Agenda

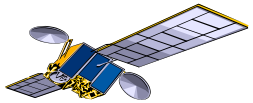
3. Vorstellung der Projektergebnisse
   - Transportlogistikkonzepte für Metropolregionen
   - Entwicklung und Bau eines Versuchsträgers für die Citylogistik
   - Automatisierter Umschlag und Energieversorgung
   - Hochgenaue Positionierung & Umfelderfassung für automatisiertes Anlegen
   - Backuppositionierung

     Markus Wirsing, Institut für Kommunikation und Navigation, DLR e.V.

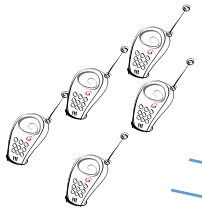
     Niklas Hehenkamp, Institut für Kommunikation und Navigation, DLR e.V.
   - Automatisiertes Fahren und Anlegen
   - Verkehrs- & Fernsteuerzentrale

GNSS: Störquellen

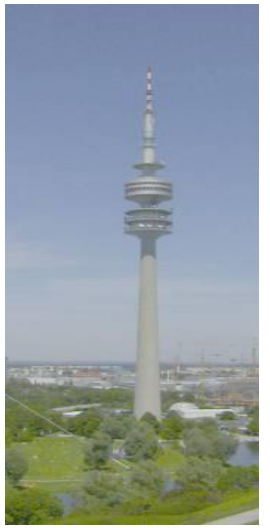
Gefälschte Signale (spoofing)



Schwache GNSS Signale

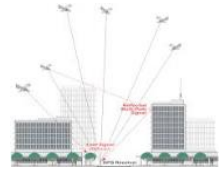


Kleine Störer



Fernsehsender Oberwellen

Gepulste Signals mit hoher Leistung (DME,TACAN etc.)



Mehrwegeausbreitung

Jamming (e.g. PPD)

Atmosphärische Effekte

Presse

Men

Elektronische

Wie R
Flugv

30. April 2024, 1

The Guardian

News | Opinion | Sport | Culture | Lifestyle | More

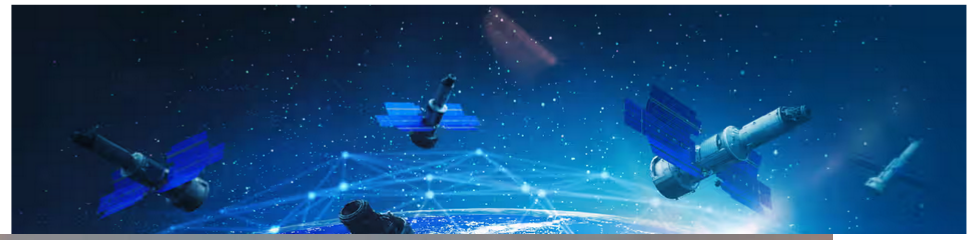
World UK Climate crisis Ukraine Environment **Science** Global development Football Tech Business Obituaries

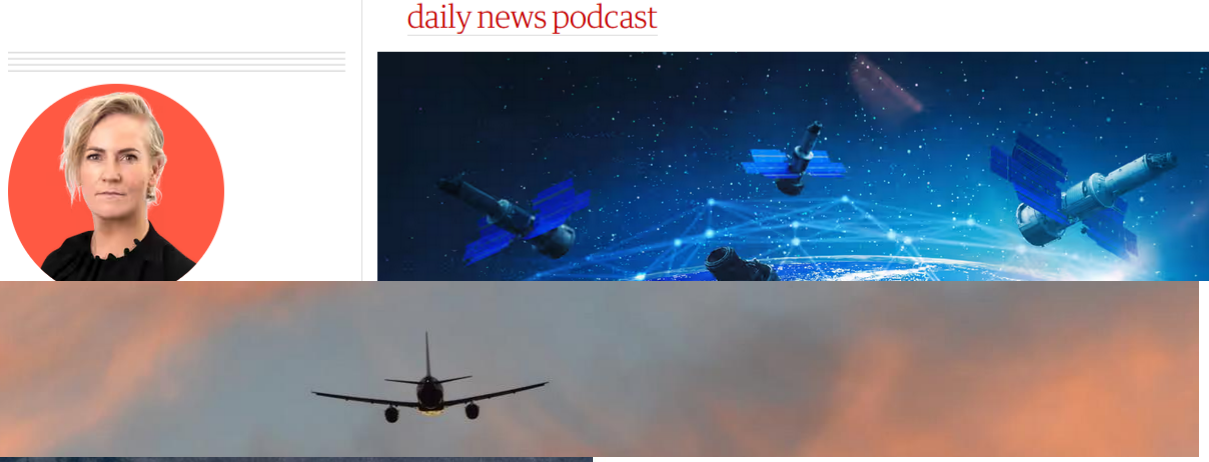
Space

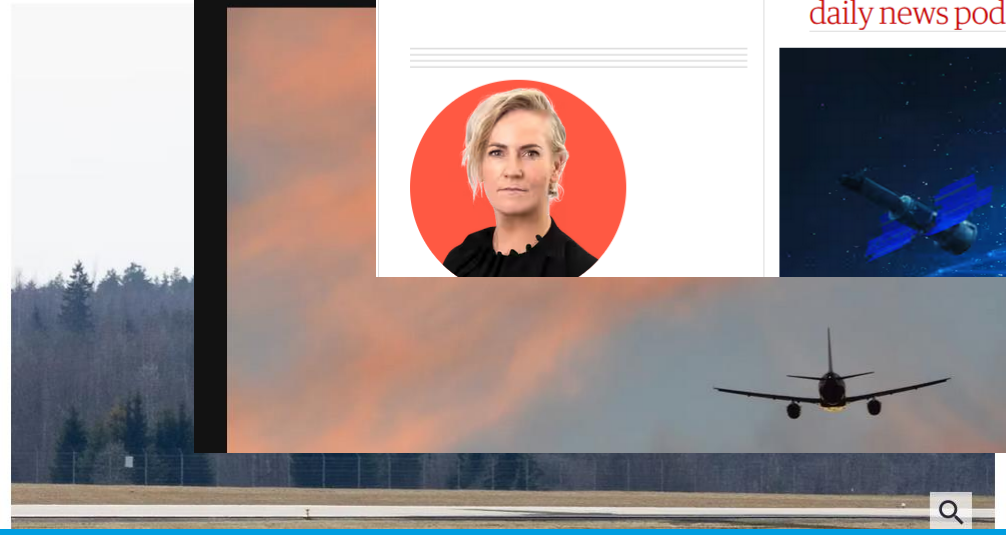
Space warfare: how the military could be forced to give up GPS and return to navigating by the stars

