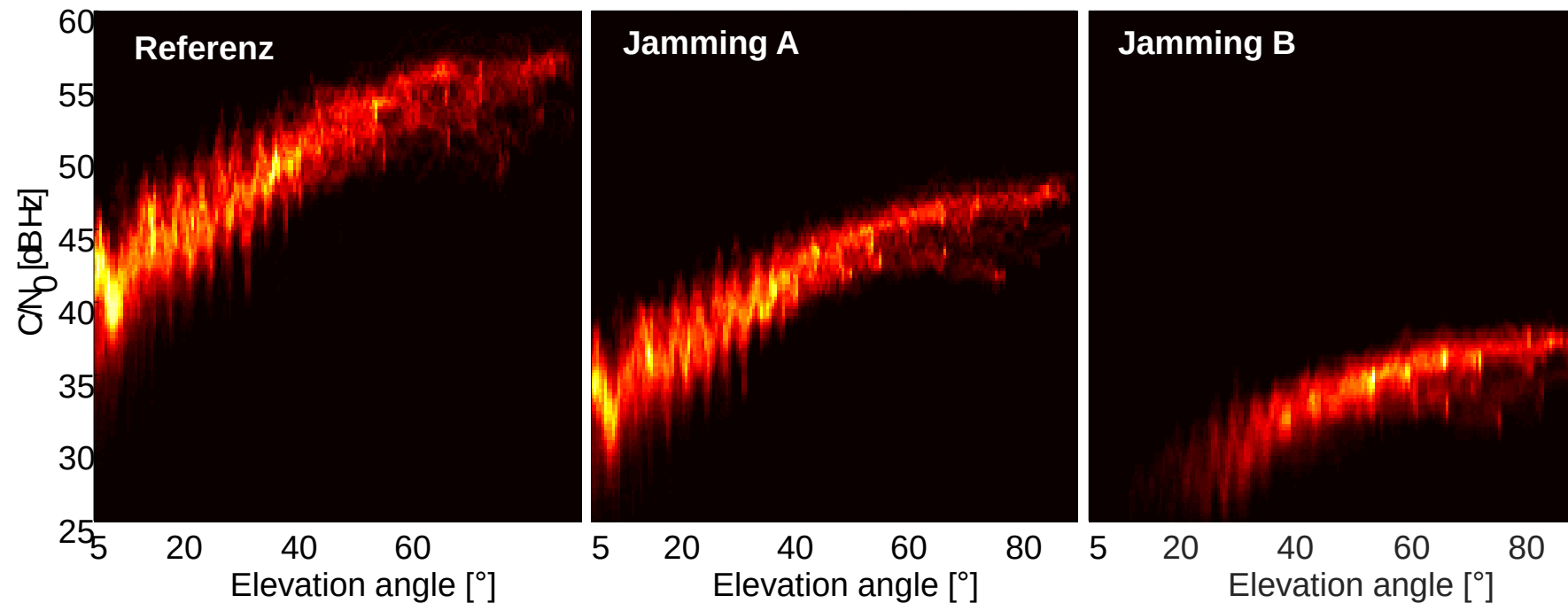
KI basierte Jamming und Spoofing Detektion



KI basierte Jamming Detektion mit GNSS Rohdaten

- Nutzung von verschiedenen Indikatoren
 - ADC – adaptive Verstärkungsregelung
 - Anzahl der erfassten Satelliten
 - C/N0 – Maß für das Signal zu Rauschverhältnis

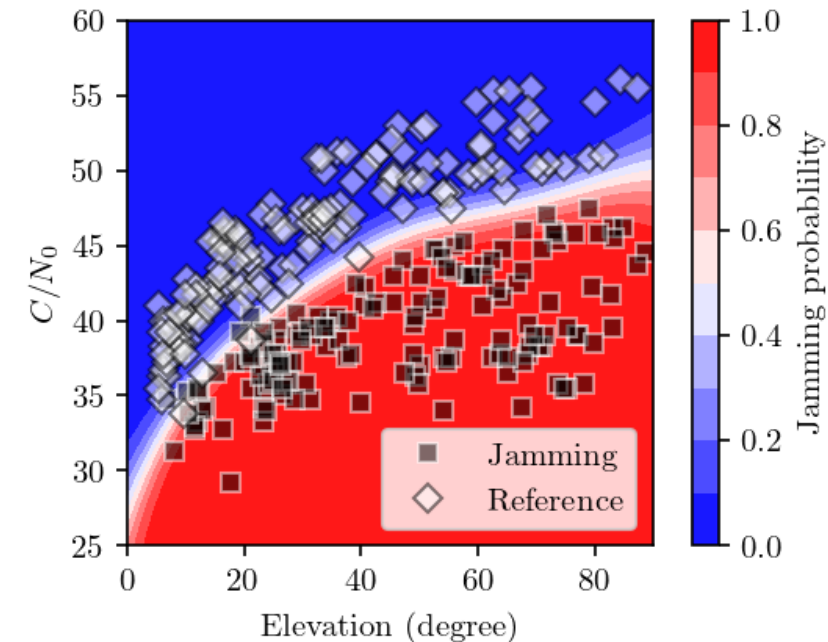
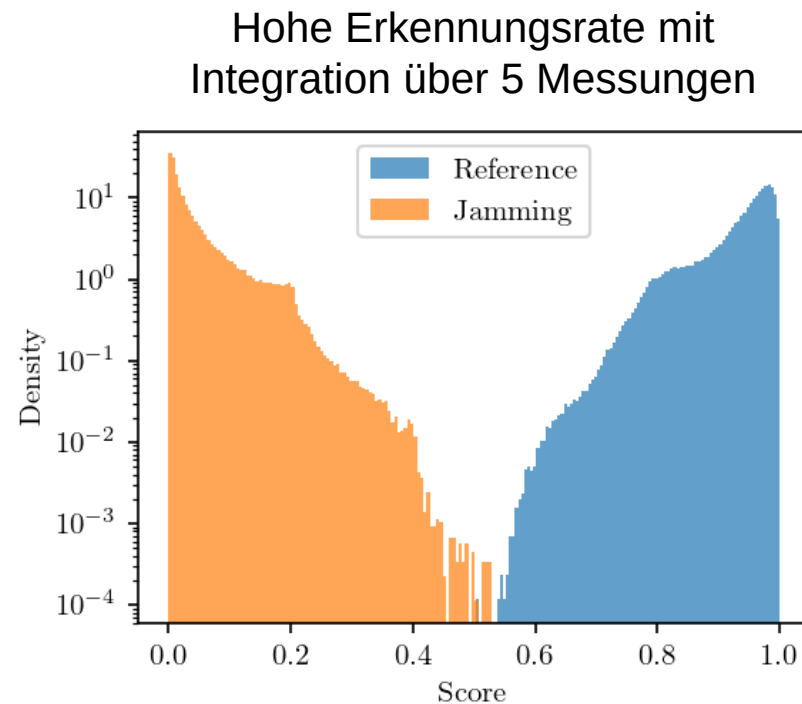
C/N0 versus Einfallswinkel (statische Daten mit zwei Jammer)



