

GNSS in der Hydrographie

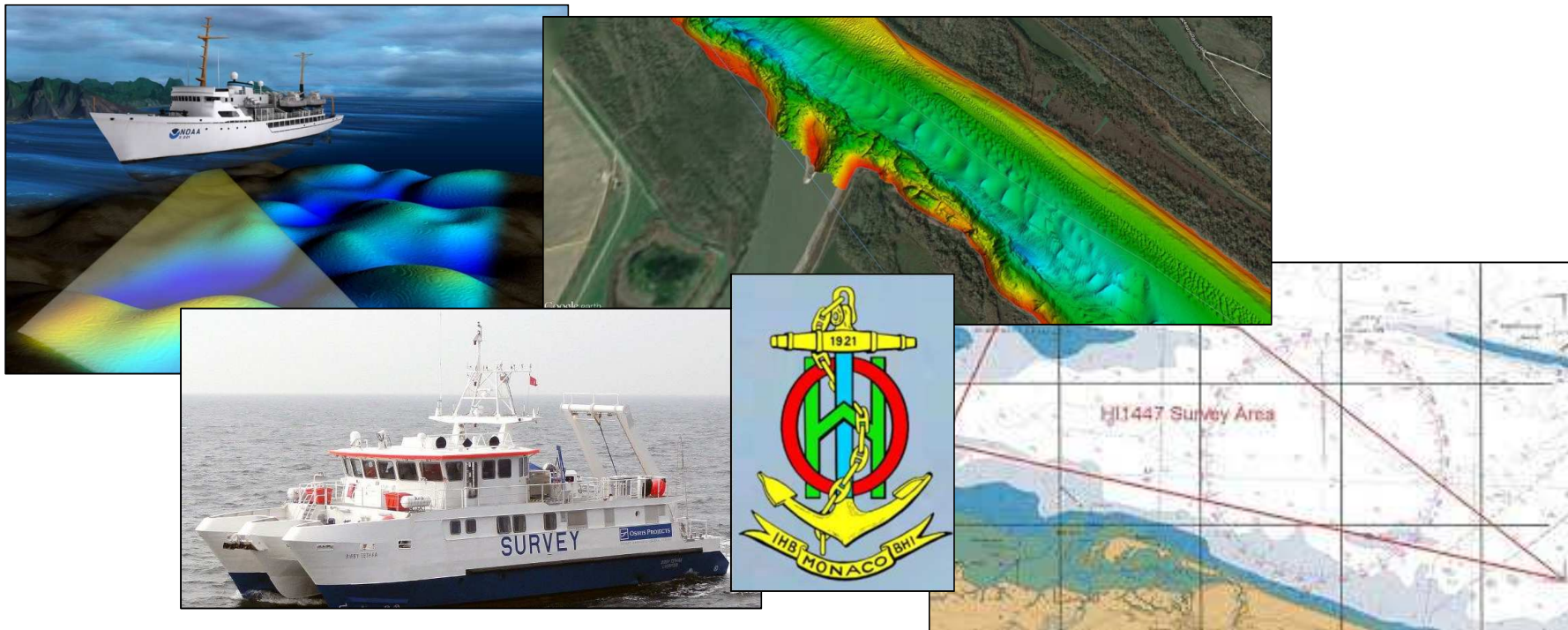
Anja Heßelbarth, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt



Wissen für Morgen



Motivation



- GNSS als Basis hydrographischer Messsysteme
- Vertikale Genauigkeit oft entscheidend
- ➔ Welche Herausforderungen sind bzgl. Genauigkeit, Verfügbarkeit, Kommunikation zu lösen ?

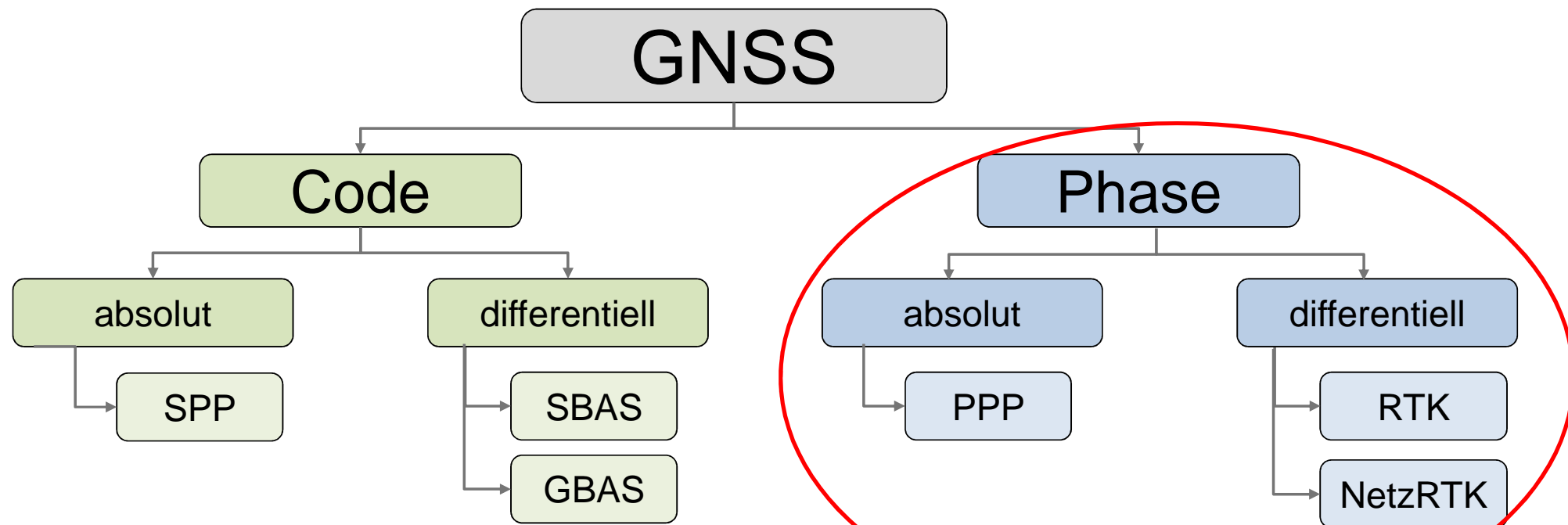


Gliederung

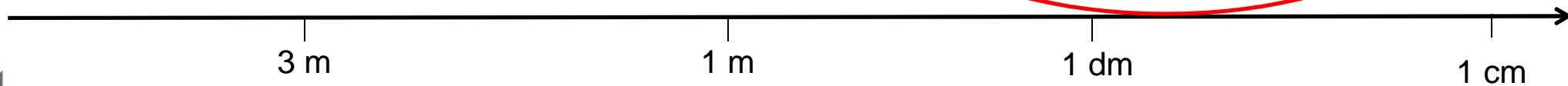
- (Phasenbasierte) GNSS Verfahren
- Herausforderungen bei hydrographischen Anwendungen
- RTK Anwendungen
- Zusammenfassung
- Zukünftige Entwicklungen