If satellites get taken out during war, defence forces will need personnel trained to switch from digital back to analog tools

Get our morning and afternoon news emails, free app or daily news podcast





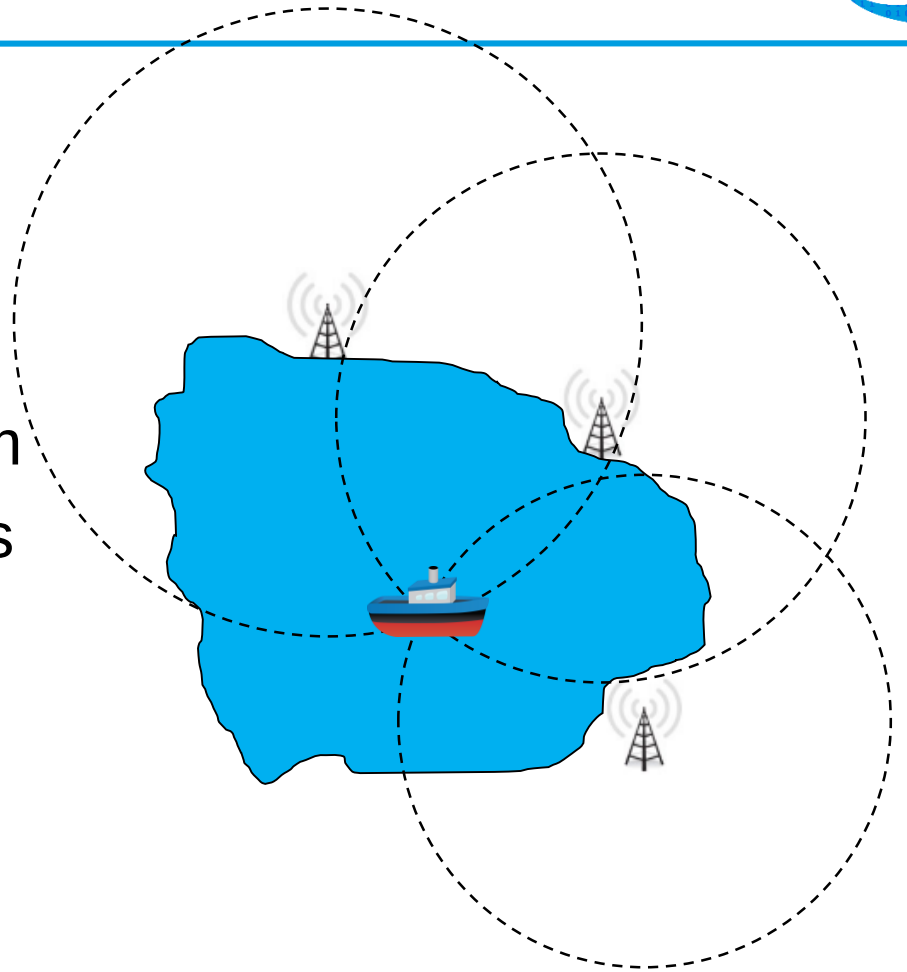


Alternative Navigationslösungen

- Keine guten Alternativen verfügbar

→ R-Mode (Ranging Mode)

  - Von Satelliten unabhängiges Backupsystem
  - Erweiterung eines Kommunikationssystems um Entfernungsmessung
  - Multilateration zur Positionsbestimmung



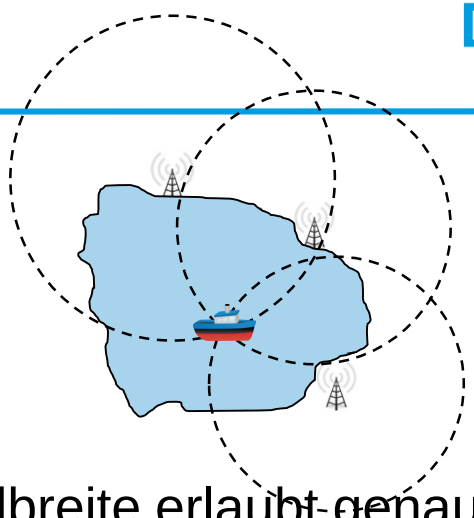
Was ist VDES?

- **Maritimes Kommunikationssystem: V**HF **D**ata **E**xchange **S**ystem
- Nachfolger von AIS
- Februar 2022 als Standard bei der ITU veröffentlicht (M.2092-1)

VDES besteht aus vier Bestandteilen:

1.	AIS	2x 25 kHz Kanäle
2.	Neu: ASM	2x 25 kHz Kanäle (Application Specific Messaging)
3.	**Neu: VDE-TER**	**2x 100 kHz Kanäle für up- und downlink (incl. ship-to-ship)**
4.	Neu: VDE-SAT	2x 150 kHz Kanäle für up- and downlink

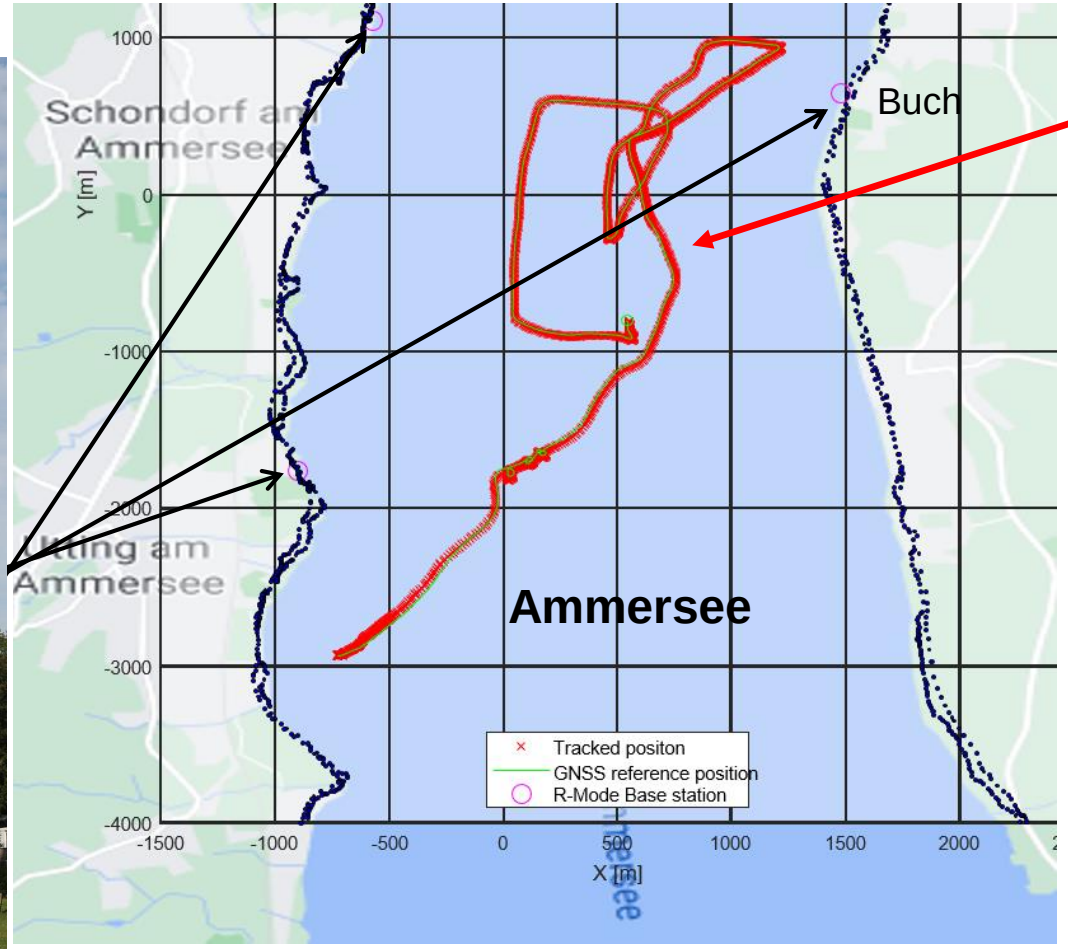
Warum VDES für R-Mode?