KI basierte Jamming Detektion mit GNSS Rohdaten

Jamming Detektion mit Support Vector Machine (SVM)

- Verwendung der SVM mit Offline-Trainingsdaten zur Klassifizierung von Daten



Spoofing Detektion an stationärer Landstation

- Nutzung von verschiedenen Indikatoren
 - **Vergleich GNSS Position mit vermessenen Stationskoordinaten**
 - ADC – adaptive Verstärkungsregelung
 - Anzahl der erfassten Satelliten
 - C/N0 – Maß für das Signal zu Rauschverhältnis
 - Multiantennensetup: Basislinienbestimmung (Phasen)

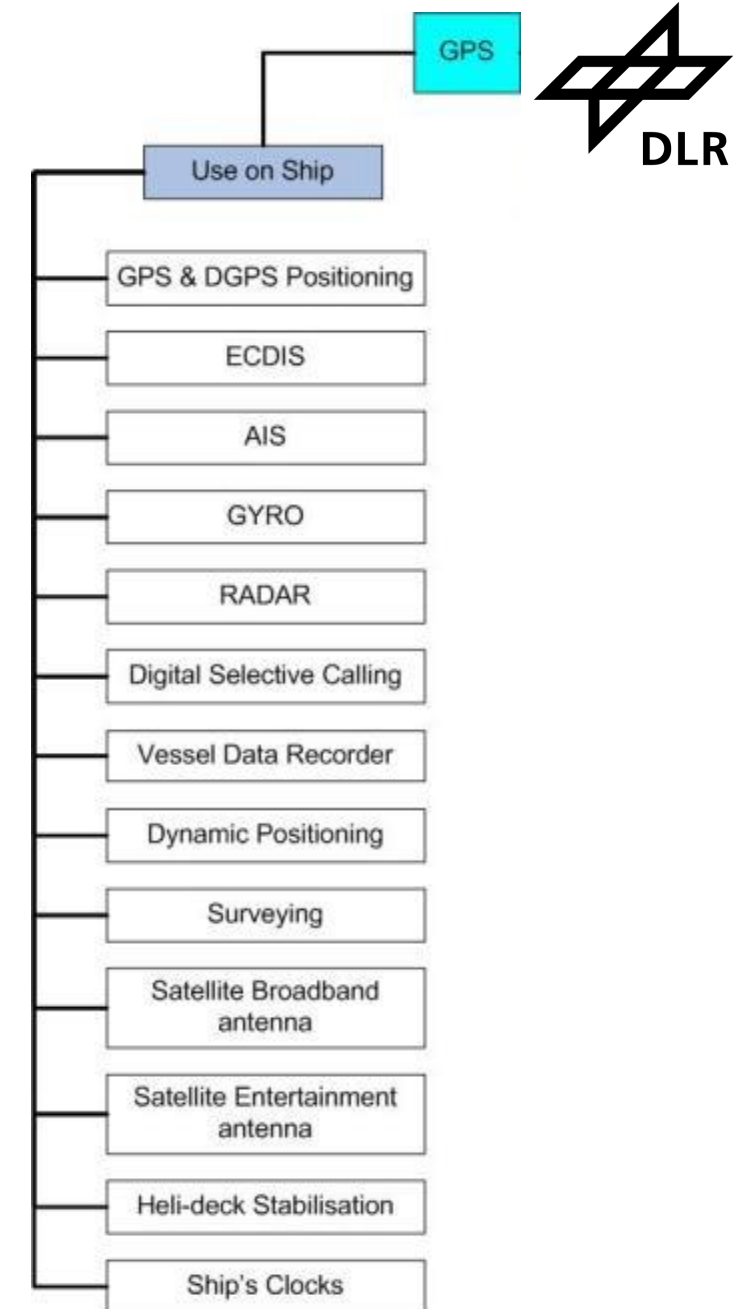


The background image shows a coastal scene under a blue sky with wispy clouds. On the left, a prominent lighthouse with a green cylindrical body and a white lantern room stands on a rocky outcrop. In the distance, a smaller red and white lighthouse is visible. On the right, a large white Scandlines Hybrid Ferry is sailing on the water, leaving a white wake. The ferry has "Scandlines HYBRID FERRY" written on its side in green and black text. A dark teal banner with white text is overlaid at the bottom of the image.