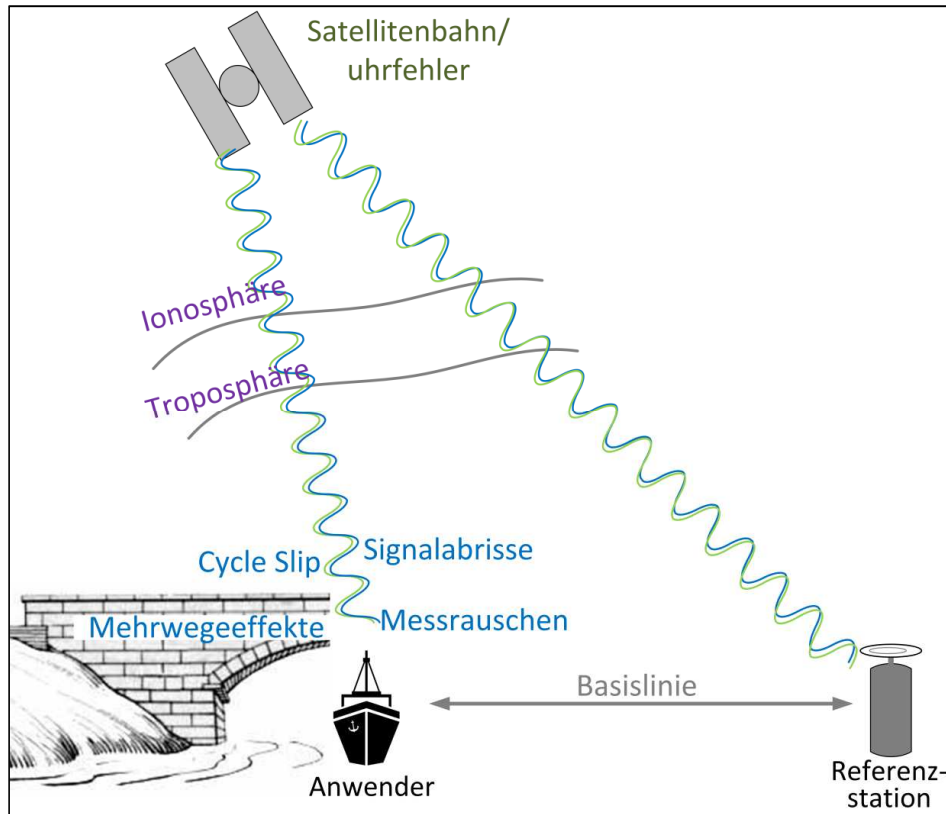
Überblick



Genauigkeit:



RTK - Prinzip



- Phasenbasiertes relatives Verfahren
- Korrekturdaten einer Referenzstation (bzw. Netz)
- Festsetzen der Trägerphasenmehrdeutigkeiten erforderlich (auch unter schwierigeren Bedingungen)
- Integritätsprüfung für zuverlässige Positionierung, Bewertung von
 - Qualität der Korrekturdaten und Alter
 - Statistische Parameter
 - Sensorredundanzen

→ cm-genaue und zuverlässige Positionierung in Echtzeit



RTK - SAPOS



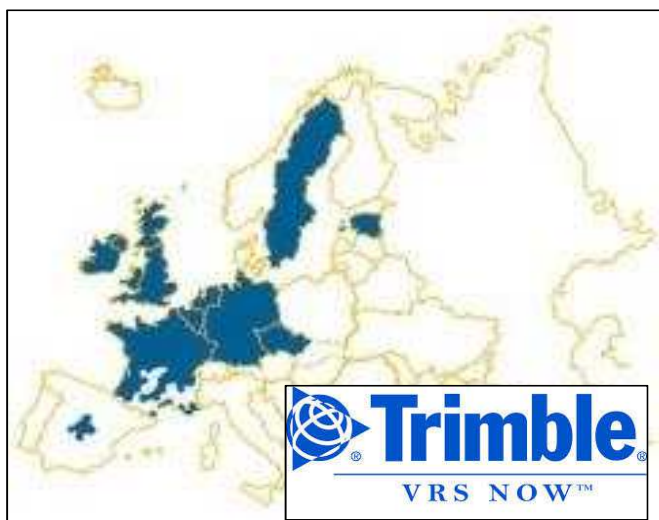
- Satellitenpositionierungsdienst der Landesvermessung (HEPS-Dienst)



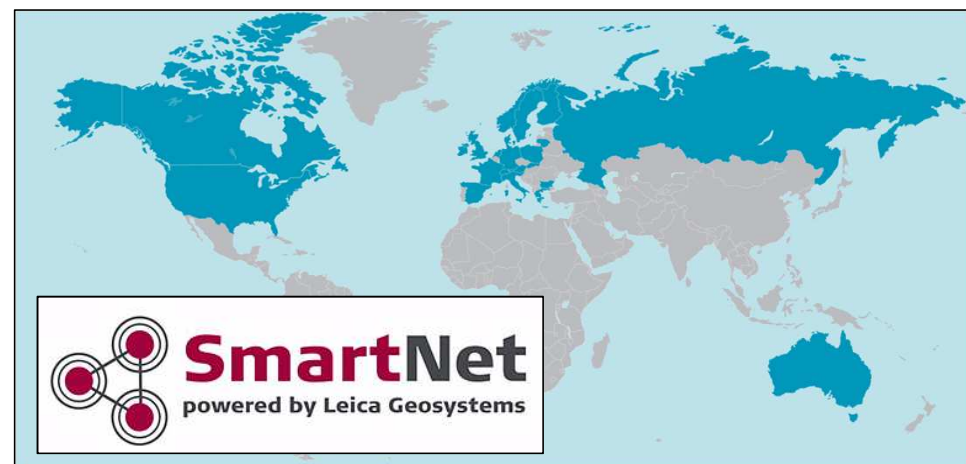
- 270 Stationen generieren amtlichen Raumbezug (ETRS89)
- GPS/GLONASS/(Galileo)
- Genauigkeit: 1-2 cm (Lage), 2-3 cm (Höhe)
- Korrekturdatenformat: standardisierte RTCM x.x-Messages über Ntrip oder GSM
- Derzeit kostenlose Korrekturdaten für Thüringen, Berlin und landwirtschaftlicher Fahrzeugpositionierungsservice in Bayern
- ➔ Werden in naher Zukunft andere Bundesländer nachziehen ?



RTK – private Anbieter



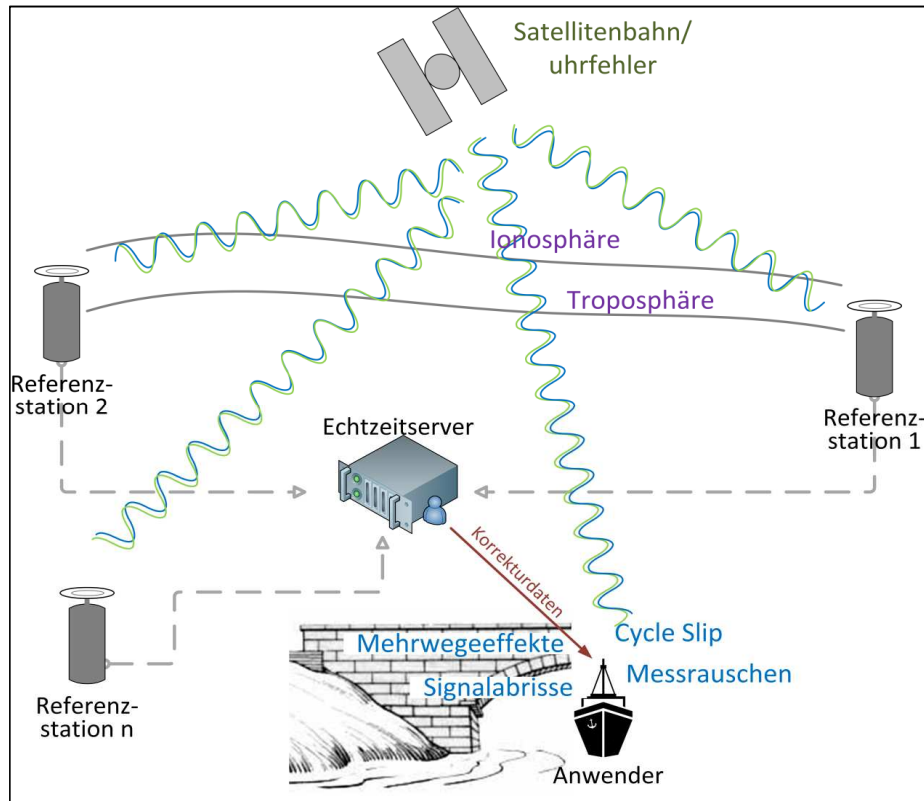
- 175 Referenzstation (Europa)
- GPS/GLONASS/QZSS/Galileo/Beidou
- 2 cm Lage (95 %)
- Format: RTCM x.x, CMR (Trimble)