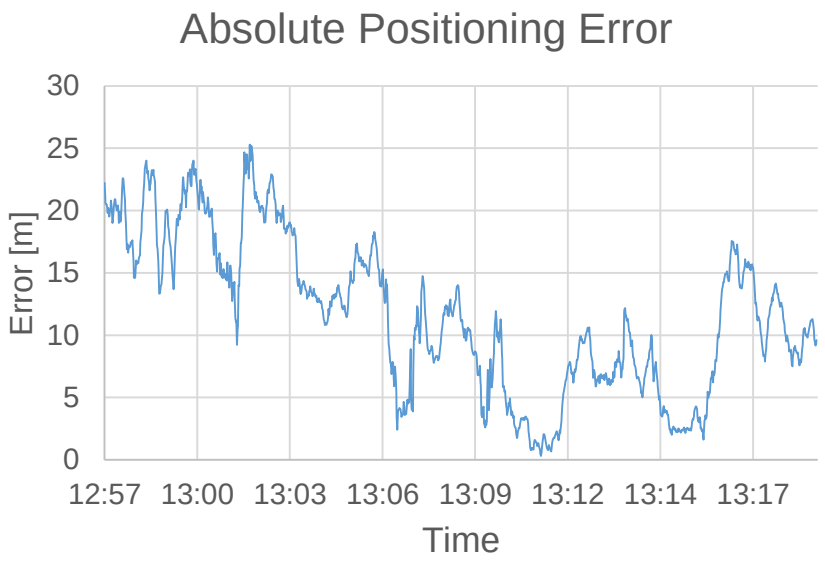


Vorteile des VHF Data Exchange Systems (VDES)

- **VDES** ist standardisiert mit **weltweiter Frequenzzuweisung**
- VDE-TER bietet 100 kHz vs 25 kHz Bandbreite → Höhere Bandbreite erlaubt genauere Messungen
- VDE-TER deckt mit WSV-Standorten die relevanten Gebiete ab
- VDE-TER zur Nutzung von VDES R-Mode als Navigationsanwendung
  - VDE-TER Datenkanal transportiert zusätzliche Navigationsinformationen (Position der Basis)
  - VDE-TER erlaubt Authentifizierung (bspw. authentifizierte Positionreports)

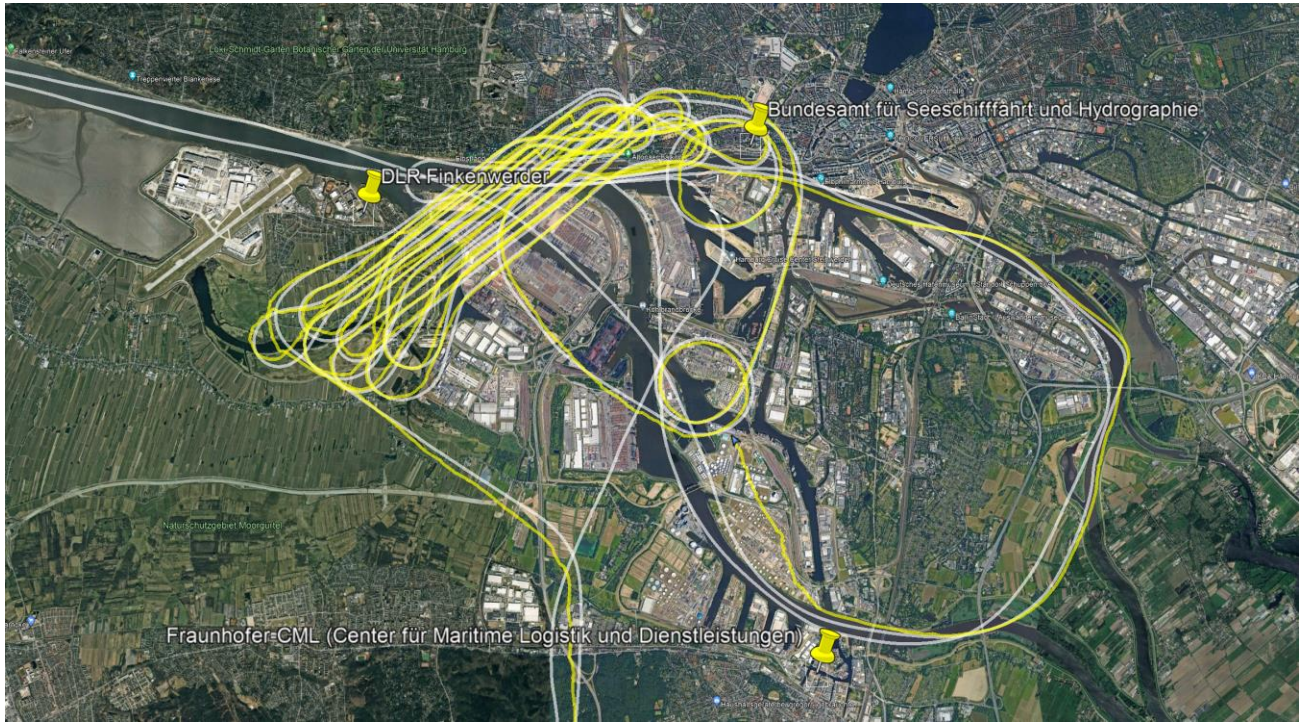
VDES R-Mode Validierung (2020)