R-MODE – BACKUPPOSITIONIERUNG FÜR GNSS

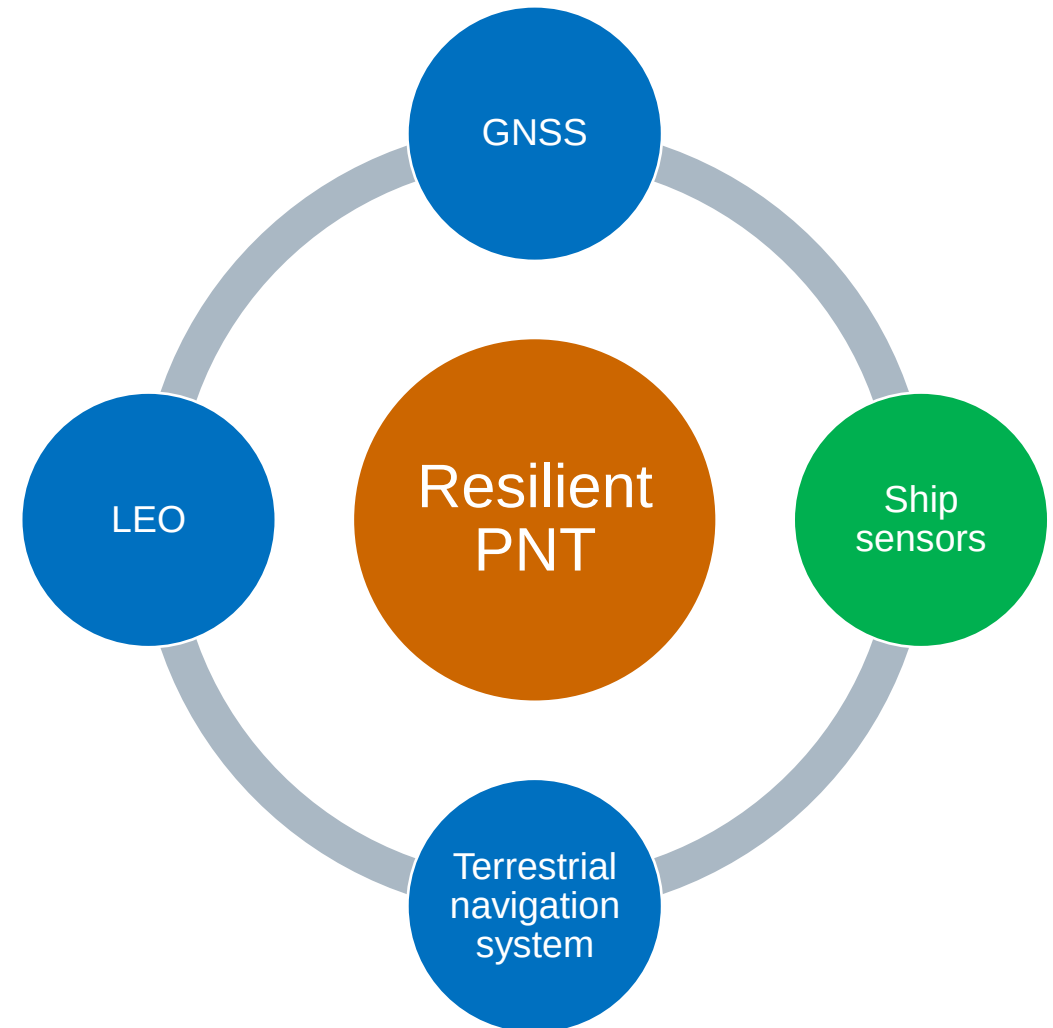
The weak point of shipping

- GNSS / GPS provides position and timing for vessel systems
- Ships are prone for GNSS interferences.
- Risk for collisions, groundings and disruption of operational processes



Solution: Diversity of sensors and data

- Increase resilience of PNT by use of various sources of information
- Absolute positioning
 - GNSS (GPS, Galileo, Beidou, GLONASS)
 - Terrestrial Systems (R-Mode, (e)Loran, eRACON)
 - LEO (STL)
- Relative positioning
 - Ship sensors (Radar, Lidar, gyro, IMU, ...)
- Combination in a multi-system receiver best choice for resilience of PNT



Problem: Missing alternatives to GNSS

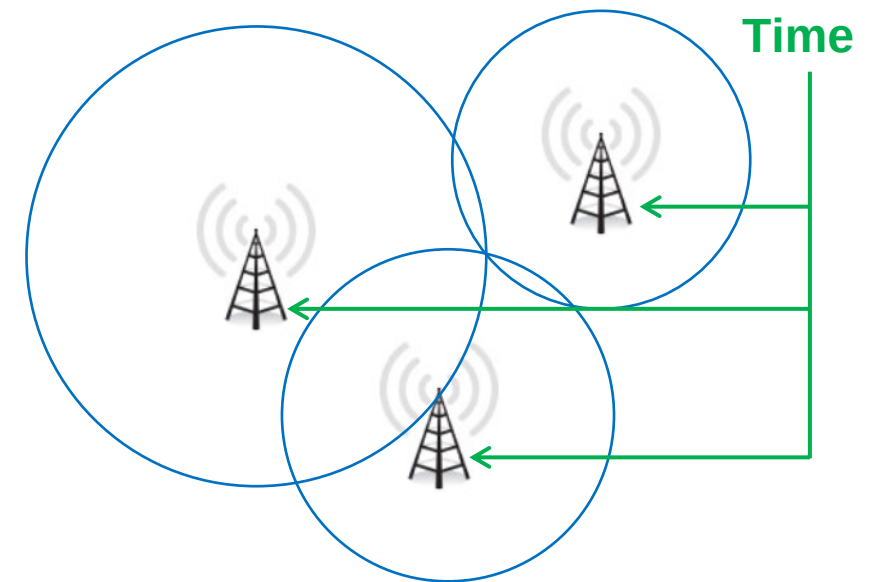
- Expensive to setup navigation systems with same performance parameters as GNSS
- R(anging)-Mode – cost efficient GNSS backup for shipping in coastal areas