- 4000 Referenzstationen weltweit
- GPS/GLONASS/Galileo
- 1-2 cm Lage, 2-3 cm Höhe
- Format: RTCM x.x

➔ Vorteil gegenüber SAPOS: Länderübergreifend

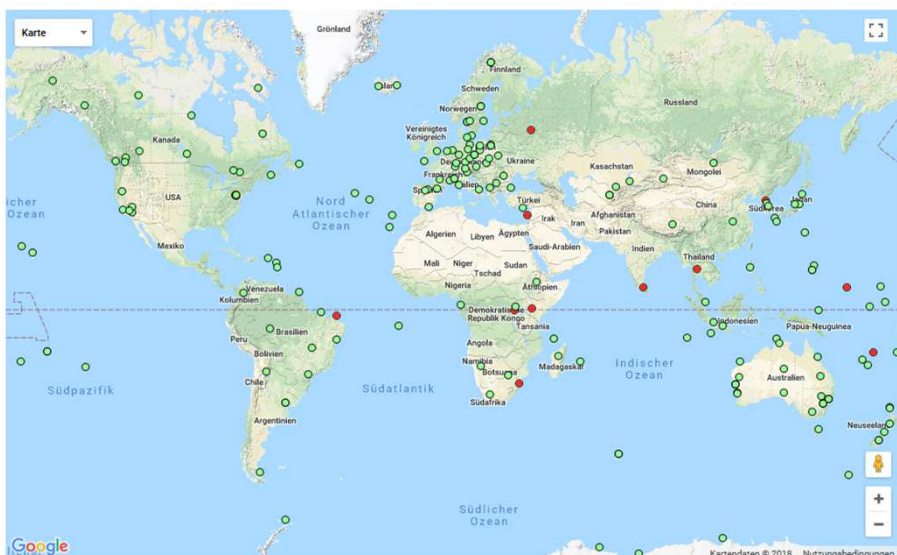
PPP - Prinzip



- Phasenbasiertes absolutes GNSS-Verfahren
 - Regionales/globales Referenznetz zur Bestimmung der präzisen Korrekturdaten
 - Satellitenorbit- und Uhr
 - Code- und Phasenbiases
 - Atmosphärische Korrekturen
 - Modellierung von satelliten- und stationsabhängigen Effekten
 - Lange Konvergenzzeiten → Kontinuierliche Phasendaten erforderlich
- dm-cm Genauigkeit (abh. von Konvergenzzeit)






PPP – herstellerunabhängige Dienste für Echtzeit-PPP



- IGS RT Referenzstationsnetz
- Zugriff über Ntrip-Client, z.B. BKG
- State Space Representation (SSR) - Datenformat



RTCM SSR - Stufenplan

	Inhalt	Bemerkung
1	Korrekturen für Sat.-bahnen, -uhr, Code-Biases der Satellitensignale	Standardisiert für GPS und GLONASS; dm-Genauigkeit nach langer Konvergenzzeit 
2	Phasen-Bias der Sat.-signale und VTEC – Ionosphärenmodell	Phasen-Bias: Mehrdeutigkeitsfestsetzung, VTEC-Modell: 1F-PPP 
3	STEC – Ionosphärenkorrektur und „Gridded Troposphere“	Genauigkeitsniveau ähnlich RTK, Konvergenzzeit < 1 min 

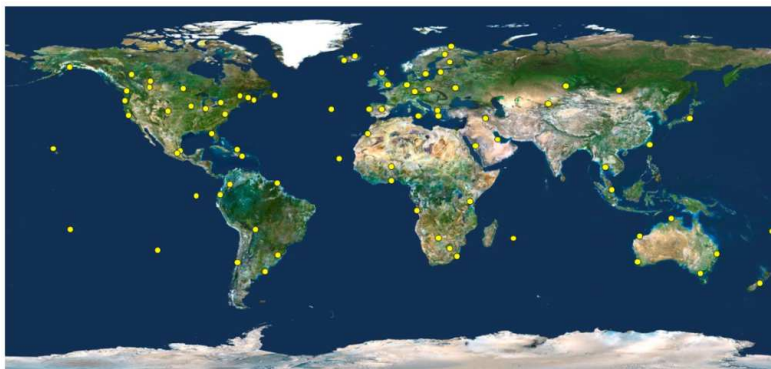
➔ keine Mehrdeutigkeitsfestsetzung möglich

➔ SAPOS: deutschlandweite SSR-Testdatenströme



PPP – kommerzielle Dienste

Trimble Centerpoint RTX



- ca. 100 Referenzstationen
- GPS/GLONASS/Galileo/QZSS/Beidou
- Korrekturdaten via Geo.-Satelliten
- 4 cm (95 %)
- Konvergenzzeit: < 30 min (5 min)

Fugro (4 G)

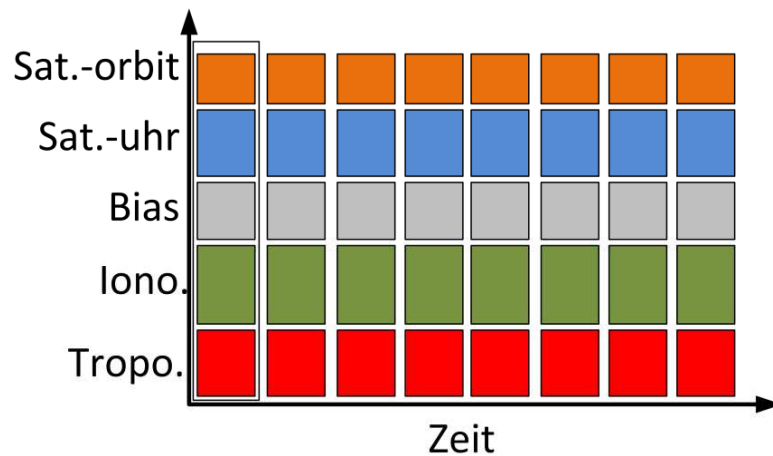


- ca. 45 Referenzstationen
- GPS/GLONASS/Galileo/Beidou
- Korrekturdaten via Geo.-Satelliten
- 1-2 cm (Lage, 1 σ), 4-5 cm (Höhe, 1 σ)
- Konvergenzzeit: < 20 min