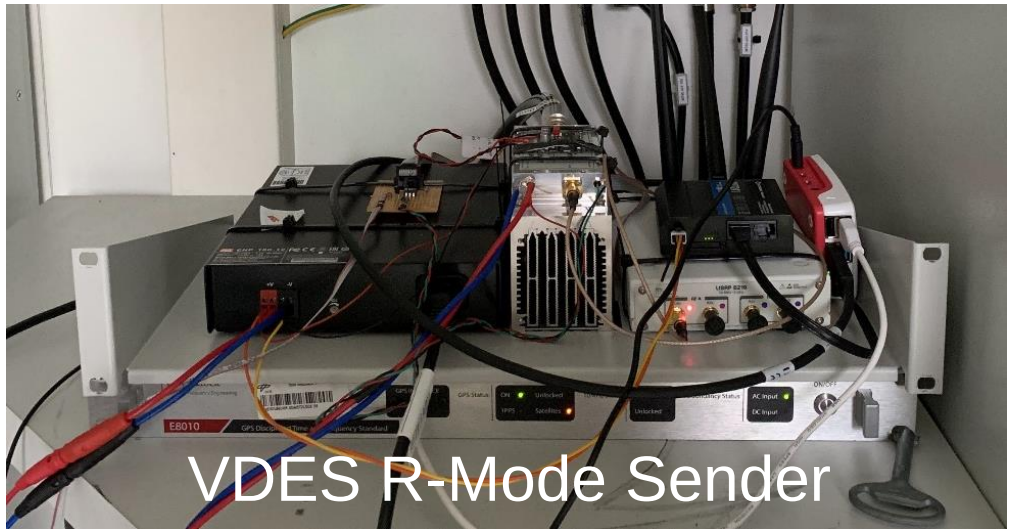


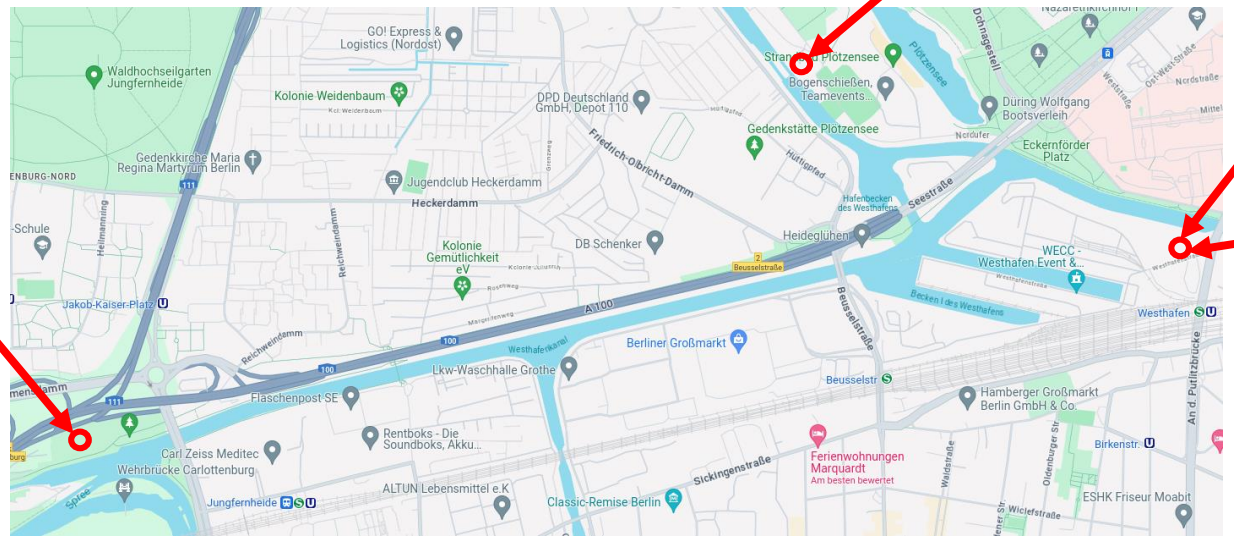
Validierung für SAR Flugzeuge (Hamburger Hafen)

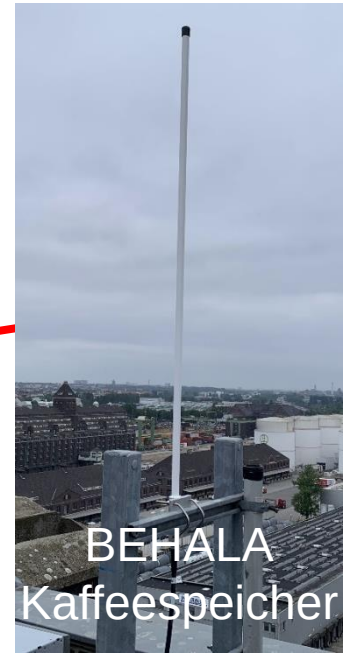
- Erste Validierung von VDES R-Mode im Flugzeug
- Ausreichende Performance für SAR-Operationen



