

# Hochgenaue Positions- und Lagebestimmung für die Schleusenfahrt

Ralf Ziebold, Xiangdong An, Christoph Lass, Carsten Becker  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Institut für Kommunikation und Navigation, Neustrelitz



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

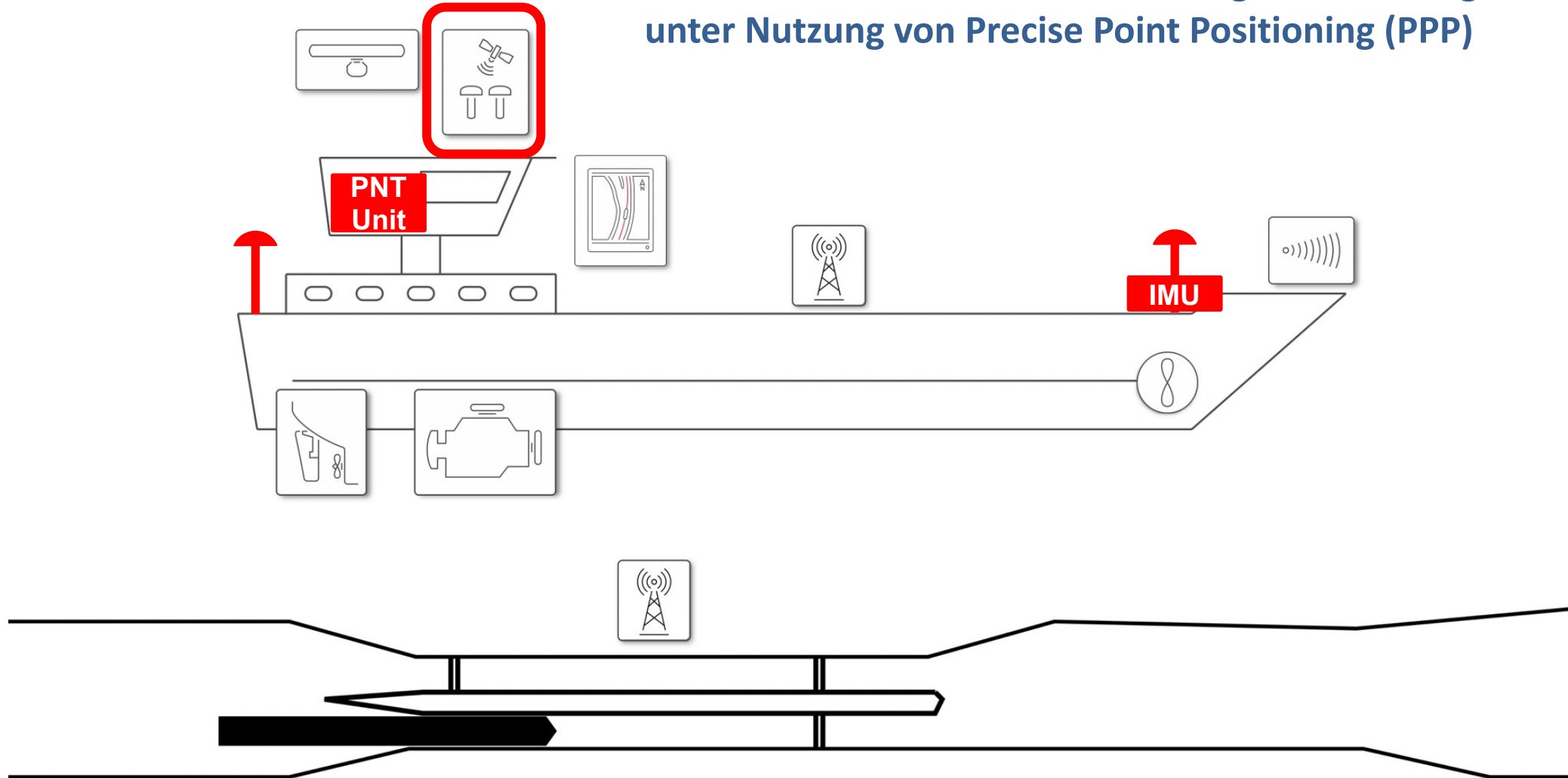


Knowledge for Tomorrow

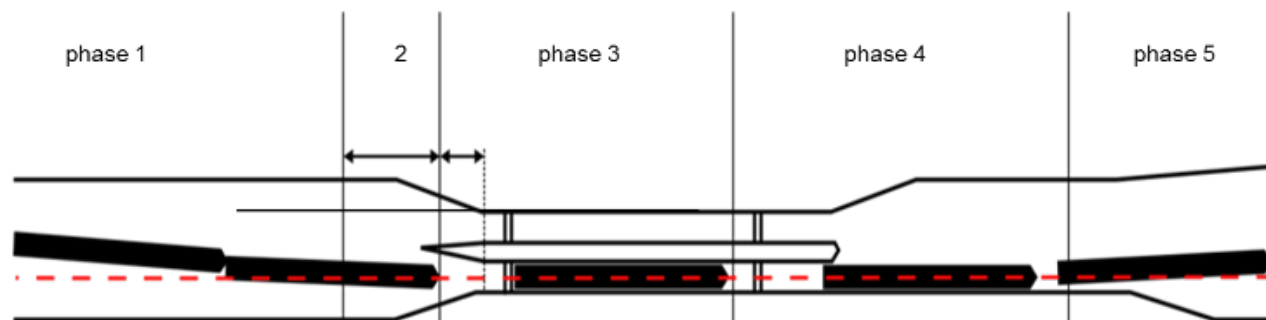


# SCIPPER Übersicht

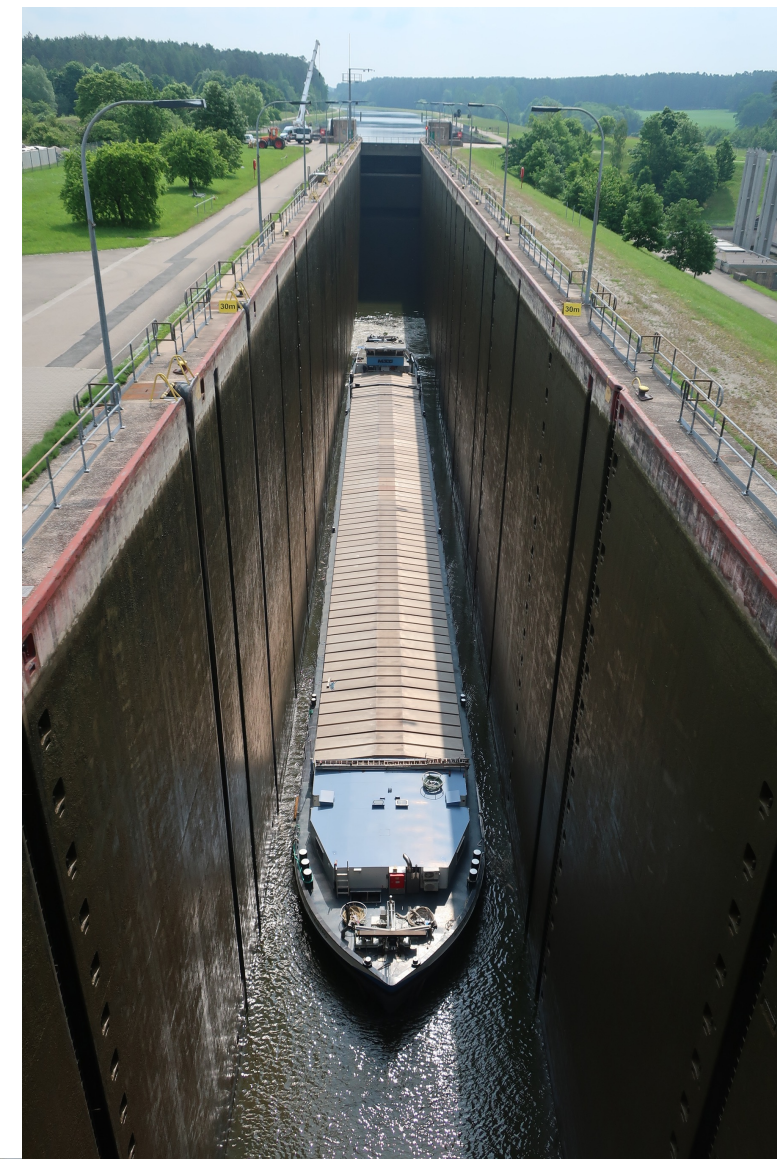
## Satellitenbasierte Positions- und Lagebestimmung unter Nutzung von Precise Point Positioning (PPP)



