

# Präzise GNSS-Verfahren und deren Herausforderungen für maritime Anwendungen

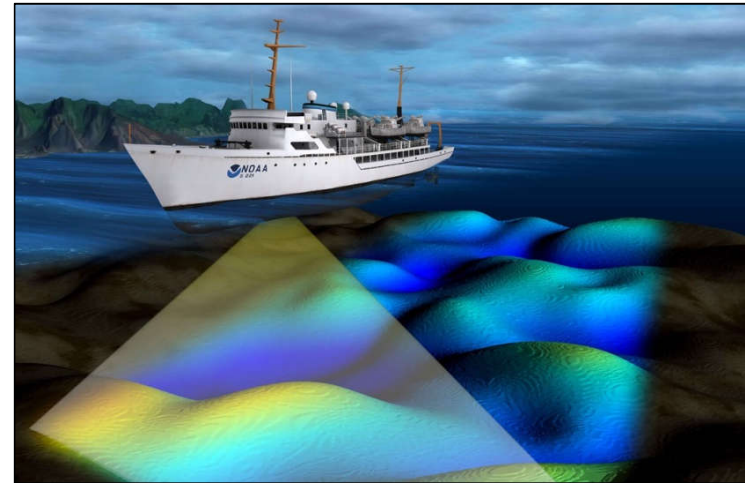
Anja Heßelbarth, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt