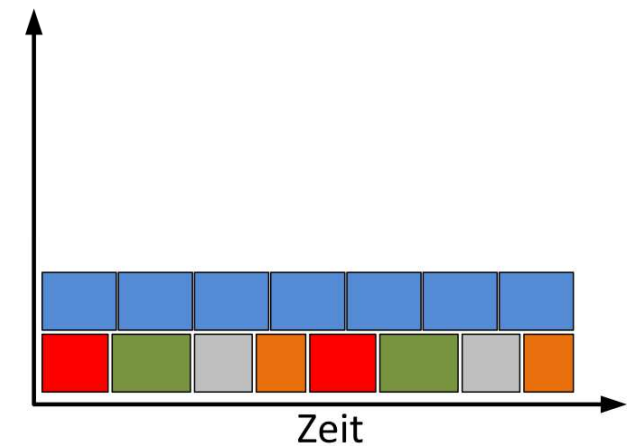
Herausforderungen - Kommunikation

- Datenmenge die Übertragen werden muss



Observation State Representation (OSR):
RTK → großes Datenvolumen

- Abhängig von Anzahl der Beobachtungen



State Space Representation (SSR):
PPP → geringes Datenvolumen

- Unabhängig von Anzahl der Beobachtungen

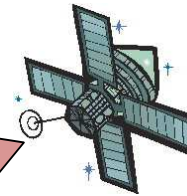


Herausforderungen - Kommunikation

GSM/Internet



- + gängige Kommunikation für RTK
- + Übertragung großer Datenmengen
- + bi-direktional
- tlw. fehlende Abdeckung



Satellitenkommunikation

- + Informationen auf L-Band auf moduliert
- + große Abdeckung → küstenferne Gebiete
- geringe Datenmengen



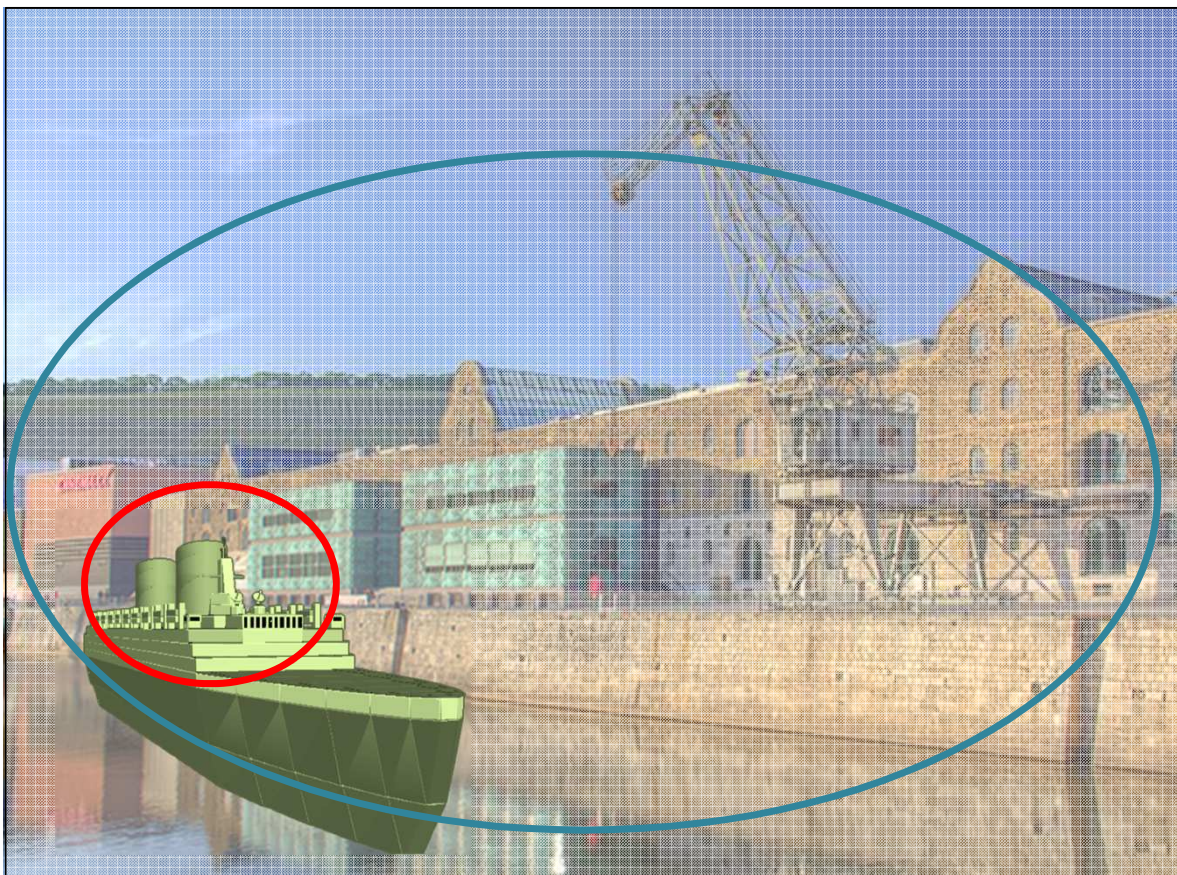
AIS Stationen



- + entlang Inlandwasserstraßen/Küste
- + Übertragung von Codekorrekturen und Wasserstraßeninformationen
- Begrenzte Bandbreite



Herausforderungen - Umgebungsbedingungen



- **Mehrwegeeffekte durch Reflektionen auf Schiffen**
 - Sorgsamer Messaufbau
 - Elevation/Gewichtung
 - Modellierung
- **Signalabrisse und Abschattungen durch Objekte entlang des Wasserweges**
 - Zuverlässige Mehrdeutigkeitsfestsetzung
 - Zusätzliche Sensorik
 - Elevation/Gewichtung



RTK - Anwendungen

Projekt: Leit- und Assistenzsysteme für die sichere Schifffahrt auf Binnenwasserstraße - *LAESSI* (2015-2018)

- Entwicklung von Fahrerassistenzfunktionen für sicherheitskritische Anwendungen



Gefördert durch:



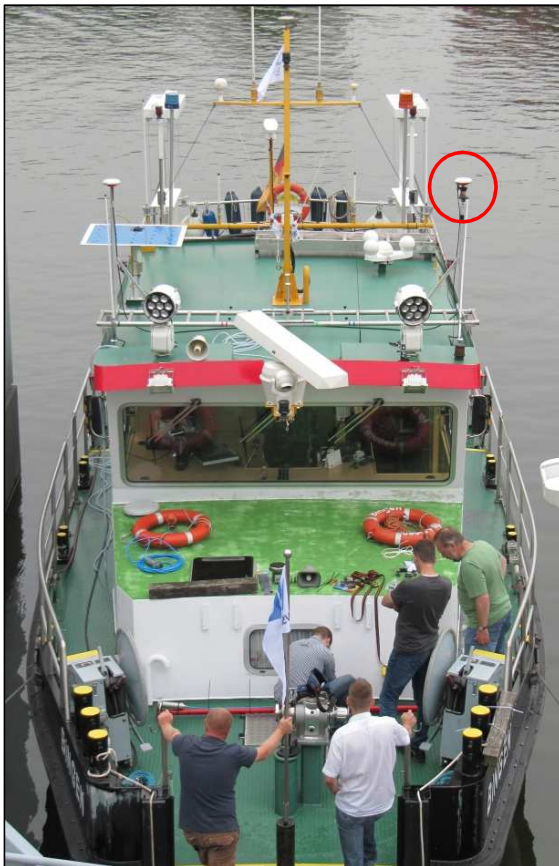
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

DLR: Entwicklung von RTK-Algorithmen mit Focus auf Integrität

- Verschiedene Untersuchungen zu Genauigkeiten, Initialisierungszeiten und Verfügbarkeiten
- Untersuchungen zur verschiedenen Kommunikationsübertragungsmethoden
- Ergebnisse auch auf hydrographische Anwendungen übertragbar