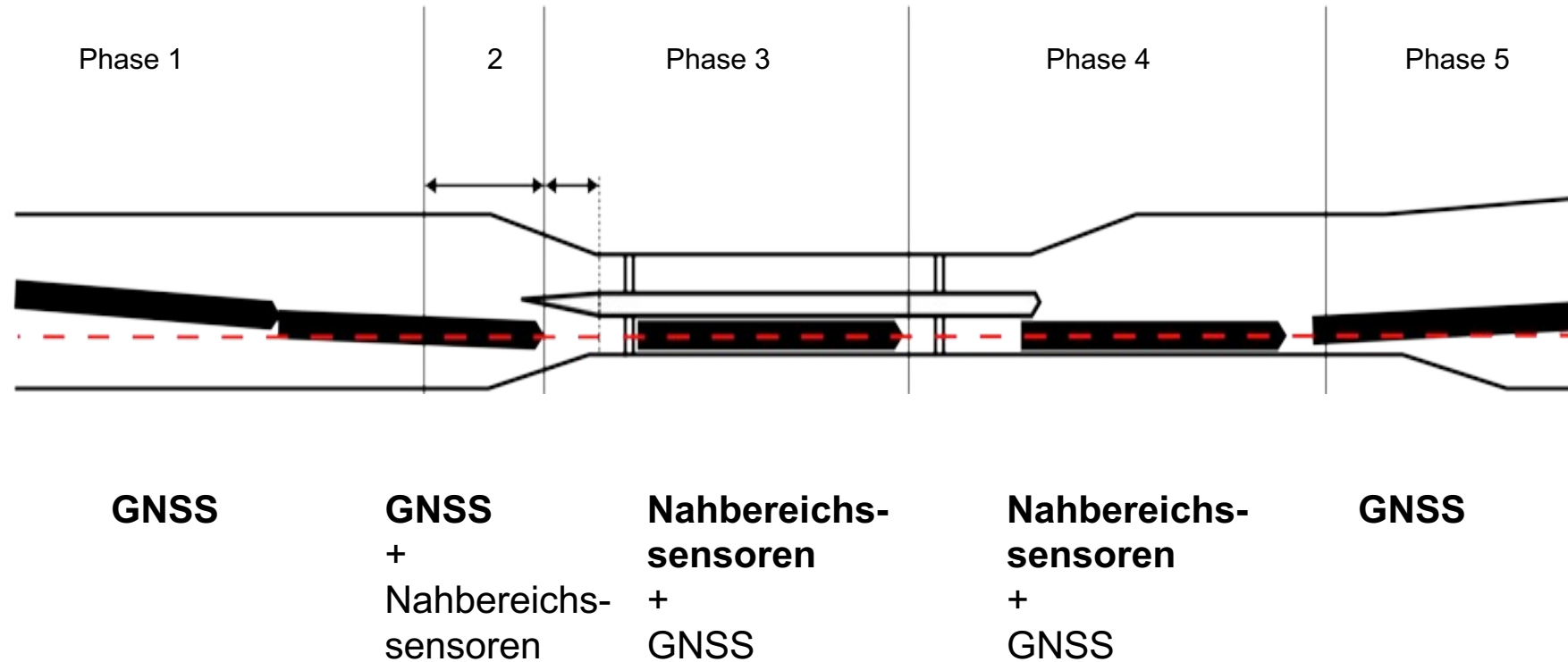
## 2. Anforderungen an Positions- und Lagebestimmung



	Phase 1,5	Phase 2	Phase 3,4
Horizontale Positions-Genauigkeit [cm]	10	1 (Bug), 10 (Heck)	1
Heading Genauigkeit [°] L = 100 m	11°/L 0.110°	11°/L 0.110°	0.5°/L 0.005°
Geschwindigkeit [cm/s]	1	1	1

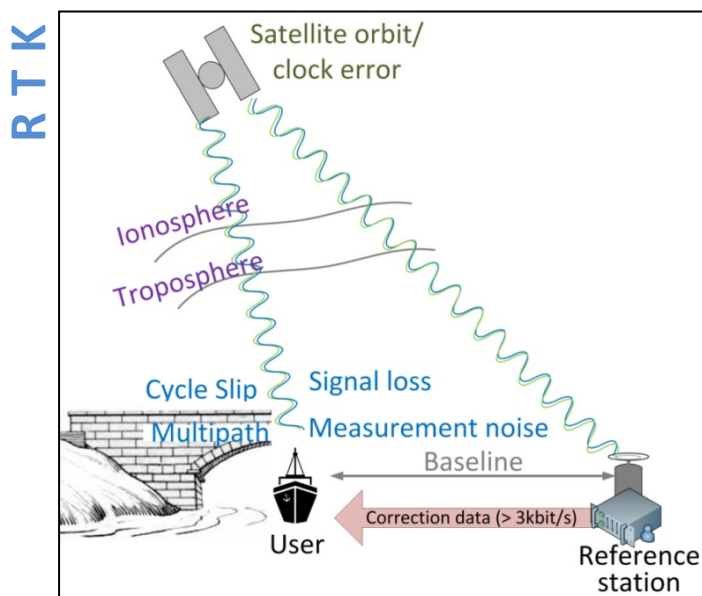


# Kombination von globaler und lokaler Positionierung für die automatisierte Schleusenfahrt



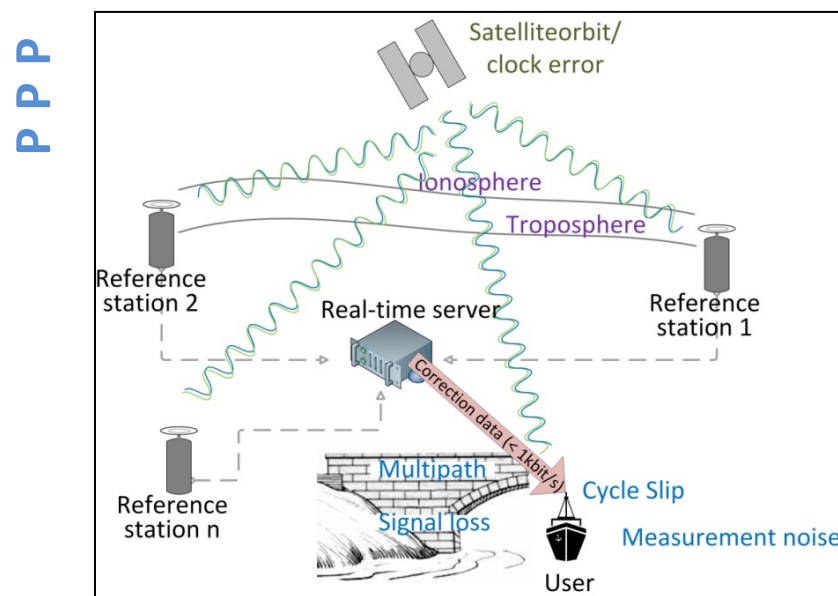
# Hochgenaue GNSS Trägerphasenbasierte Positionierung

## Relative Positionierung



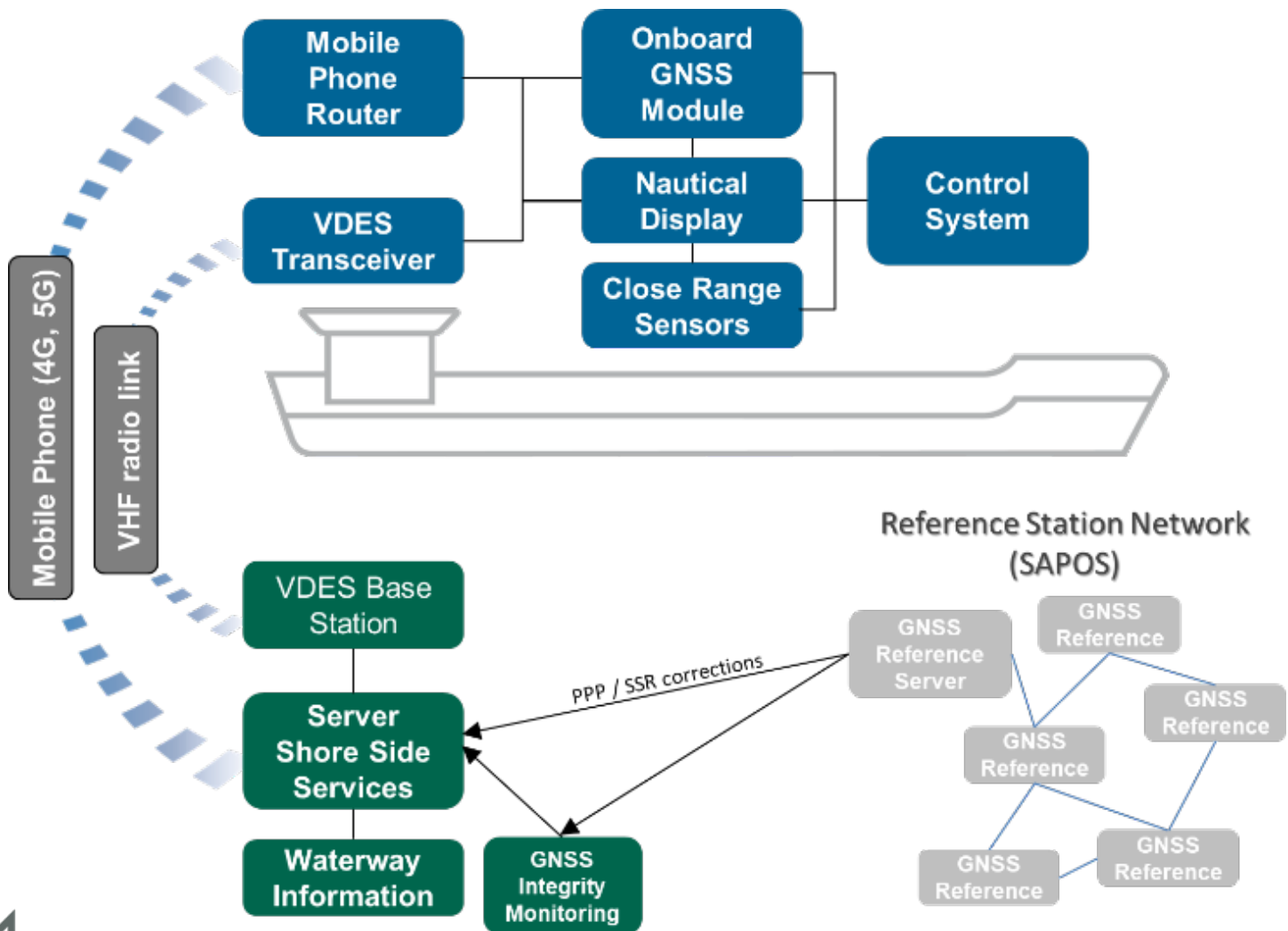
- Lokale **OSR** Korrekturdaten
- Doppelte Differenzen eliminieren die meisten Fehler
- cm-Genauigkeit nach wenigen Sekunden