R-Mode is a terrestrial positioning system that

- transmits timely synchronized ranging signals
- using the communication channel of existing maritime radio infrastructure
- use multilateration to determine position

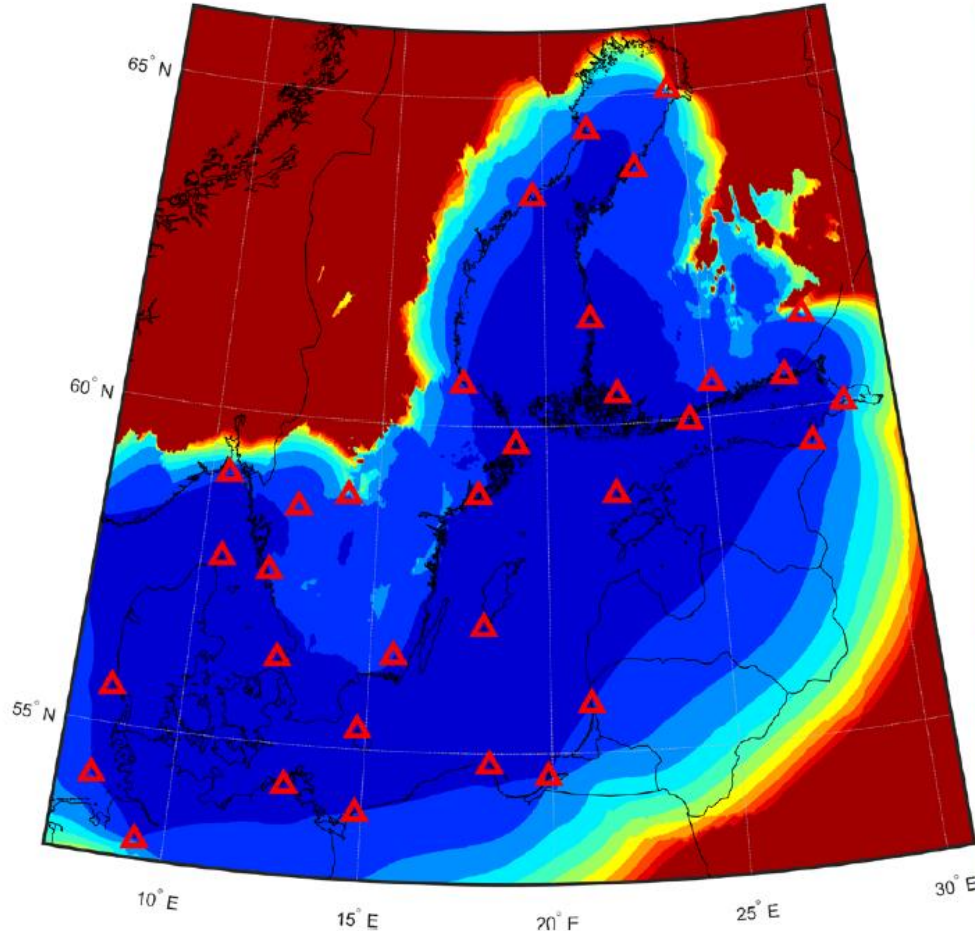
R-Mode signal sources

- **Medium Frequency (MF)** using maritime radio beacons
- **VDES** using VHF transmissions