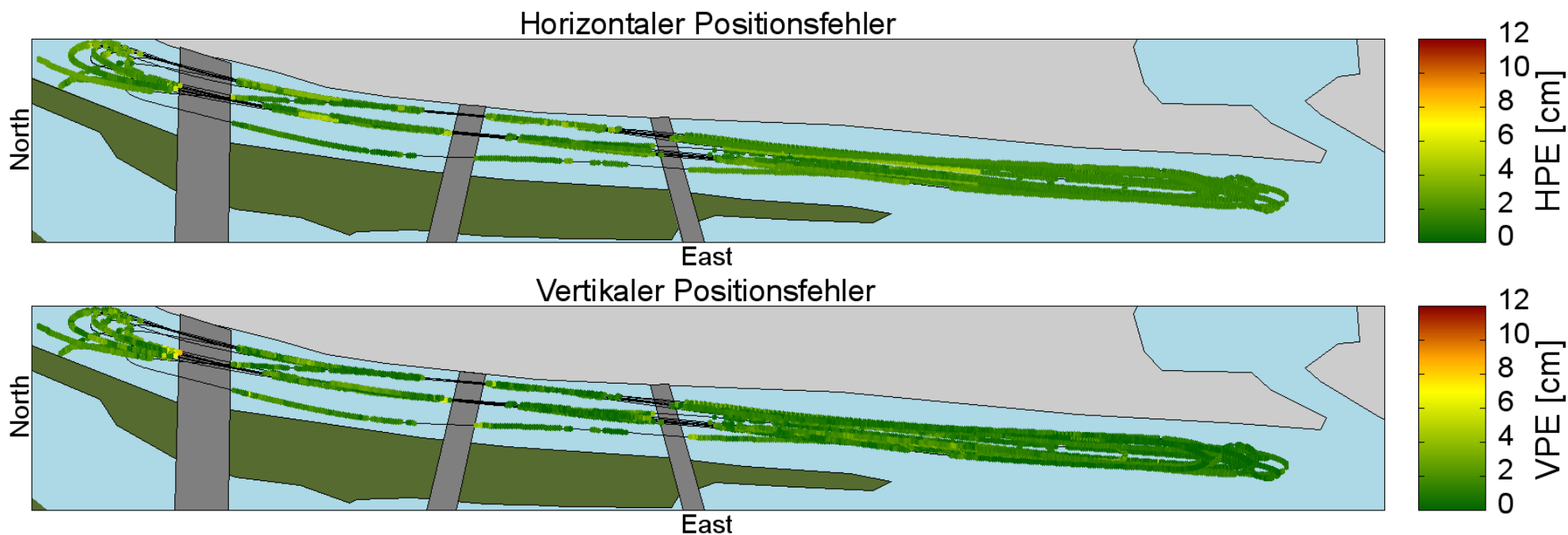
RTK – Anwendungen - Binnenwasserstraßen



- MS Bingen, 2-Antennen, JAVAD-Empfänger
- Referenz: (zeitsynchrone) Tachymeter-Trajektorie
- SAPOS-Korrekturdaten, GSM Kommunikation
- Datenbasis: Mai, 2017
> 2 Stunden (2Hz), GPS+GLONASS



RTK – Anwendungen - Binnenwasserstraßen



	Zuverlässige Position	RMS [cm]	99 % [cm]	Max. [cm]
horizont.	82%	1,1	4,0	7,3
vertikal		1,3	5,0	8,2



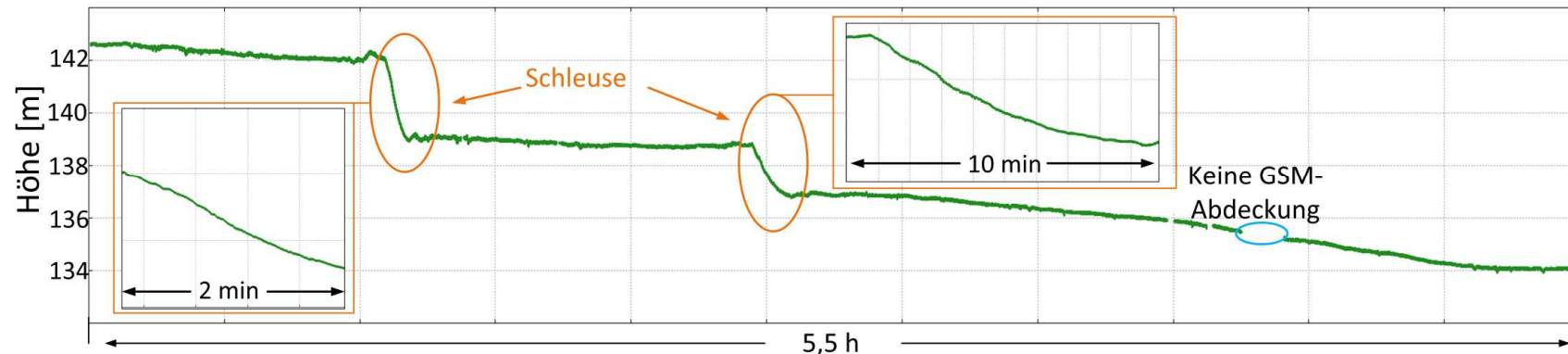
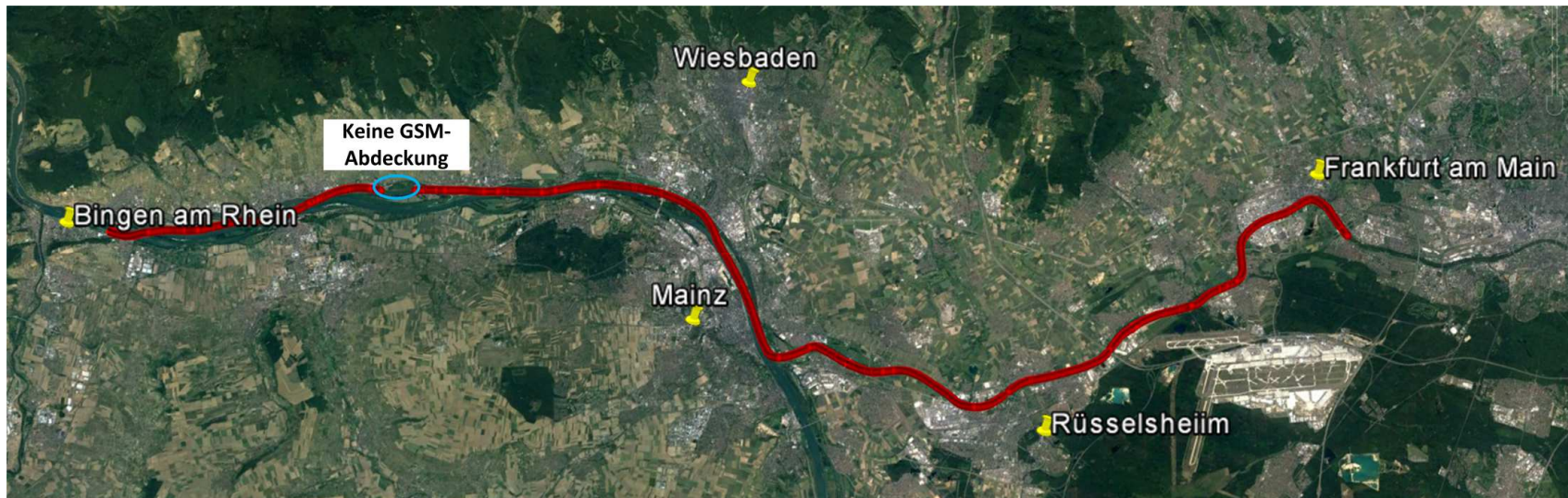
RTK – Anwendungen - Binnenwasserstraßen