## Absolute Positionierung

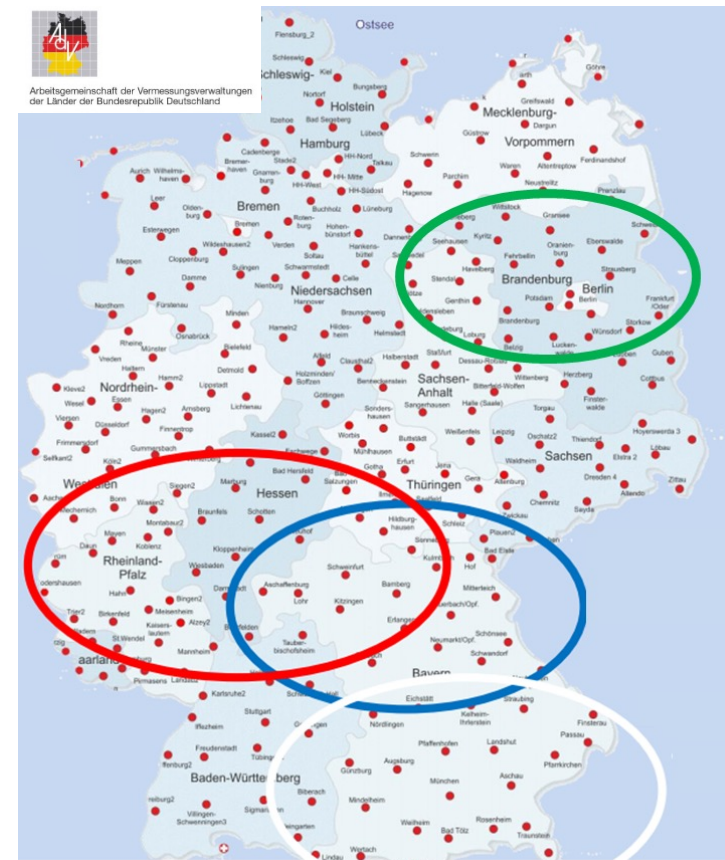


- Regionale /Globale **SSR** Korrekturdaten
- Genaue Modellierung der einzelnen Fehlerquellen
- dm-cm Genauigkeit nach mehreren Minuten, da lokale Fehler im KF geschätzt werden müssen

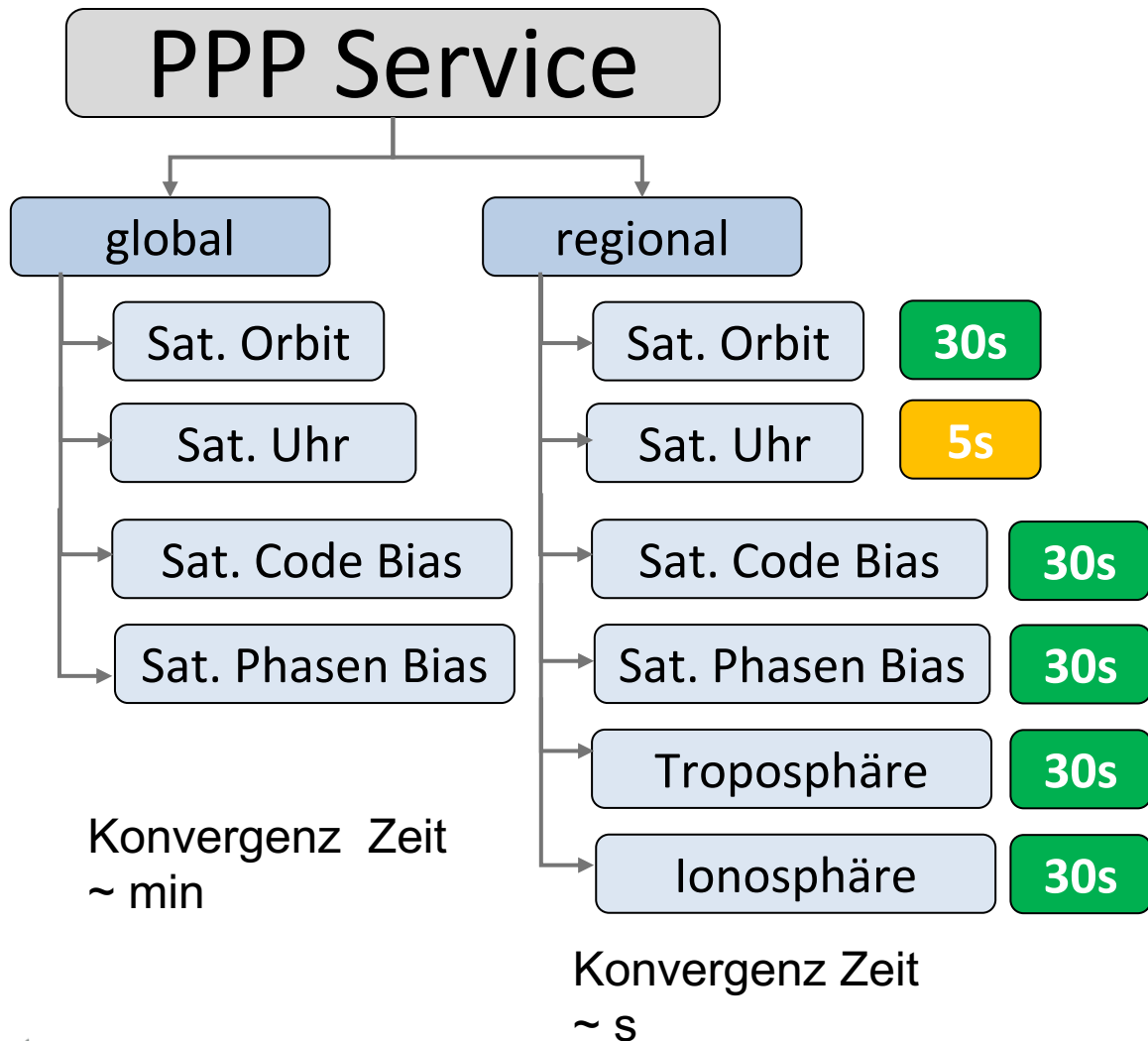
# SCIPPPER Systemkonzept



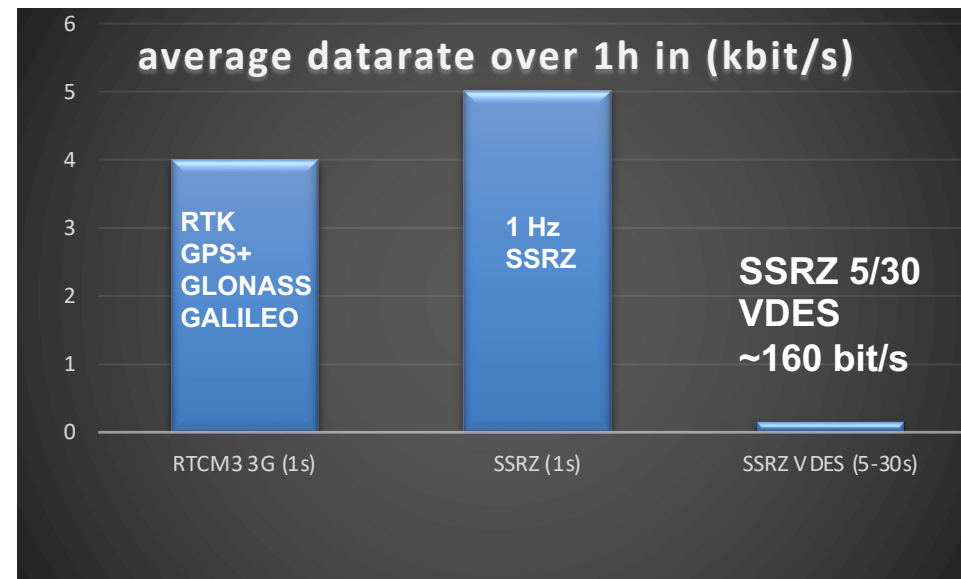
## SAPOS Referenzstationsnetzwerk mit SSR Servicegebieten