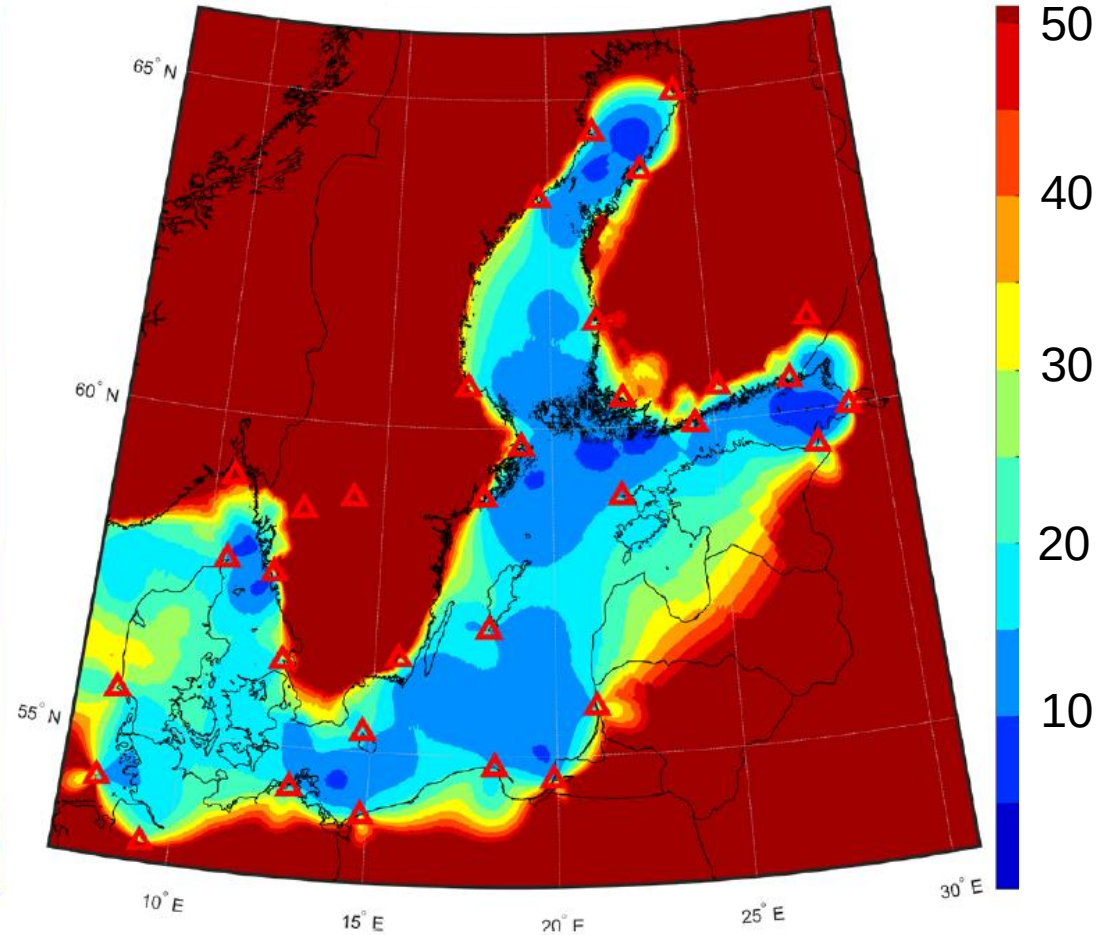


Predicted MF R-Mode positioning performance for the Baltic

Day-time: 95% accuracy [m]



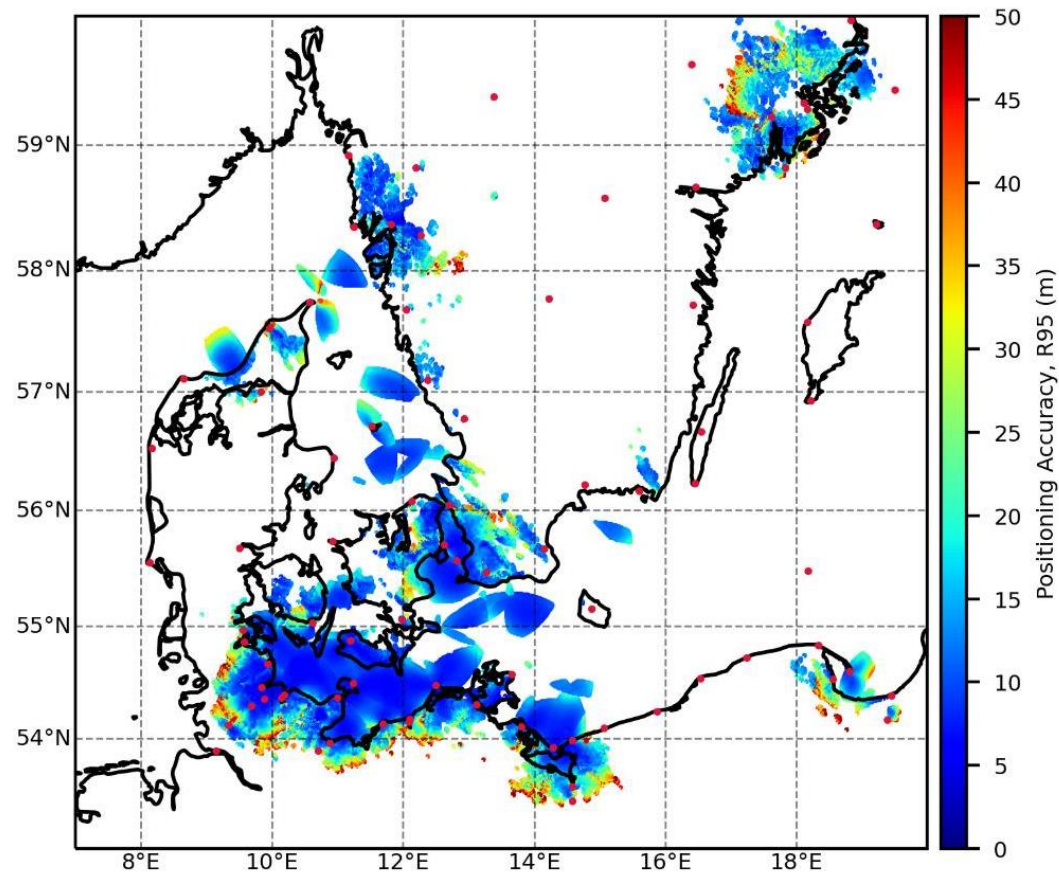
Night-time: 95% accuracy [m]