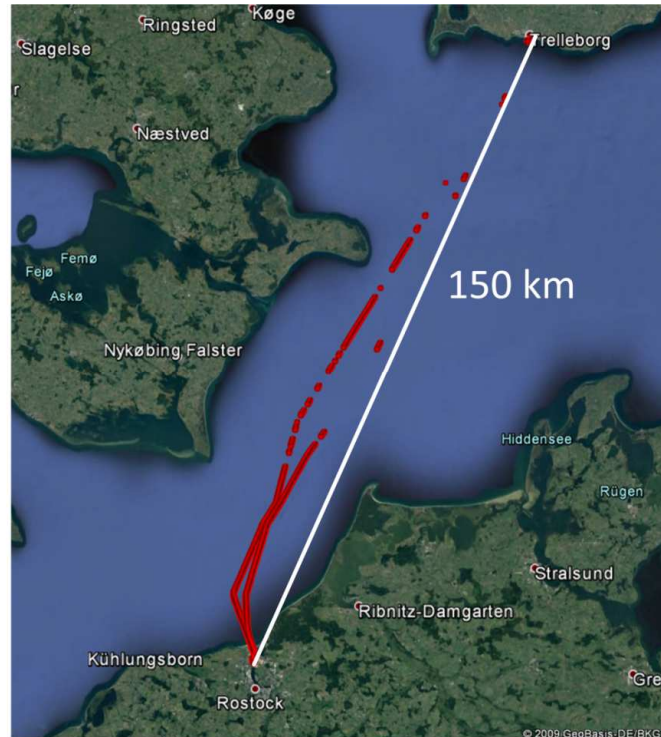
- Schleppverband El Nina: 185 lang
- Untersuchungen zur Langzeitperformance/Kommunikation
- GPS + GLONASS, 2 Hz, verschiedene VRS
- GSM-Kommunikation



RTK – Anwendungen - Binnenwasserstraßen



RTK-Anwendungen – Maritime Anwendungen



Messfahrt Rostock –
Trelleborg, März 2015,
„Mecklenburg-Vorpommern“



Differentielle Positionierung mit aufgezeichneten Daten, identischer Positionsalgorithmus zu RTK



RTK-Anwendungen – Maritime Anwendungen

Anzahl der zuverlässig festgesetzten Mehrdeutigkeiten in % in Abhängigkeit der Basislinienlänge

	DoY 70	DoY 72	DoY 75	DoY 77
< 10 km	99,8	99,7	98,1	99,3
10 – 20 km	92,4	99,0	92,9	87,7
20 – 50 km	70,3	88,5	68,4	70,3
> 50 km	18,1	28,2	43,2	30,1

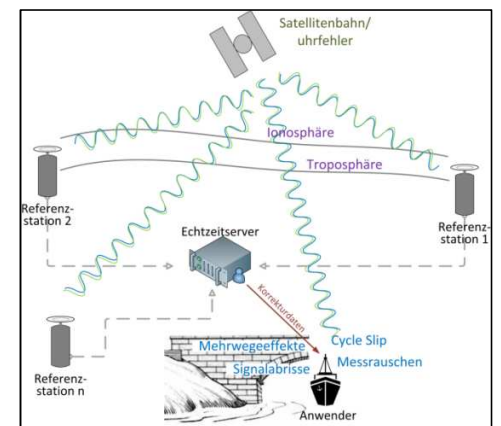
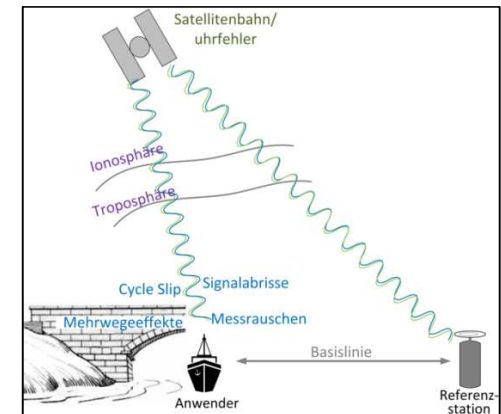
Deutliche Abhängigkeit zwischen Basislinienlänge und festgesetzten Mehrdeutigkeiten!

- PPP für küstenferne Gebiete !
- Regionale Vernetzung für SSR-Korrekturen



Zusammenfassung

- **Phasenbasierte Verfahren für präzise Positionierung**
- **RTK als geeignetes Verfahren im Binnenbereich**
 - Integrität für zuverlässige Positionsbestimmung
 - Begrenzung hinsichtlich Basislinienlänge und Kommunikation
- **Echtzeit-PPP wird große Rolle spielen**
 - Konvergenzzeiten müssen deutlich reduziert werden
 - Standardisierung RTCM SSR ?



GNSS-Verfahren – zukünftige Entwicklungen

Sapcorda

<http://www.sapcorda.com/>

Zusammenschluss Bosch, Geo++, Mitsubishi Electric, u-blox
Ziel: hochpräziser GNSS-Positionierungsservice für Massenmarkt



Quasi-Zenith Satellite System
(QZSS)

CLAS: Centimeter Level Augmentation Service, basierend auf QZSS-Referenznetz

Ziel: cm-genaue Positionierung

SAPOS SSR ?

Low-Cost
Empfänger

EGNOS?

Kostenlose
Korrekturdaten



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

anja.hesselbarth@dlr.de

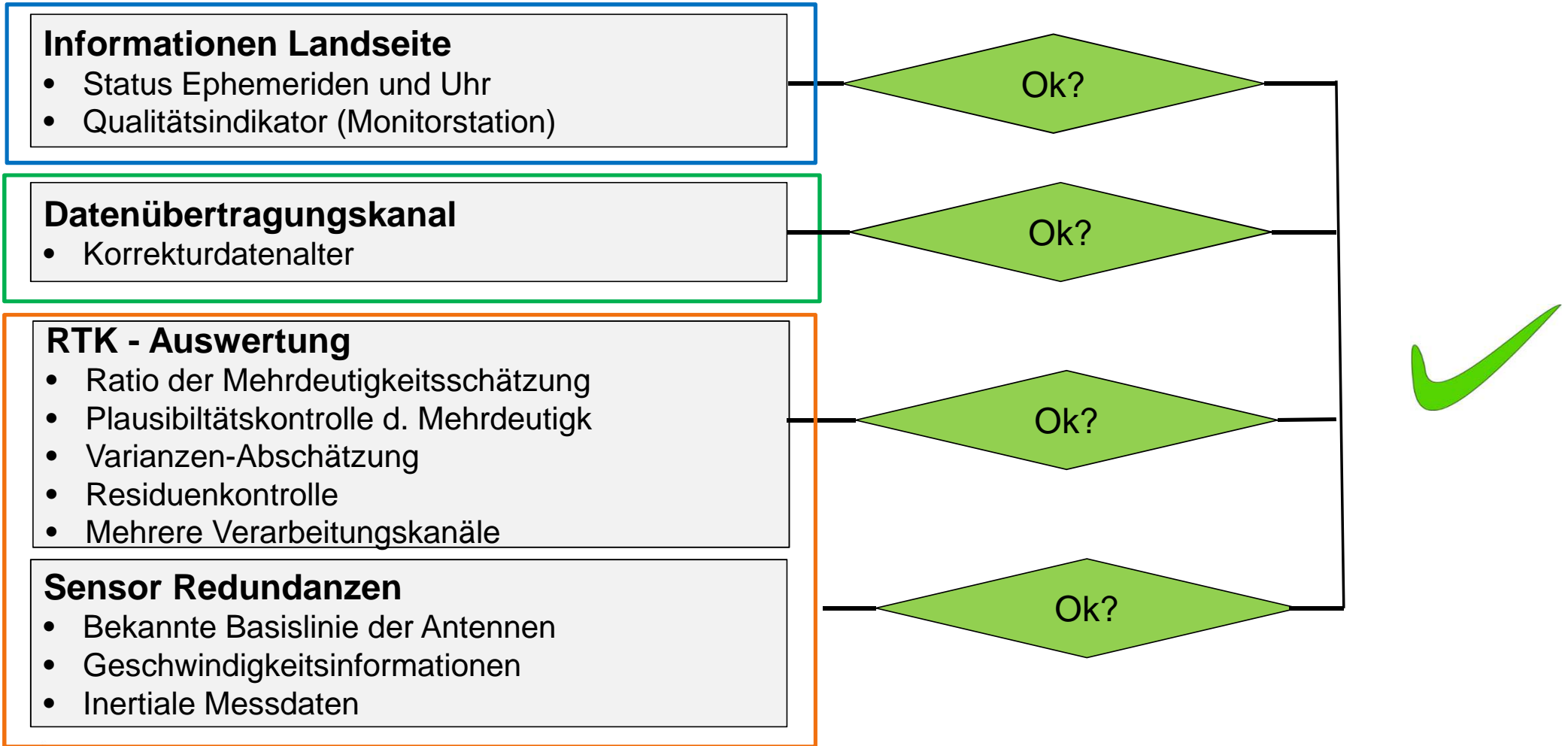
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Institut für Kommunikation und Navigation