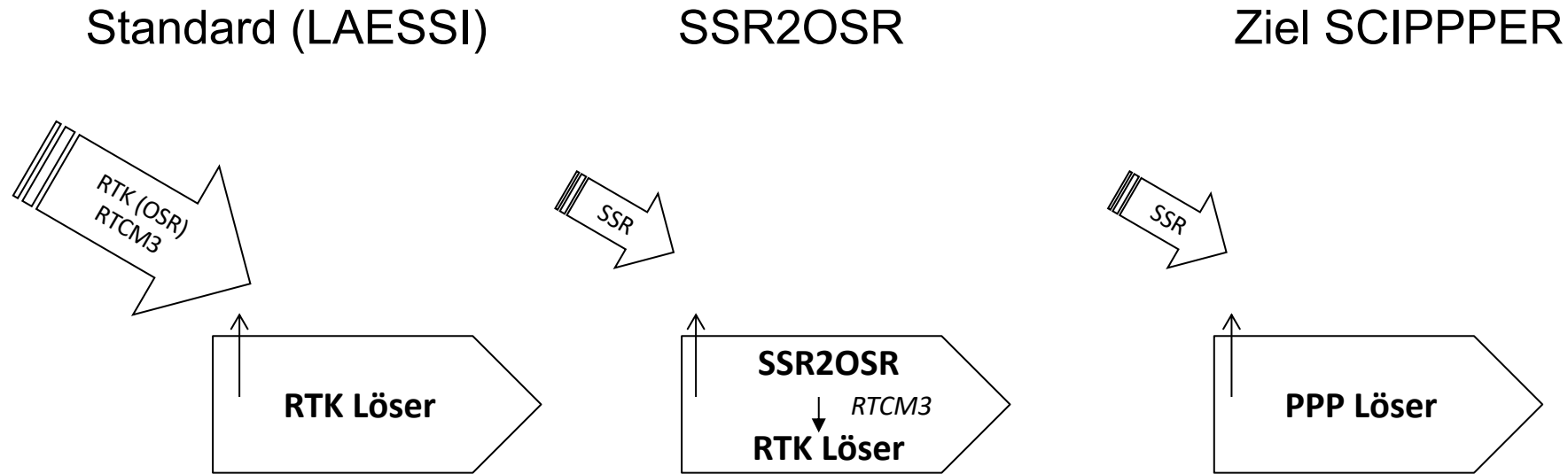
# Überblick PPP Services



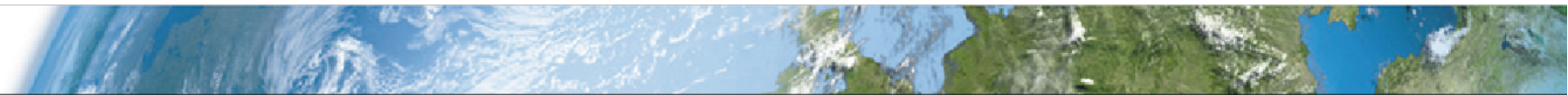
## Optimierung der Datenrate für Binnenschiffsanwendung



# Ziel: DLR PPP Algorithmenentwicklung



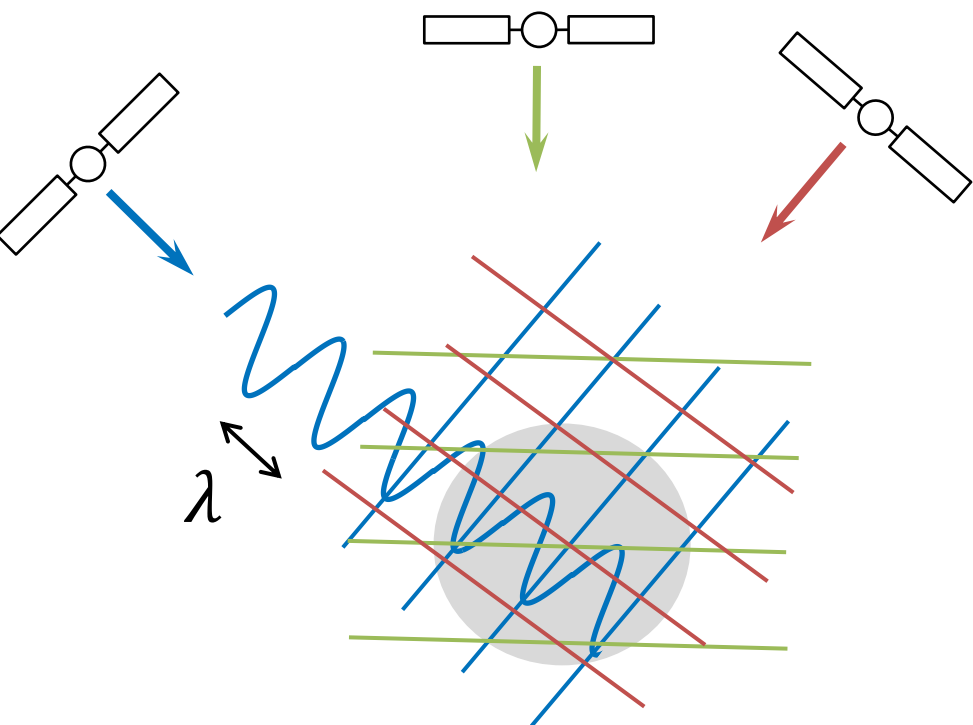
Ziel: Echtzeit PPP Löser mit Fixierung der ganzzahligen Phasen-Mehrdeutigkeiten



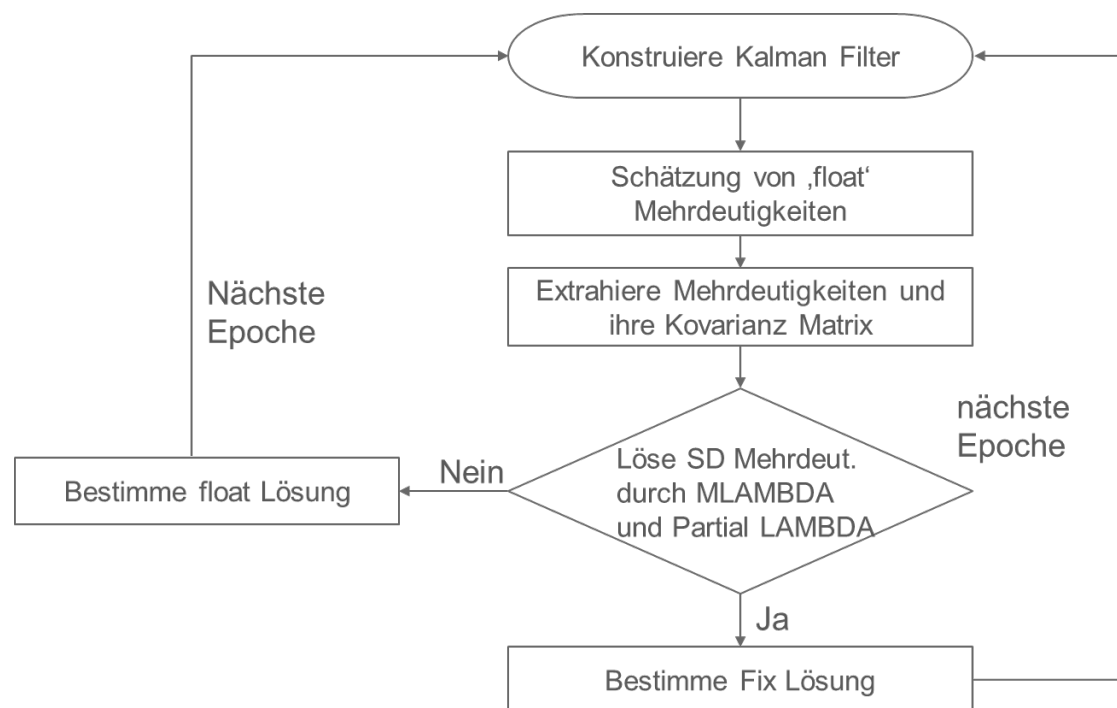


# PPP Algorithmus

## Prinzip phasenbasierte Positionierung



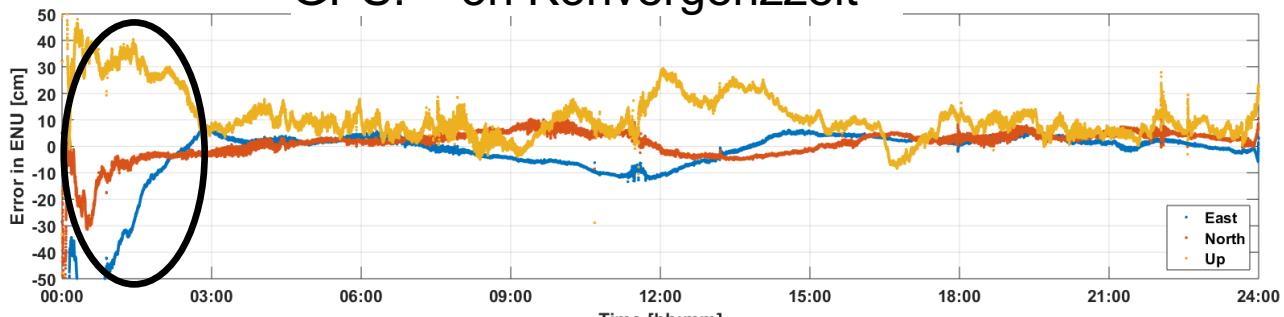
- Nutzung von ‚single differenced‘ (sd) Beobachtungen => Ganzzahligkeit der Phasenmehrdeutigkeit
- Nutzung von mind. zwei Frequenzen GPS + GALILEO in ‚wide+ narrow lane‘ Kombination



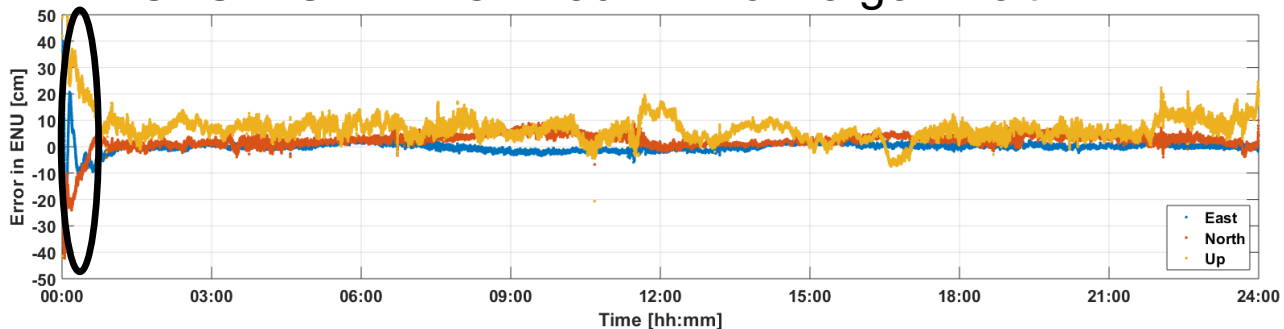
# PPP Ergebnisse: Verkürzung der Konvergenz