DigitalSOW VDES R-Mode Installation

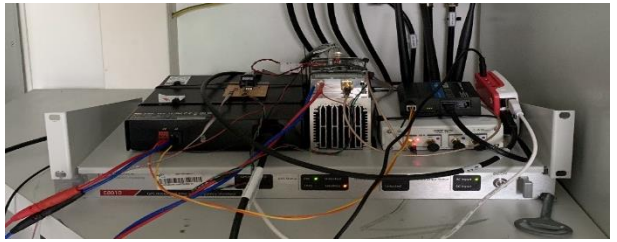


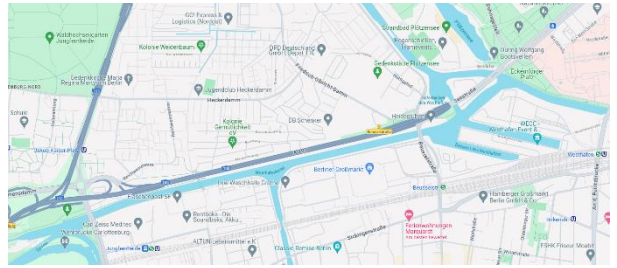




Zusammenfassung: VDES R-Mode

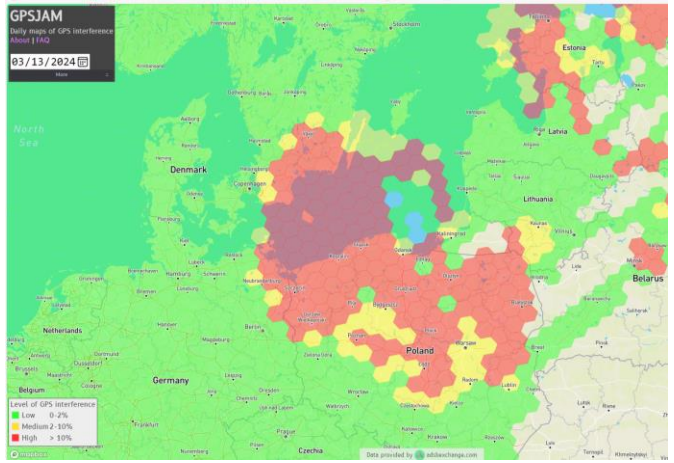
- GNSS ist wichtig aber fragil
- **Weltweit erstes urbanes Testfeld für VDES R-Mode**
  - Positionsgenauigkeit und Verfügbarkeit: Vielversprechend
  - Integrität von GNSS validierbar (Spoofing Detektion)
  - Position über VDES R-Mode als Reports über VDE-TER authentifizierbar
- Ausblick:
  - Pilotbetrieb an den WSV-Standorten an der Ostsee
  - Kombination mit MF R-Mode

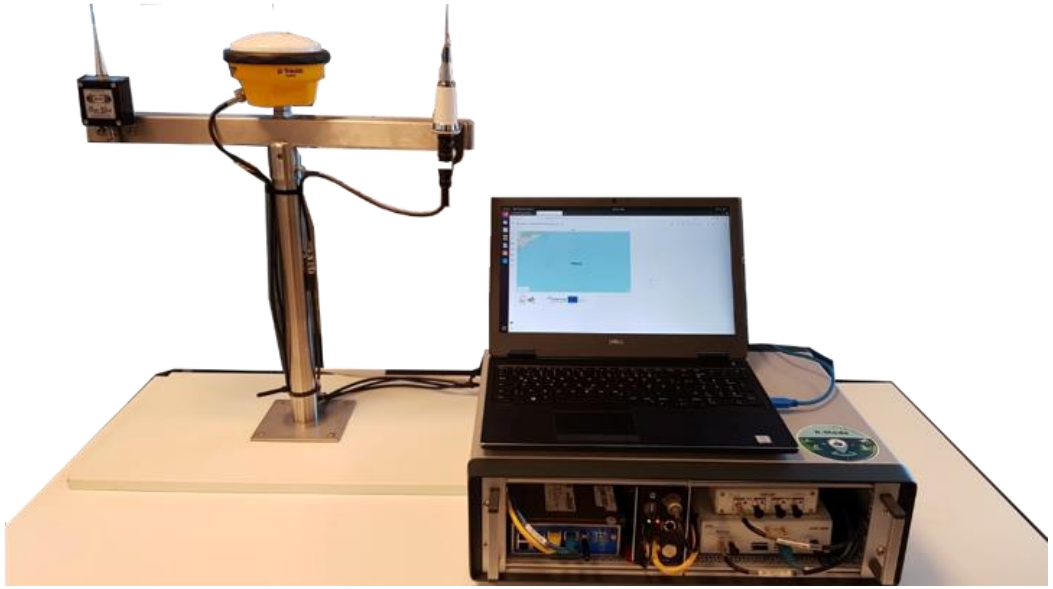




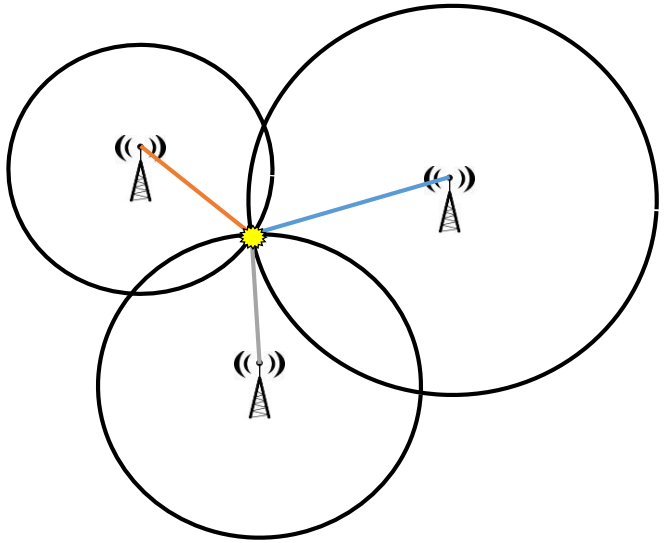
MF R-Mode Binnenschifffahrtsempfänger

- MF R-Mode Testfeld in der Ostsee wurde um einen Sender in Sachsen-Anhalt erweitert
- MF R-Mode kann die Binnenschifffahrt unterstützen:
  - GNSS Backup für Position, Navigation und Timing
  - GNSS Integritätsüberwachung





MF R-Mode Receiver

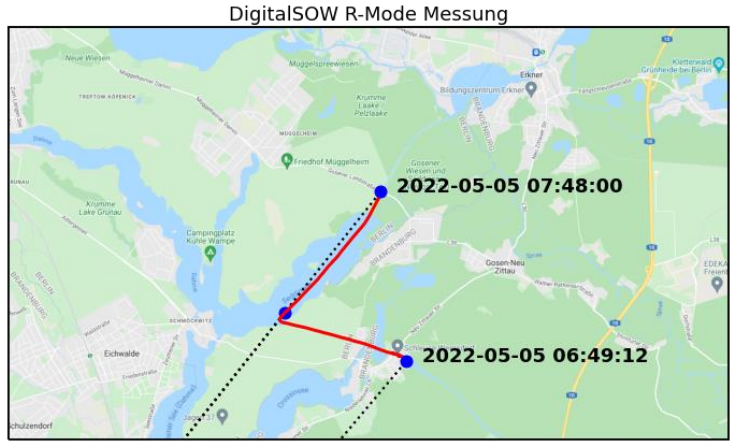


Sendeantenne

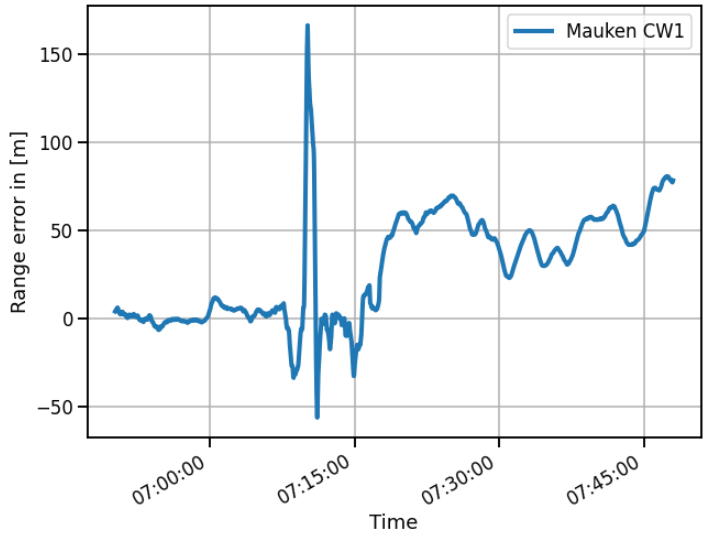
Herausforderung im Projekt: Laufzeitfehler