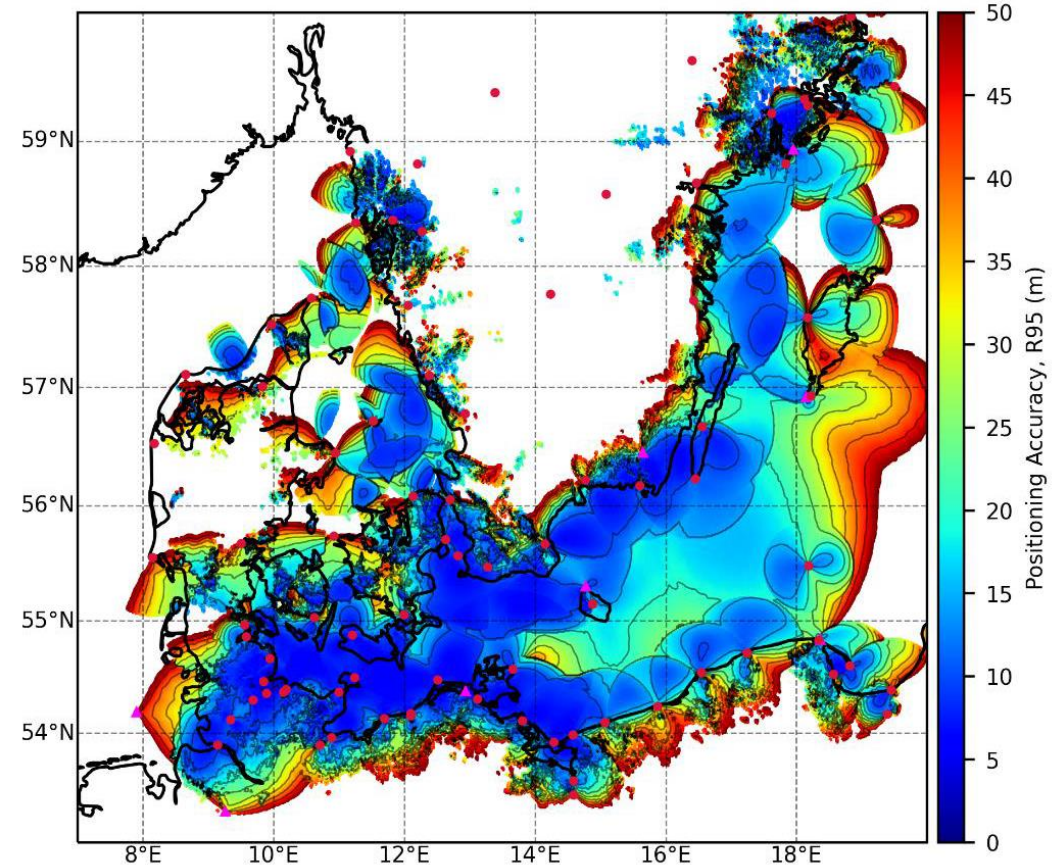
Source: MF R-Mode coverage prediction and accuracy estimation, GRAD, RPT-07-CH-19, March 2019.

VDES + MF: Estimated position accuracy for southern Baltic

VDES R-Mode, 95% accuracy



Night-time MF + VDES, 95% accuracy



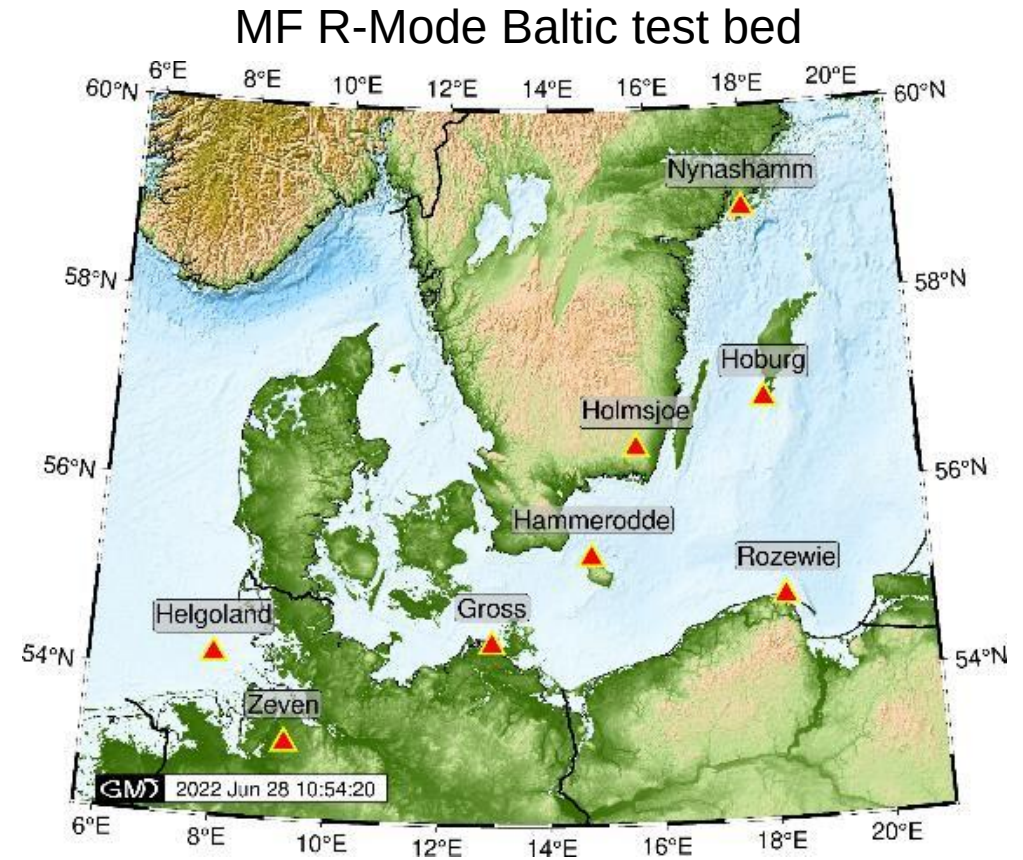
Source: MF/VDES R-Mode Coverage Prediction and Accuracy Estimation, GRAD, RPT-39-JSa-20, December 2020.

R-MODE OSTSEEVERSUCHSFELD

R-Mode Baltic test bed – R-Mode Baltic project



- Joint activity of 12 partners
- Operated by maritime administrations
- R-Mode test bed between Helgoland and Gotland (GE, SE, PO, DK)
- 8 MF R-Mode transmitter - 800 km extension (SW to NE)
- 5 MF R-Mode monitor sites
- 4 prepared VDES R-Mode sites + 4 temporary VDES R-Mode installations (NO, PL)
- VDES base station ready for R-Mode tests
- Several concept / research receiver platforms for MF / VDES R-Mode
- First R-Mode PPU