## Klassisches PPP – nur globale Korrekturen (float)

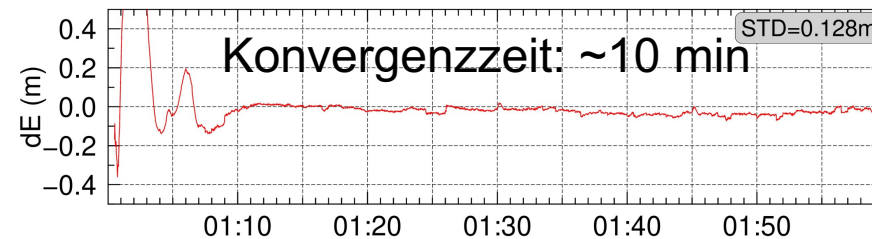
GPS: ~ 3h Konvergenzzeit



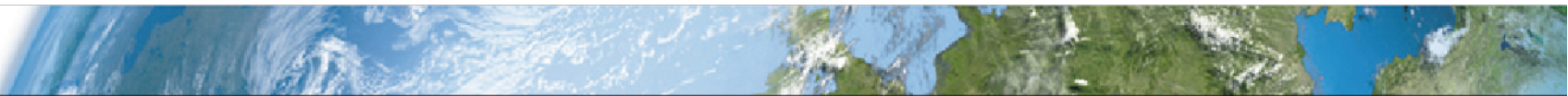
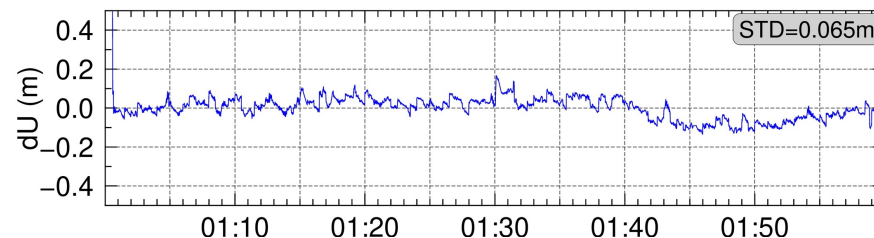
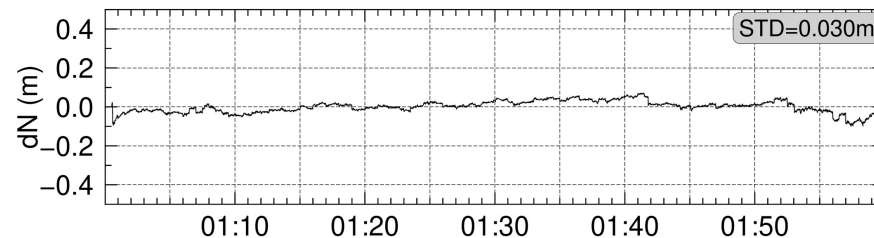
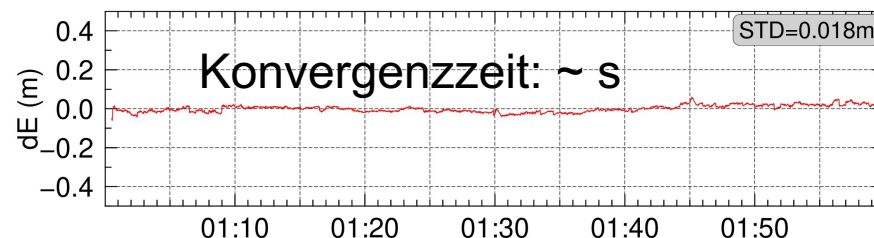
GPS + GALILEO: ~ 30min Konvergenzzeit



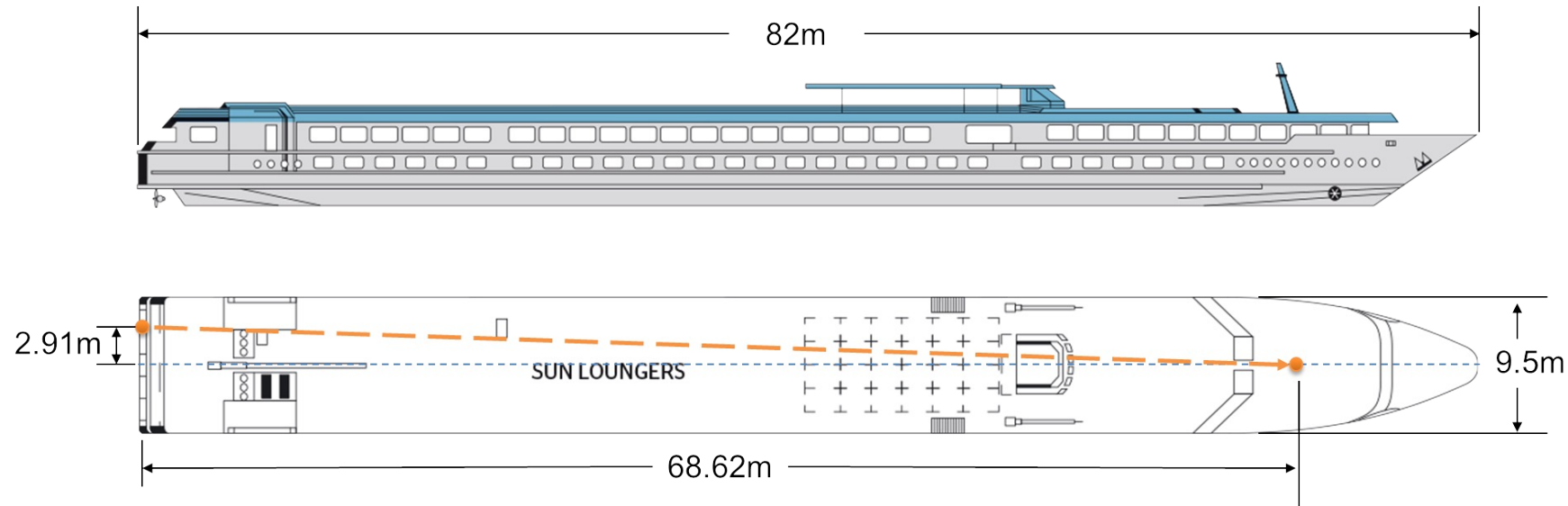
## PPP-RTK float SAPOS SSR Korrekturen



## PPP-RTK fix SAPOS SSR Korrekturen



# Realdemonstration mit ‚Victor Hugo‘ Aufbau



Hintere Antenne



Receiver + PNT Unit

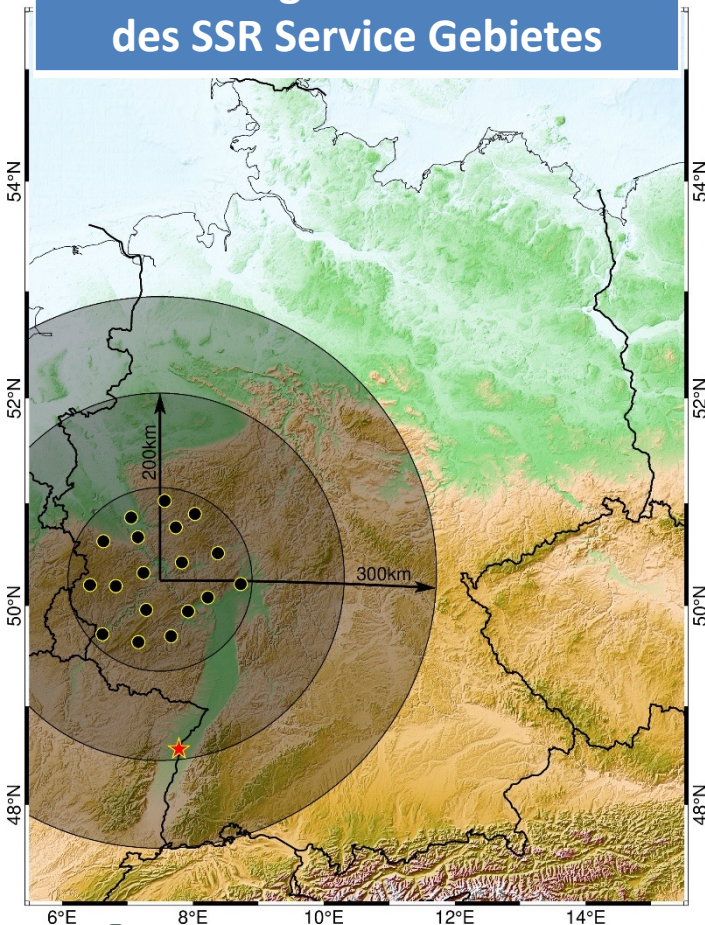


Vordere Antenne



# Realdemonstration mit ‚Victor Hugo‘ Herausforderungen

## Strasbourg weit ausserhalb des SSR Service Gebietes



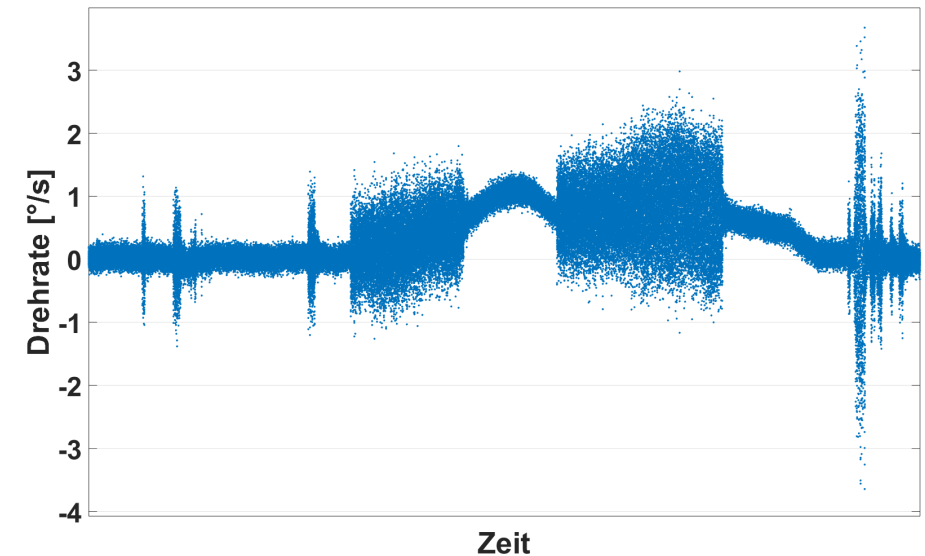
## Kommunikationskanal

- VDES nicht verfügbar (nur Koblenz)
- Zeitweise instabile mobile Internet Verbindung (roaming)