- MF R-Mode Genauigkeit wird durch Fehlerquellen beeinflusst:
  - Instabilität der Sender
  - Laufzeitfehler durch Ausbreitungseffekte
  - Uhrenfehler
- Laufzeitfehler werden durch statische und dynamische Korrekturdaten (AGDF) kompensiert
- Ziel: MF R-Mode Korrekturdatendienst und Bereitstellung im Testfeld

DigitalSOW MF R-Mode Testfeld



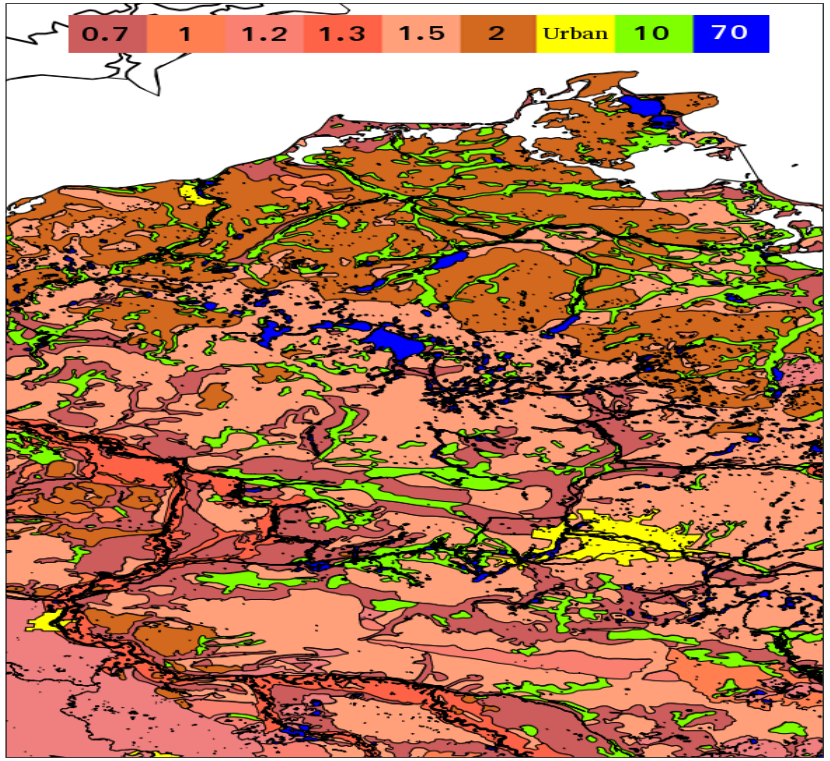
Trajektorie der Messung im Mai 2022



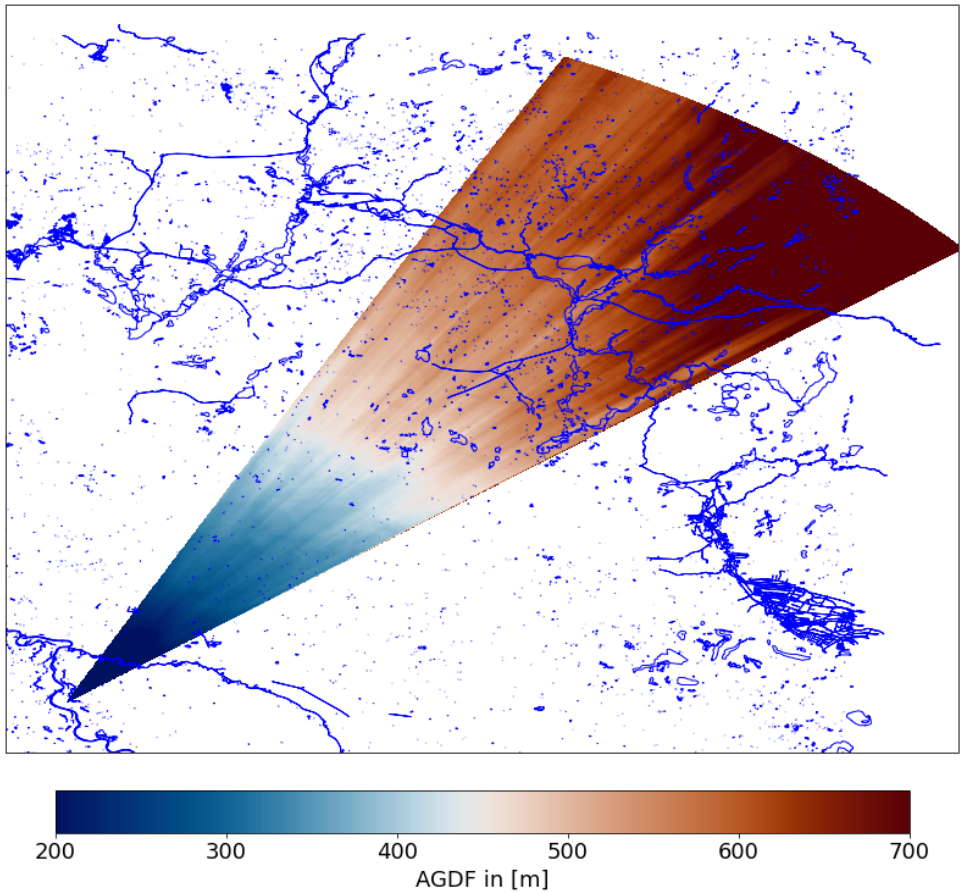
Range-Fehler wahrend der Messung

Optimiertes MF R-Mode Ausbreitungsmodell

Detaillierte Bodenleitfähigkeitskarte auf Basis von Bodenart, Landbedeckung sowie Umweltparameter aus Erdbeobachtungsdaten