Dynamic MF R-Mode performance

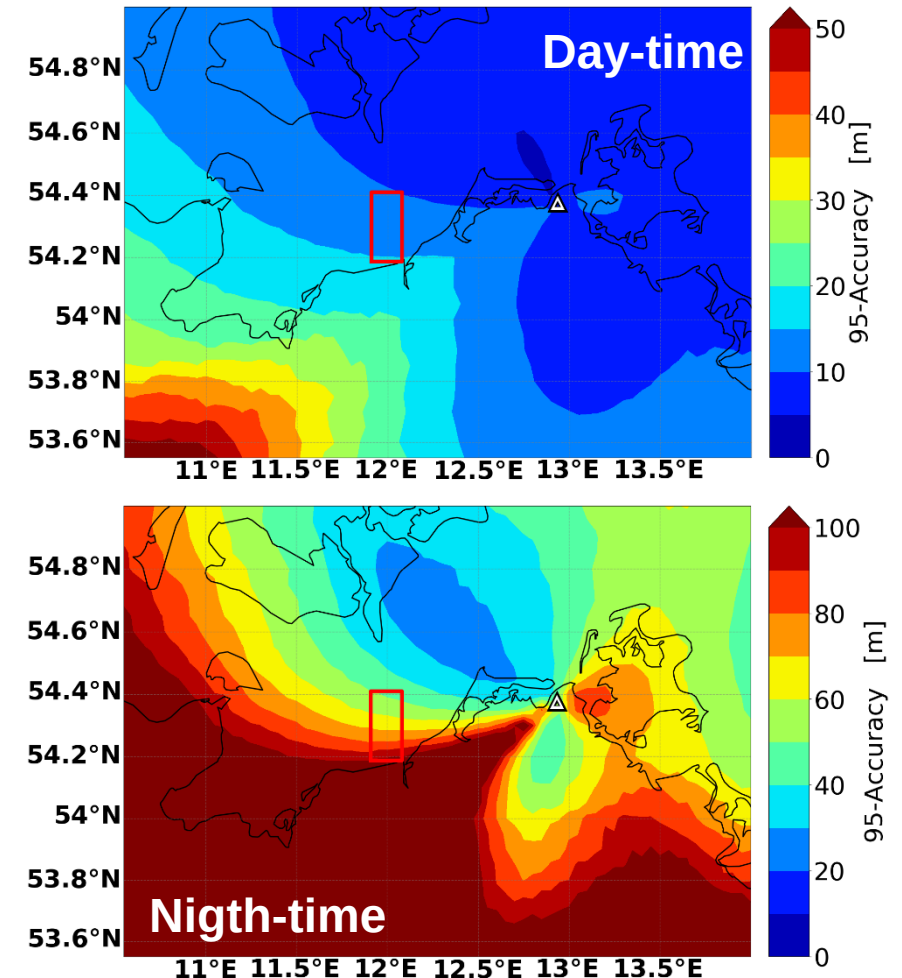
- Performance assessment under dynamic conditions (95%) with estimation of biases at the beginning of the measurement