## Sensor Aufbau auf Schiff

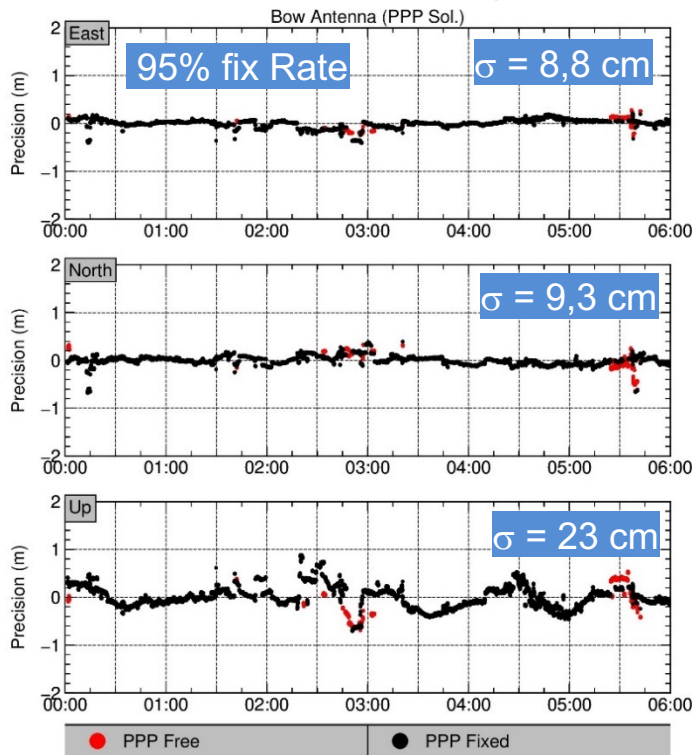
- 60m HF Kabel GNSS Antenne-Receiver
- MEMS- IMU unterhalb vorderer Antenne



Starker Einfluss von Vibrationen  
durch Bugstrahlruder

# Realdemonstration mit ‚Victor Hugo‘: Statische Ergebnisse

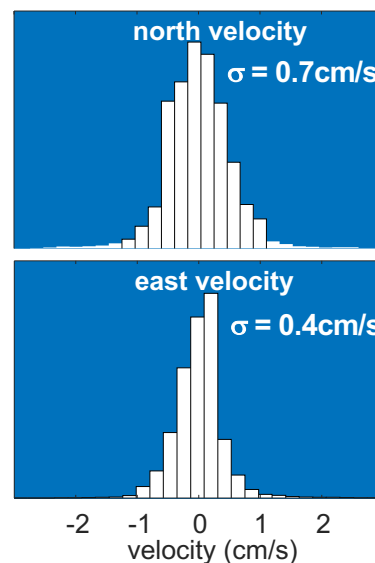
## PPP Positionierung



Deutlich schlechter als Positionierung im Servicegebiet

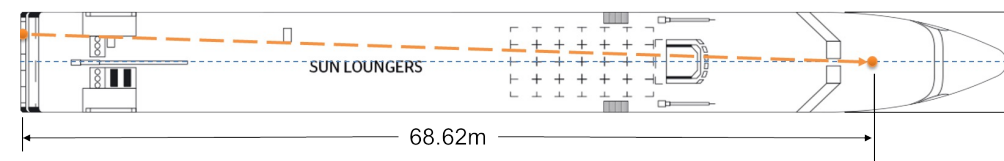
## Geschwindigkeit

Messung über Trägerphasenänderung im PPP- KF

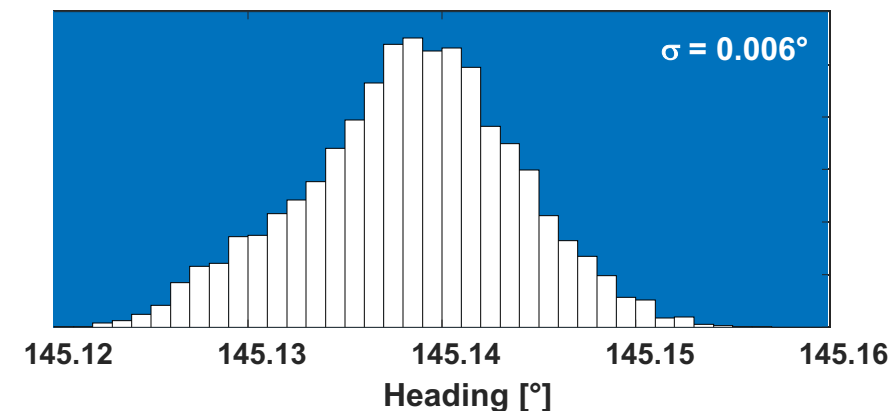


Erfüllt Anforderung von 1cm/s

## Lagewinkel (heading)



Lose gekoppelter Kalman Filter  
RTK zwischen den Antennen  
+ z - Drehrate MEMS IMU

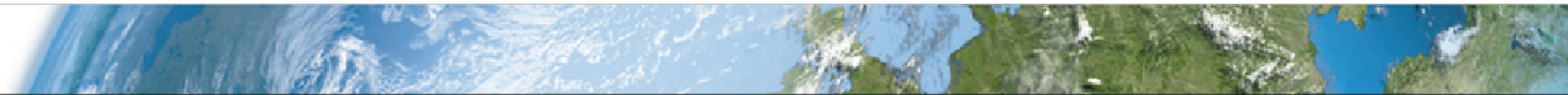
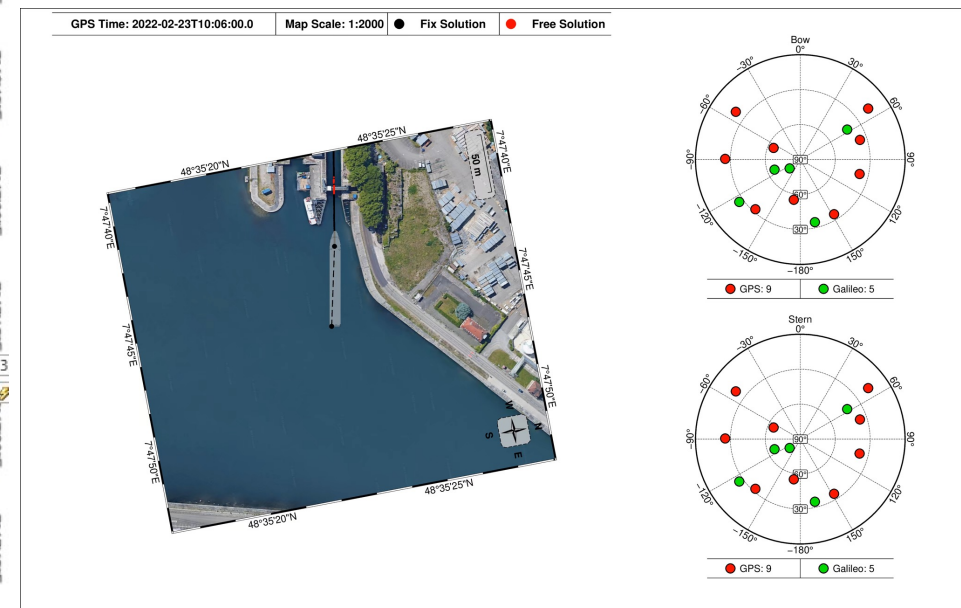