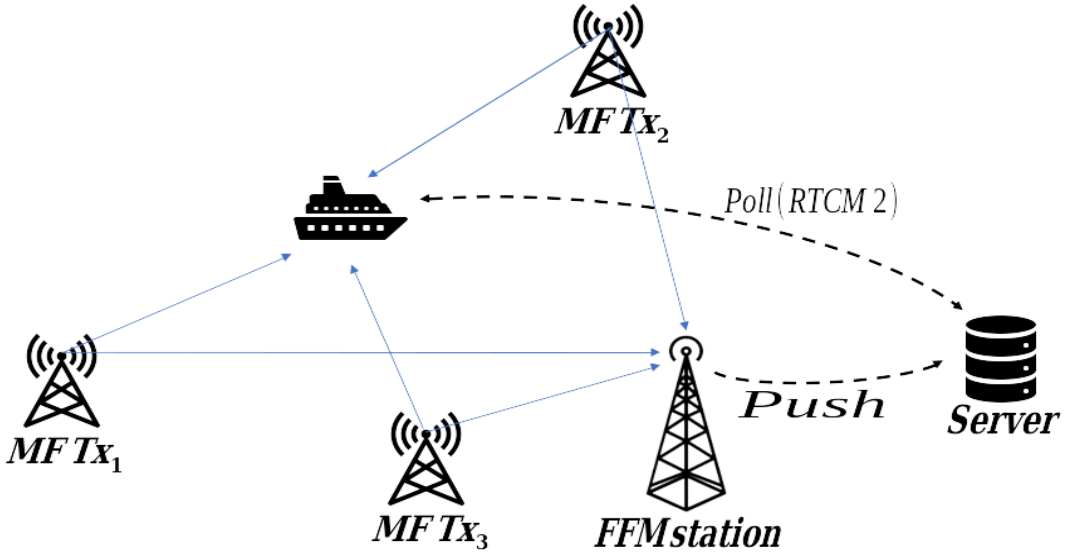


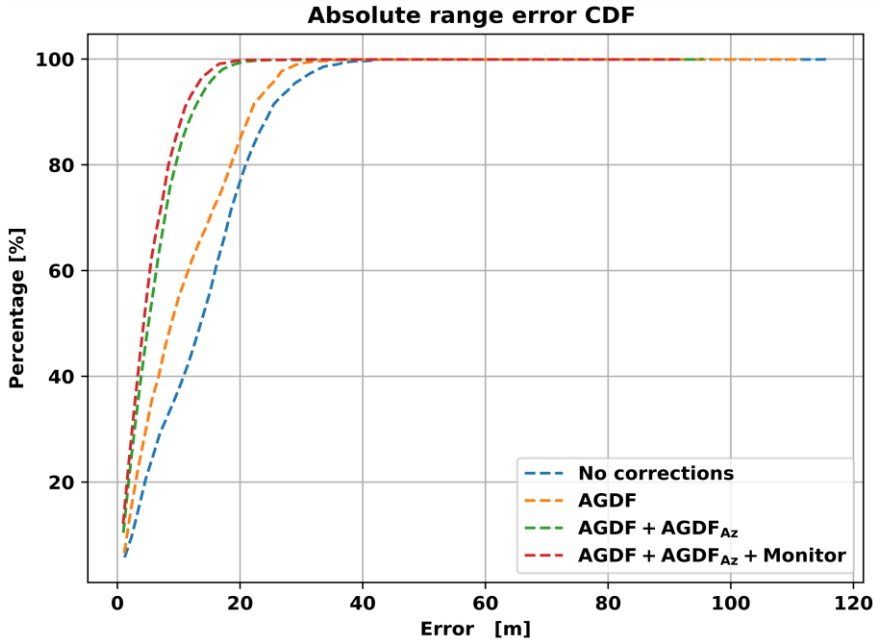
Optimierte AGDF Karte: Berücksichtigung von Bodenart, Geländeprofil, Landnutzung, Bodenfeuchte und Temperatur → hohere Genauigkeit



MF R-Mode Korrekturdatendienst

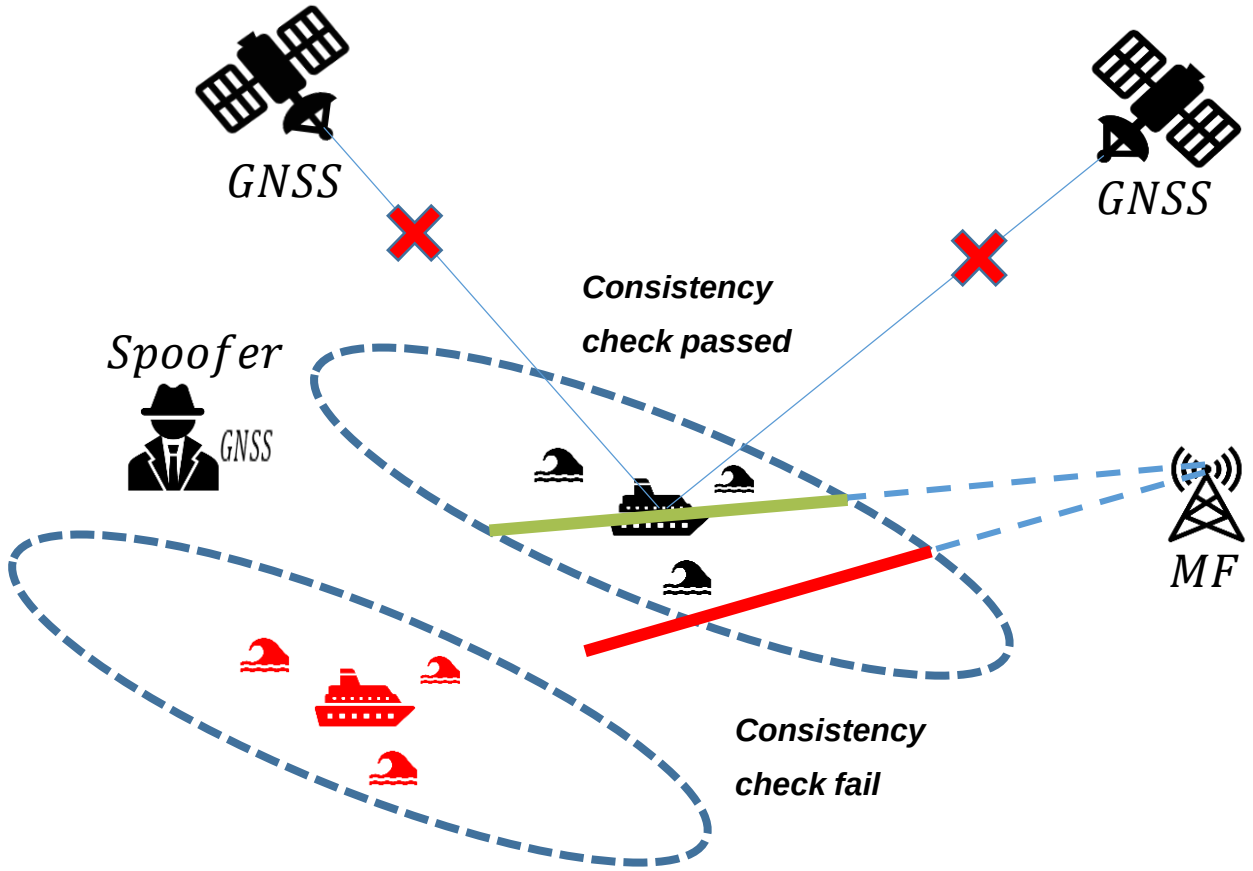
- Zeitlich variante Fehler auf der Sendeseite sowie im Funkkanal werden im Testfeld durch Referenzstationen erfasst
- Korrekturdaten werden an den Binnenschifffahrtsempfänger übertragen
- Genauigkeit von MF R-Mode: < 20 m