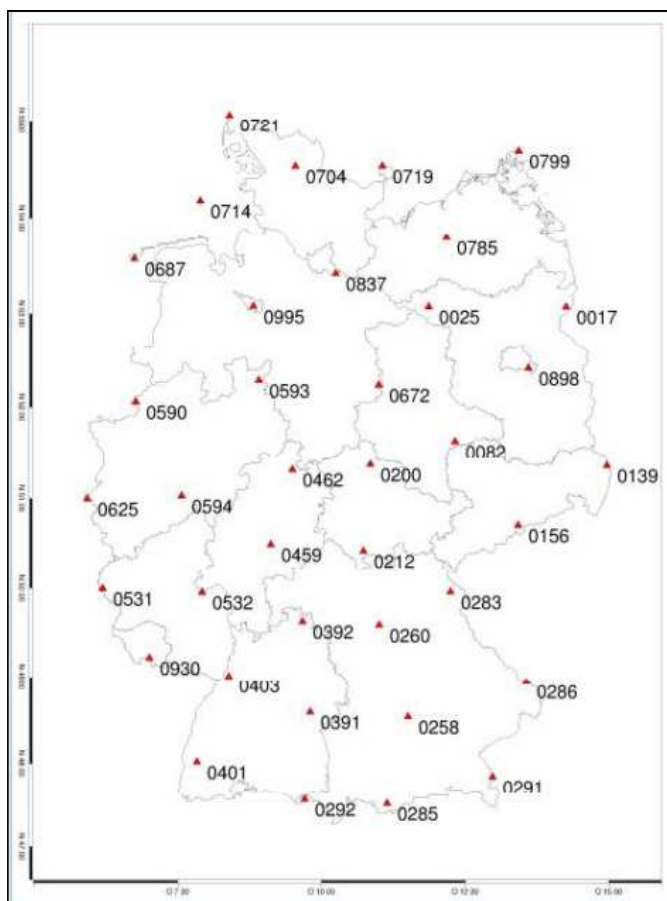
Nautische Systeme

Kalkhorstweg 53 | 17235 Neustrelitz

RTK- Integritätsüberprüfung



SSR – SAPOS Vernetzung

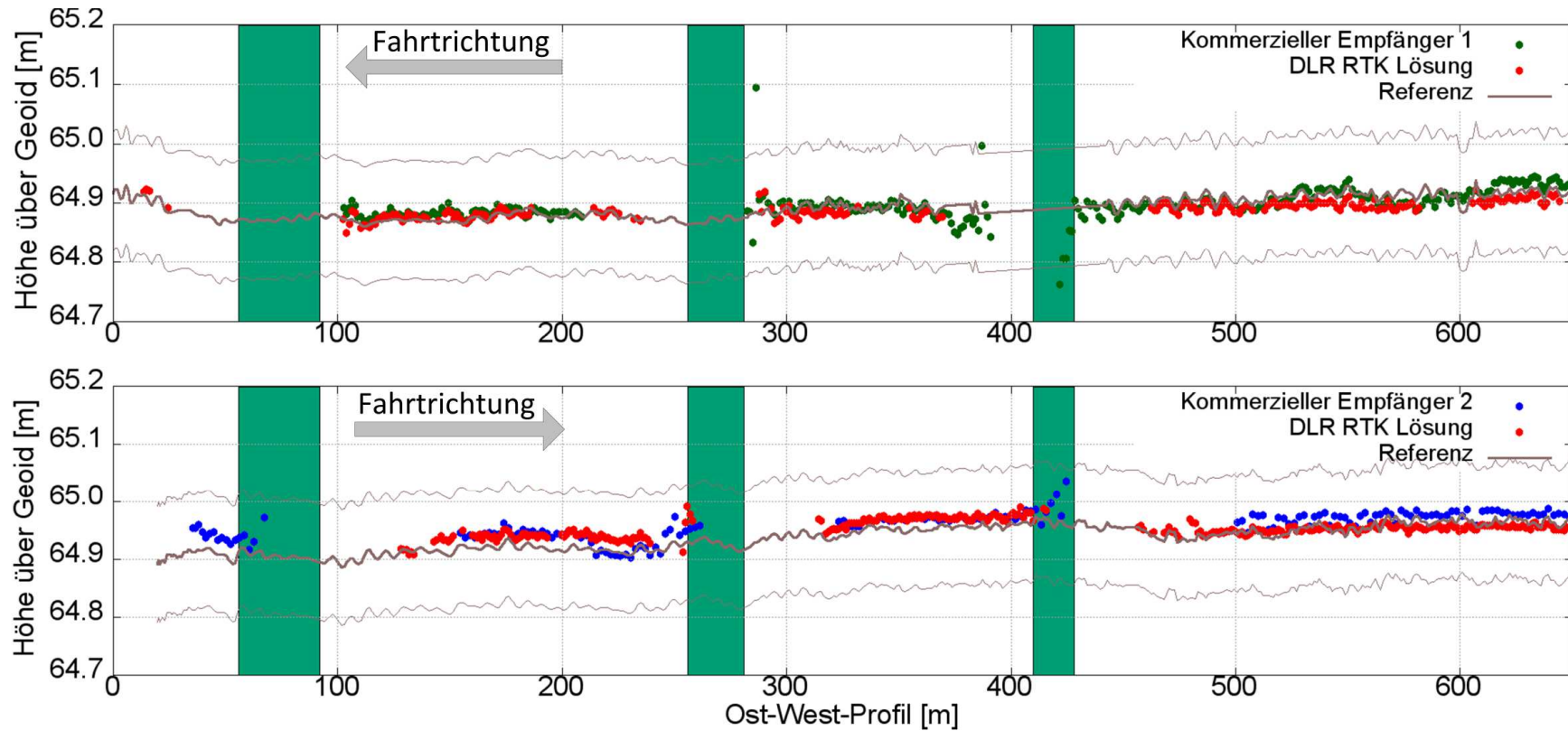


- Aus SAPOS-Deutschlandvernetzung sollen die notwendigen Korrekturparameter abgeleitet werden
- Verschiedene Testdatenströme