Erfüllt Anforderung von  $0.5^\circ / L$  für  $L=85\text{m}$

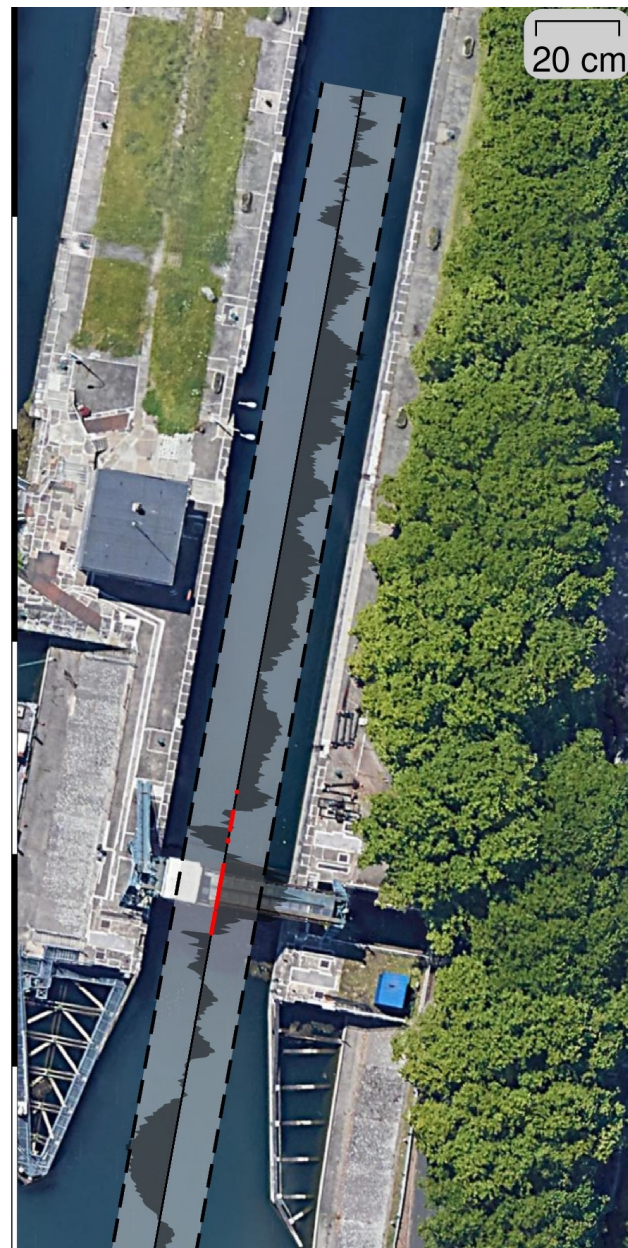
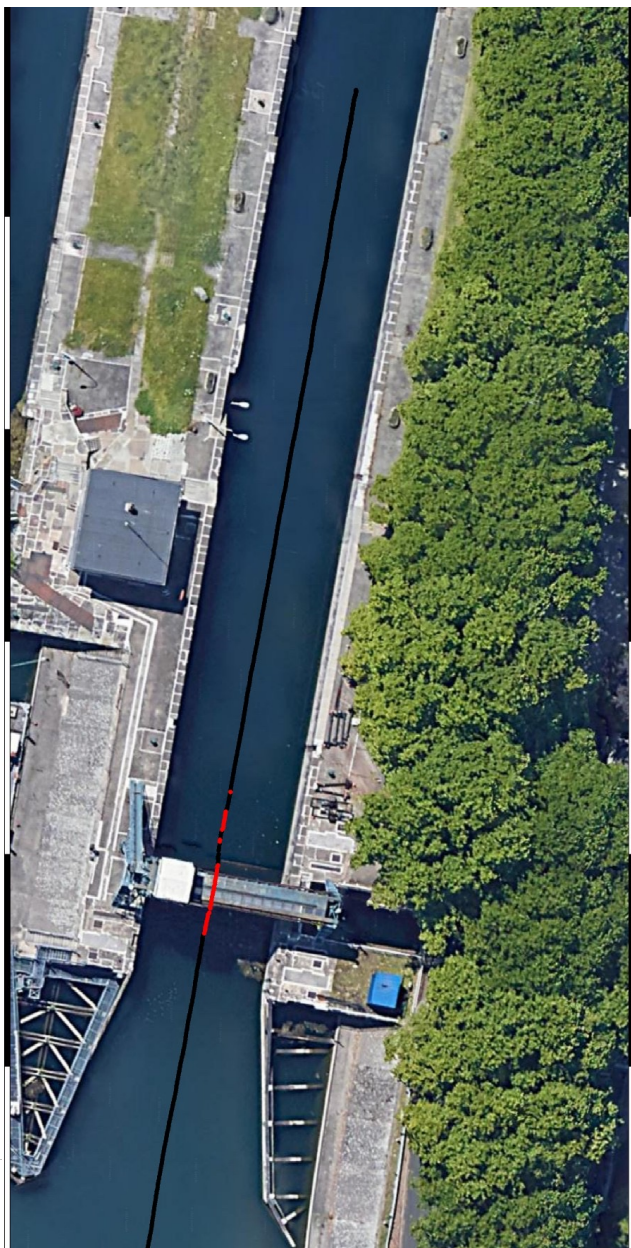


# Realdemonstration mit ‚Victor Hugo‘

## Übersicht Testgebiet mit Fahrtroute des Schiffes



# Realdemonstration mit ‚Victor Hugo‘: Dynamische Ergebnisse



## Erste automatische Einfahrt in die Schleuse

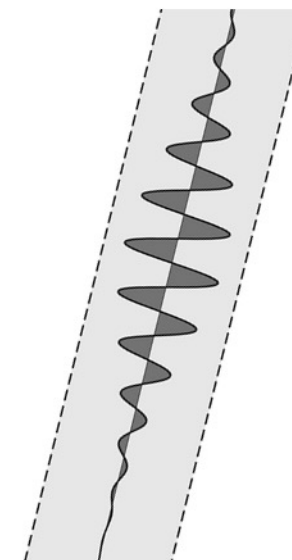
### PPP Ergebnisse Bugantenne

94% PPP fix , 6 % PPP float

### Abweichung von Ideallinie (Gerade)

Messunsicherheit +  
Reglergenauigkeit

Max: 12 cm  
Std: 3 cm



# Realdemonstration PPP über VDES

## Messkampagne Lehmen (bei Koblenz)

- Aussenden GNSS (SSR) Korrekturen von VDES Basisstation Lehmen (Unicast)
- Empfang der Korrekturen auf MS Bingen
- Nutzung der Korrekturen
- Reichweitentests