Kombination: MF R-Mode und GNSS

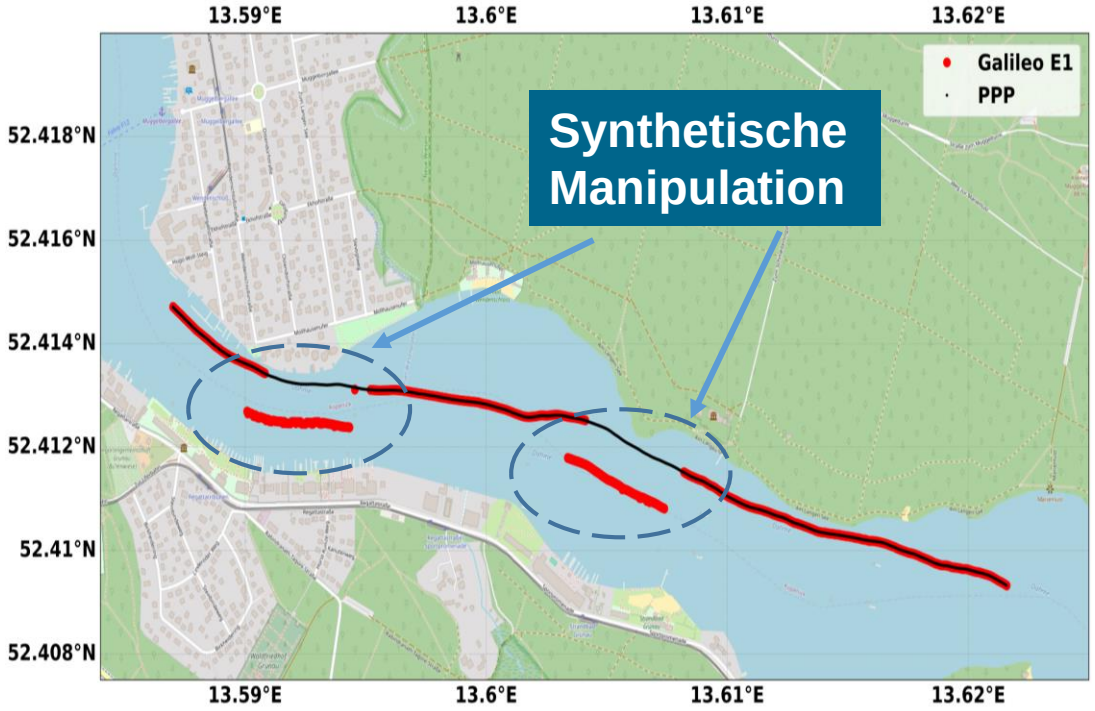
- Entfernungsangaben von einer einzelnen Station können eine Konsistenzprüfung der GNSS-Position ermöglichen
- Die zur Durchführung der Prüfung erforderlichen Informationen sind Rauschpegel der GNSS- und MF-Messungen sowie Geometrische Verteilung (DOP) der GNSS- und MF-Messungen
- Benutzerdefiniertes Vertrauensniveau für statistische Tests

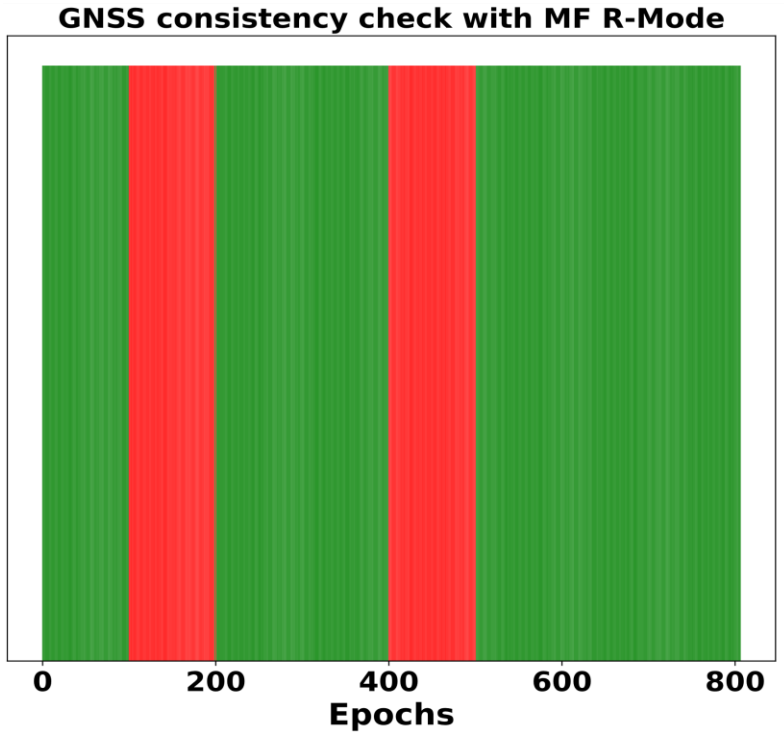


Kombination: MF R-Mode und GNSS

- Position auf Basis von Galileo E1
- Referenz auf Basis von PPP
- Synthetische Spoofing Ereignisse von 100 Sekunden Dauer

MF R-Mode kann Informationen zur Erkennung von GNSS-Ausfällen, Leistungsverlusten und potenziellen Spoofing-Angriffen liefern





Ergebnis	%
Erkannt	99.9
Falsch positiv	0.1
Nicht erkannt	0.0

Alberding
GmbH

DLR

SVA
POTSDAM MODEL BASIN

Universität
Rostock

EBMS

VBW