2102	SSR1_3_2G	DE_SSR_3_2G_PhaseClock	RTCM 3.2
2102	SSR2_3_2G	DE_SSR_3_2G_PhaseClock_VTEC	RTCM 3.2
2102	SSR3_3_2G	DE_SSR_3_2G_PhaseClock_STEC	RTCM 3.2



RTK – Anwendungen - Binnenwasserstraßen

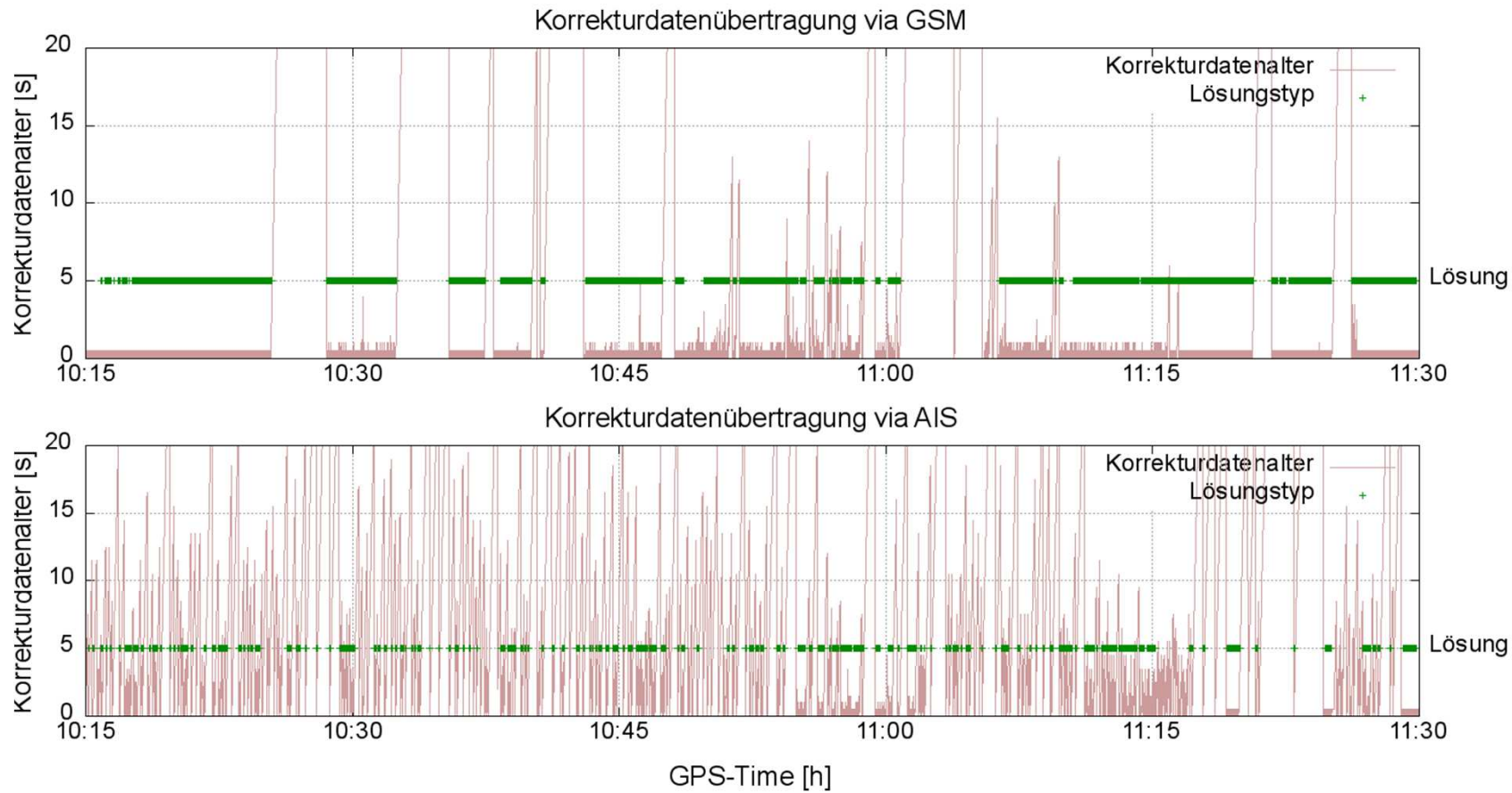


- Keine „Ausreißer“
- Schnelle Festsetzung der Mehrdeutigkeiten nach Brückendurchfahrt



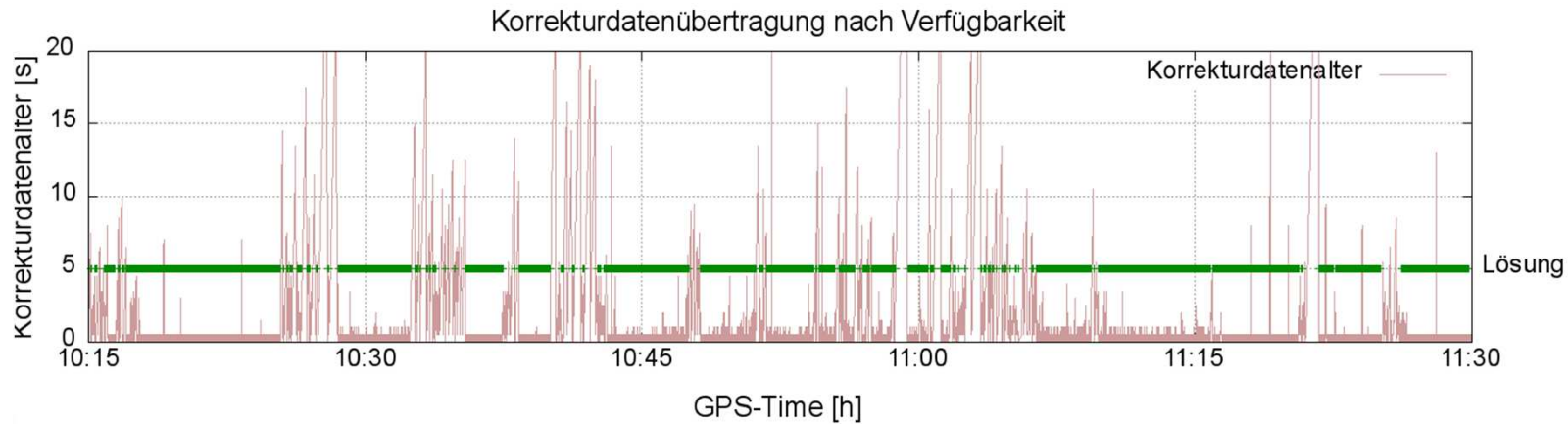
Messkampagne Main (Gesamttest)

Vergleich Korrekturdatenalter und zuverlässige Positionslösung



Messkampagne Main (Gesamttest)

Vergleich Korrekturdatenalter und zuverlässige Positionslösung



	zuverlässige position %
Position basieren auf GSM-Korrekturdaten	83,2
Position basierend auf AIS-Korrekturdaten	72,9
Position basierend auf AIS-GSM-Korrekturdaten	91,9