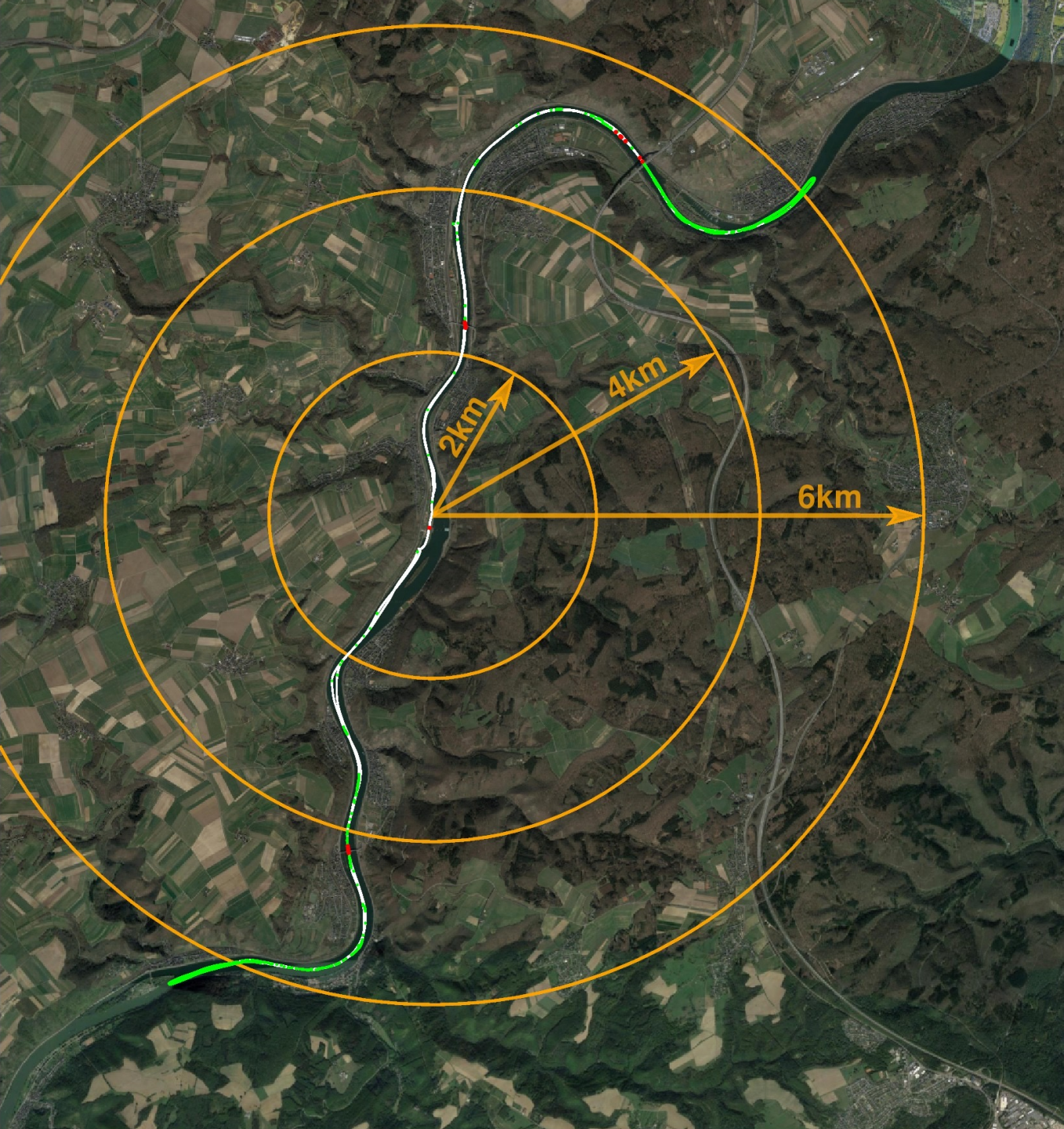


GNSS Receiver

VDES  
Transceiver +

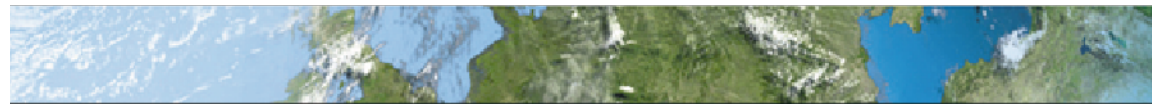




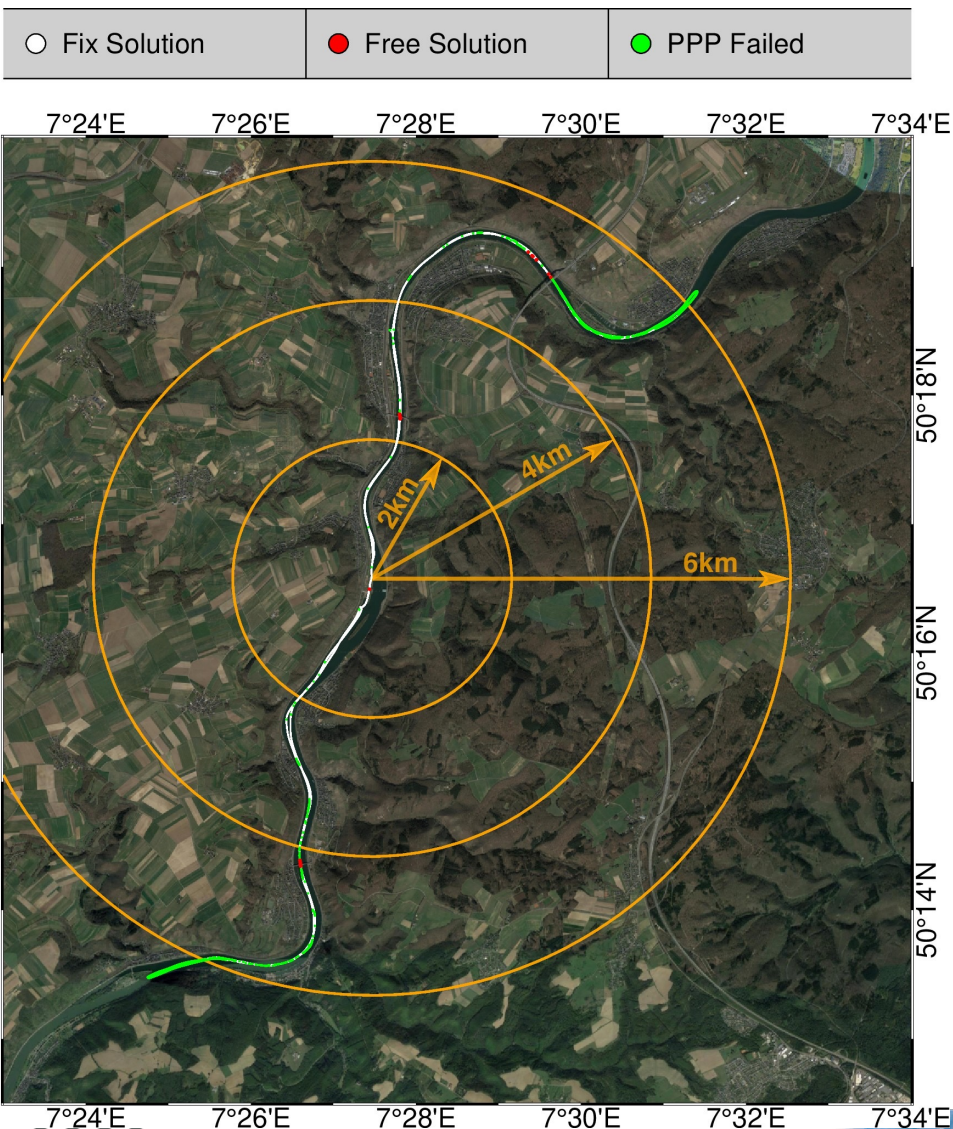


## Verfügbarkeit hochgenauer PPP Positionierung

Distance	fix	float	No PPP
0 - 2km	99.5%	< 0.1%	0.5%
2 - 4km	90.2%	0.2%	9.6%
4 - 6km	64.2%	0.2%	35.6%
> 6km	2.1%	0.0%	97.9%

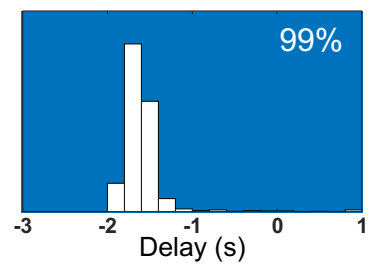


# Realdemonstration PPP über VDES

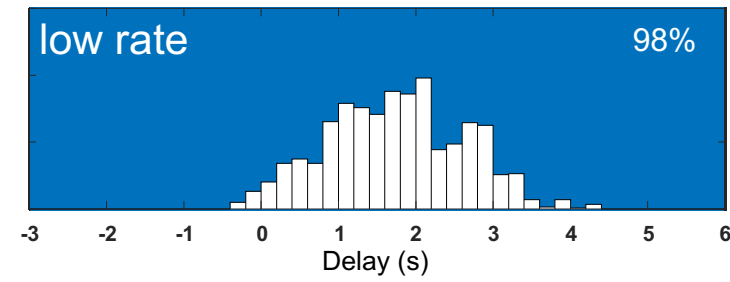
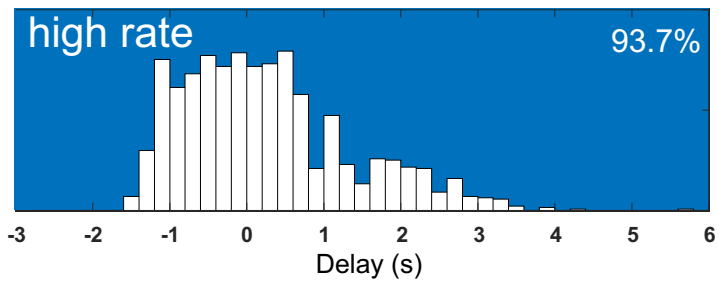


## Ergebnisse Übertragung von GNSS (SSR) Korrekturdaten über VDES

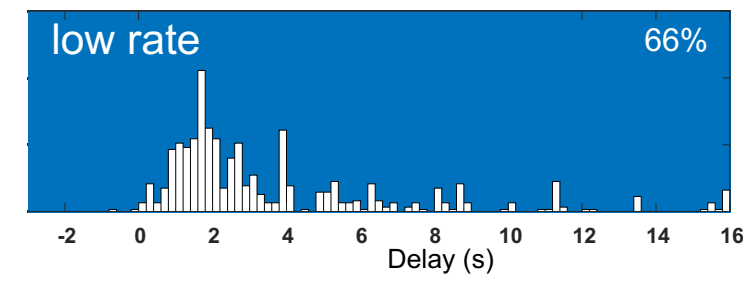
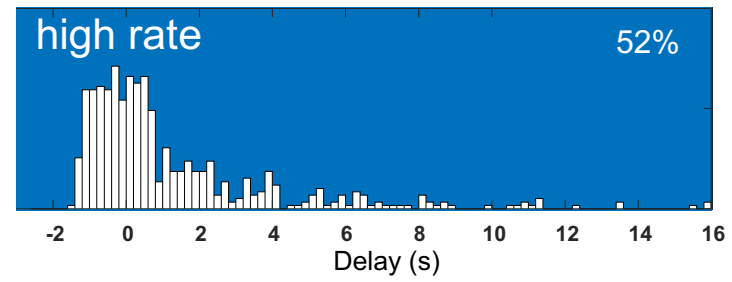
Referenz: GSM



### VDES 0-2 km



### VDES 4-6 km



# Zusammenfassung und Ausblick

Potential für Nutzung von PPP-RTK für Automatisierung in der Binnenschifffahrt in Realdemonstration aufgezeigt

- + geringe Bandbreite für Korrekturen notwendig
- + broadcastfähig
- + ausreichende Genauigkeit  $\sim$ dm
- + kurze Konvergenzzeiten von  $\sim$  s

- noch kein vollständig standardisiertes Korrekturdatenformat
- Broadcast über VDES aktuell noch nicht bzw. nur experimentell möglich

Ausblick:

- Podiumsdiskussion
- Weiterentwicklung im Digitalen Testfeld an der Spree-Oder Wasserstrasse



# Weitere Tagesordnung

10:00 - 10:15	Einführung (Argonics GmbH)
10:15 - 10:30	Landseitige Dienste, Datenübertragung und Systemüberwachung
10:35 - 10:50	VDES-Kommunikation für die Binnenschifffahrt
10:55 - 11:10	Hochgenaue Positions- und Lagebestimmung für die Schleusenfahrt
11:15 - 11:30	Kaffeepause
11:30 - 11:45	Nahbereichssensorik, Darstellung und Bedienoberfläche für die automatische Schleusenfahrt
11:50 - 12:05	Manöverregelung für die Schleusenfahrt
12:10 - 12:25	Sicherheit und Leichtigkeit in der Binnenschifffahrt – Bewertung neuer Technologien und Verfahren mittels des Schiffsführungssimulators
12:30 - 12:45	Bereitstellung einer landseitigen Server- und Sendeinfrastruktur für die Systemintegration, Validierung und Demonstration
12:50 - 13:00	Videobeitrag der Projektergebnisse und Abschlussdemonstration
13:00 - 13:25	Podiumsdiskussion "Ausblick Hochgenauer Positionierungsdienst für die Binnenschifffahrt" mit den Teilnehmern M. Freitag (LDBV – Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Bayern), S. Bober (WSV) und J. Alberding (Alberding GmbH)
13:25 - 13:30	Verabschiedung
13:30	Ende der Veranstaltung