- Day: 16 m
- Night: 51 m

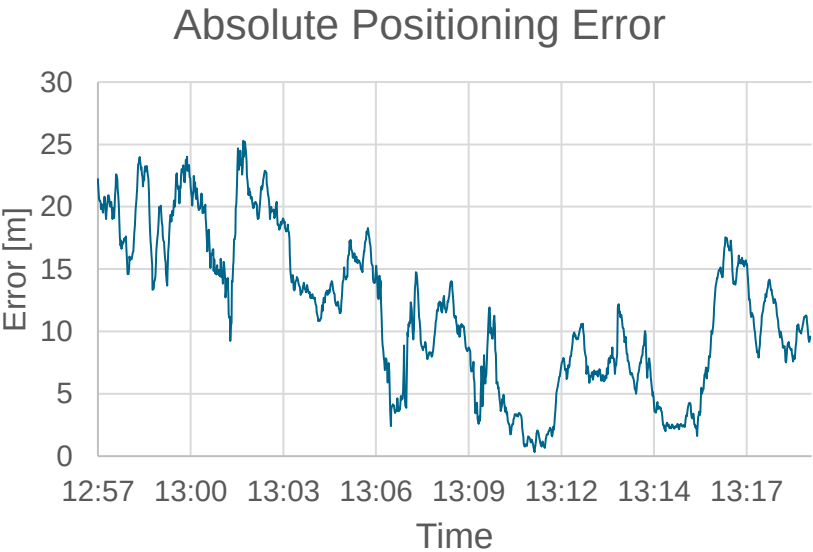
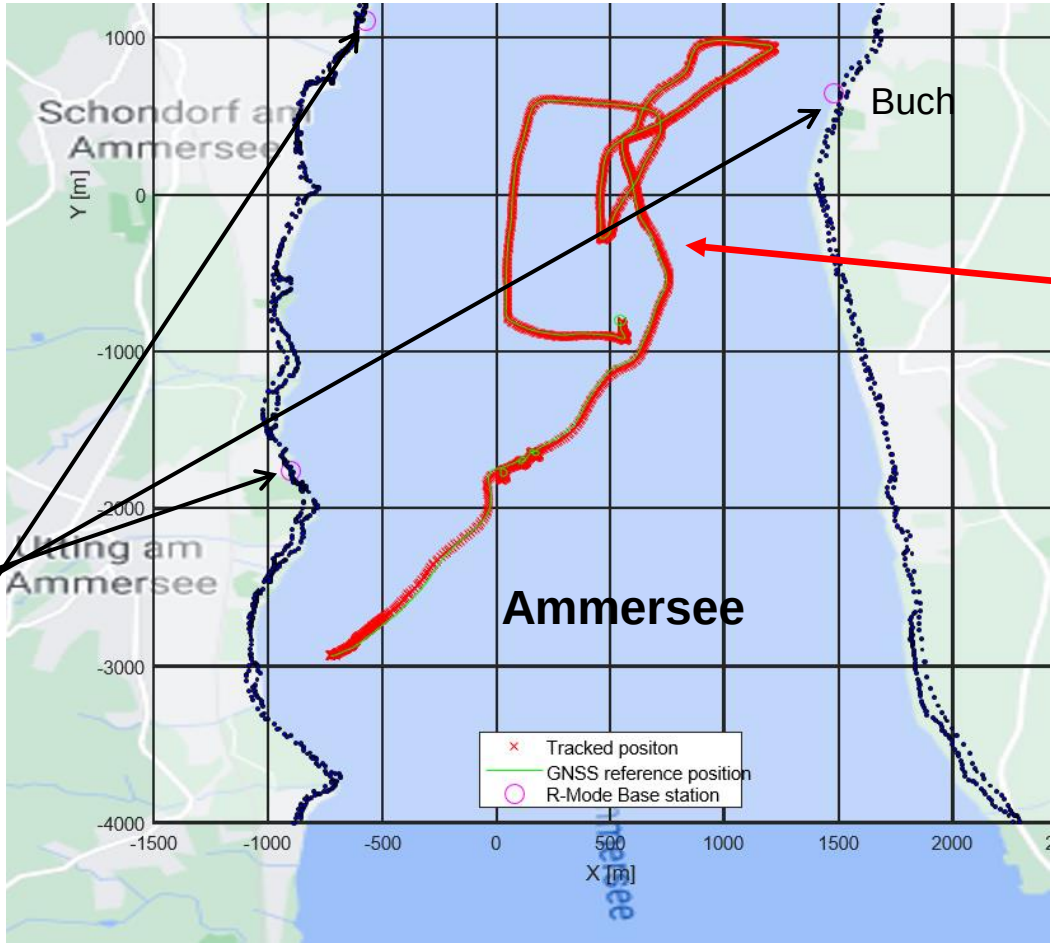
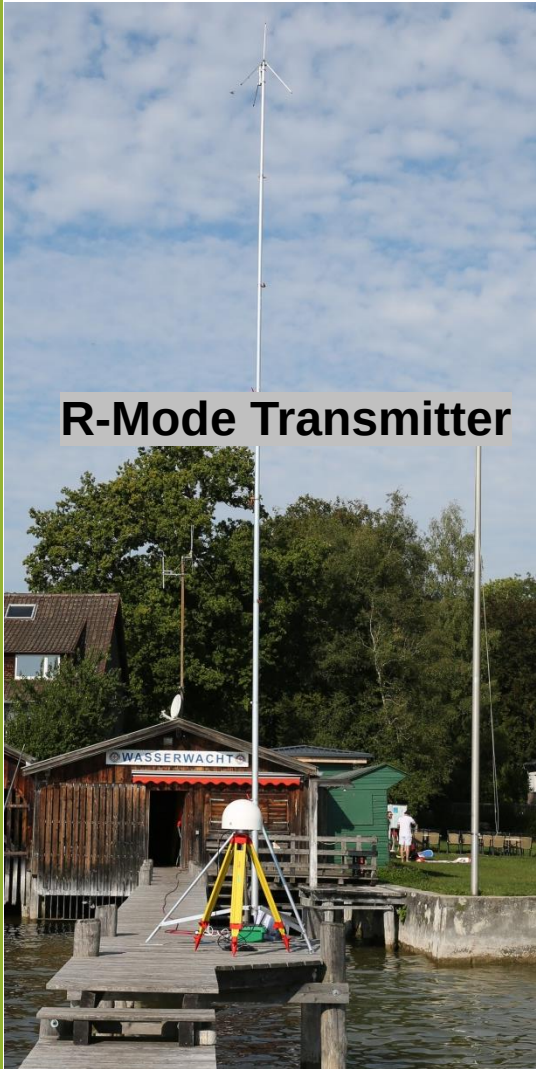
- Condition

- Minor change of land sea path
- Several hours of continuous data without anomalies and nightly cycle slips

➤ Theoretical bounds are comparable with measured performance



Dynamic VDES R-Mode performance



Project ORMOBASS

Operational **R-Mode Baltic Sea** System to support resilient navigation



- Project 11/2023 to 10/2026
- Extension of MF R-Mode to Finland and Estonia
- Implementation of core functionalities (central monitoring, provision of navigation data for MF)
- First operational VDES base stations with R-Mode support
- GNSS degradation monitoring
- Prototype GNSS + MF R-Mode receiver
- Develop framework for joined operation of R-Mode in the BSR
- Research and validation
- Solution for R-Mode internal synchronisation
- Support R-Mode standardisation (IALA, IMO, RTCM, IEC, IUT-R)



ZUSAMMENFASSUNG

- KI basierte Methoden lassen sich nutzen, um GNSS Störungen mit Hilfe von Standardempfängern festzustellen.
- Die Abhängigkeit von GNSS ist ein Problem für die Schifffahrt.
- R-Mode ist eine kostengünstige Möglichkeit, alternative Navigationssignale für die Küstennavigation bereitzustellen.
- Mit R-Mode lassen sich Genauigkeiten von 10 m bis 100 m erreichen.
- Es gibt eine starke Initiative, R-Mode als alternatives Positionierungssystem in der Ostseeregion zu etablieren.

The background image is a grayscale photograph of a coastal scene. On the left, a tall, cylindrical lighthouse with a white upper section and a dark lower section stands on a rocky pier. The pier is made of large, dark stones. In the distance, a large white ferry ship is visible on the water. The ship has the text "Scandlines HYBRID FERRY" on its side. The sky is overcast with soft clouds.

Thank you for your attention.

Questions?

Topic: KI basierte Jamming Detektion mit verfügbaren GNSS Empfängern und R-Mode – Ein terrestrisches Backup-Positionierungssystem für die Schifffahrt

Date: 20 November 2024

Author: Stefan Gewies, Ralf Ziebold

Institut: Institute of Communications and Navigation

Bildcredits: All images “DLR (CC BY-NC-ND 3.0)” unless otherwise stated