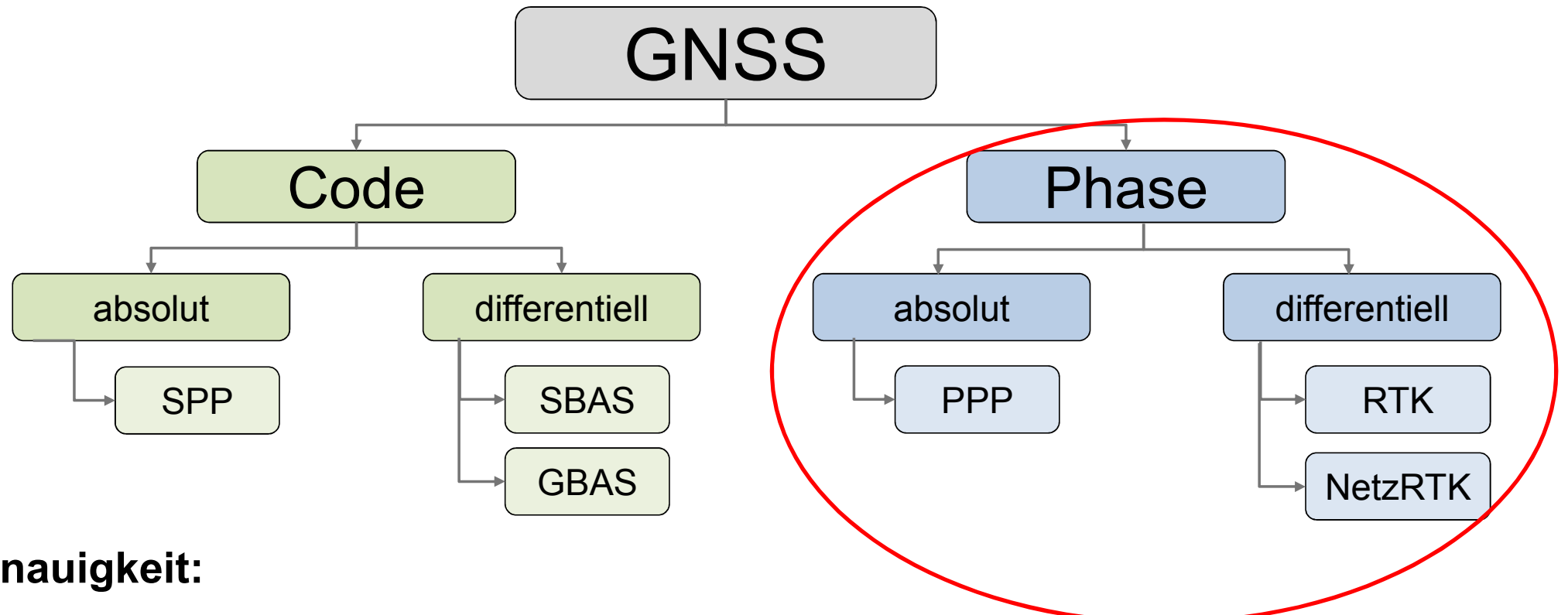
Wissen für Morgen



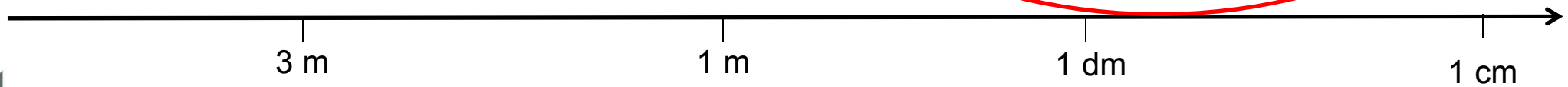
# Anwendungen für präzise Navigation



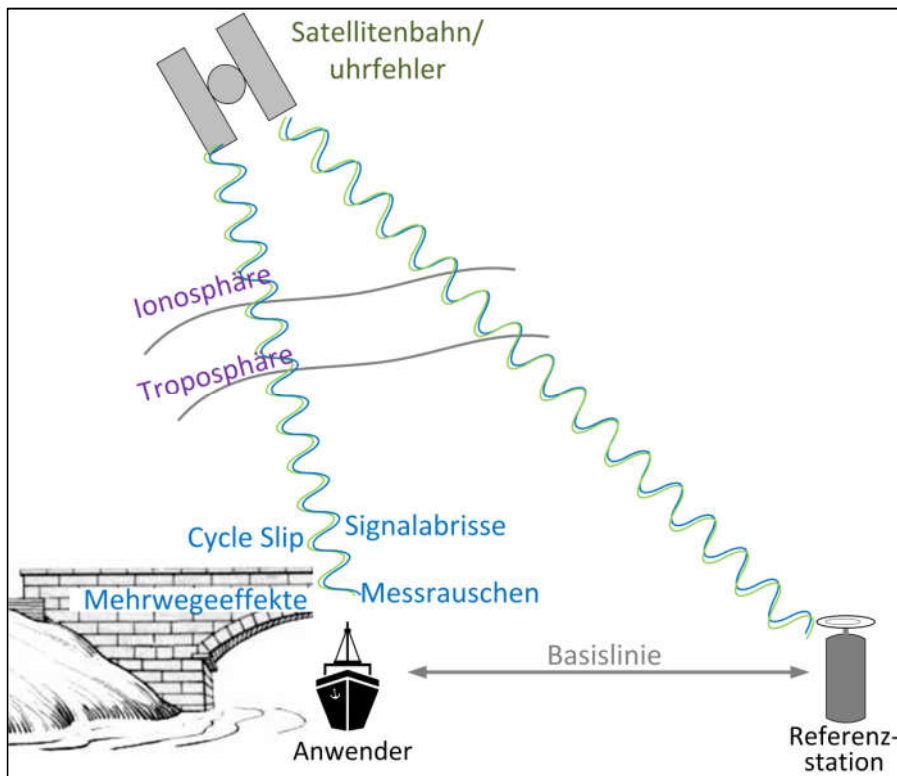
# Einteilung GNSS Verfahren



**Genauigkeit:**



## RTK - Prinzip






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

→ cm-genaue und zuverlässige Positionierung in Echtzeit

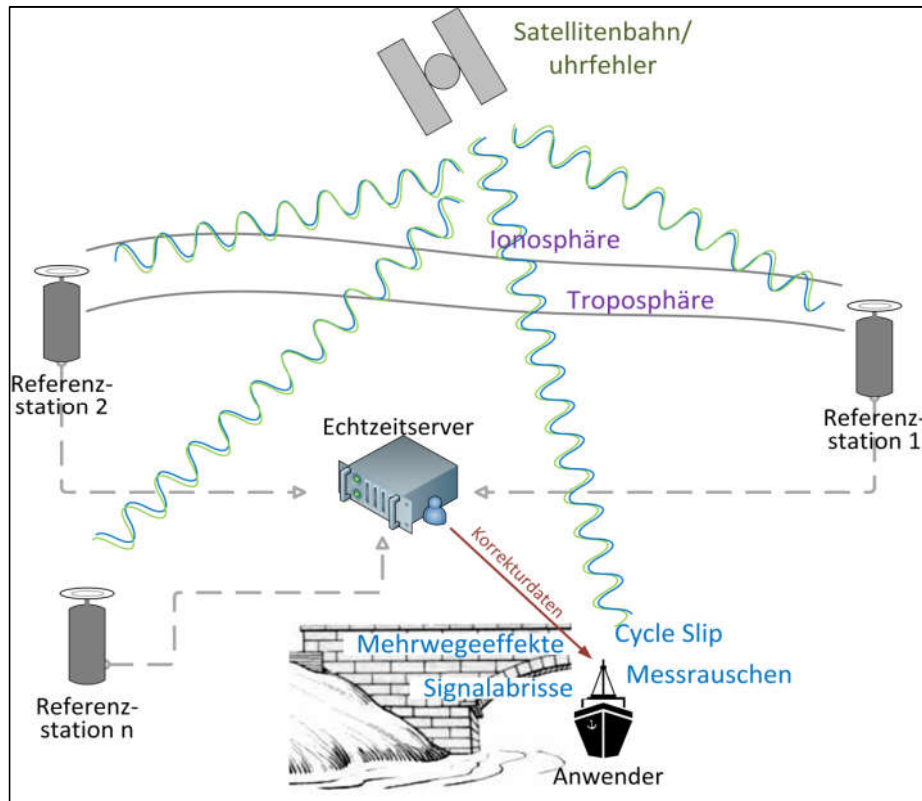


## RTK – Anbieter von Korrektur bzw. Beobachtungsdaten

			
Anbieter	Satellitenpositionierungsdienst d. Landesvermessung	Trimble VRS Now	Smart Net
Stationen	270 Stationen (ETRS)	175 Stationen in Europa	4000 Stationen weltweit
GNSS-Systeme	GPS/GLONASS/(Galileo)	GPS/GLONASS/QZSS/Galileo /Beidou	GPS/GLONASS/Galileo
Genauigkeit	1-2 cm (Lage) 2-3 cm (Höhe)	2 cm (Lage)	1-2 cm (Lage) 2-3 cm (Höhe)
Format	RTCMx.x	RTCMx.x oder CMR (Compact Measurement Record)	RTCMx.x



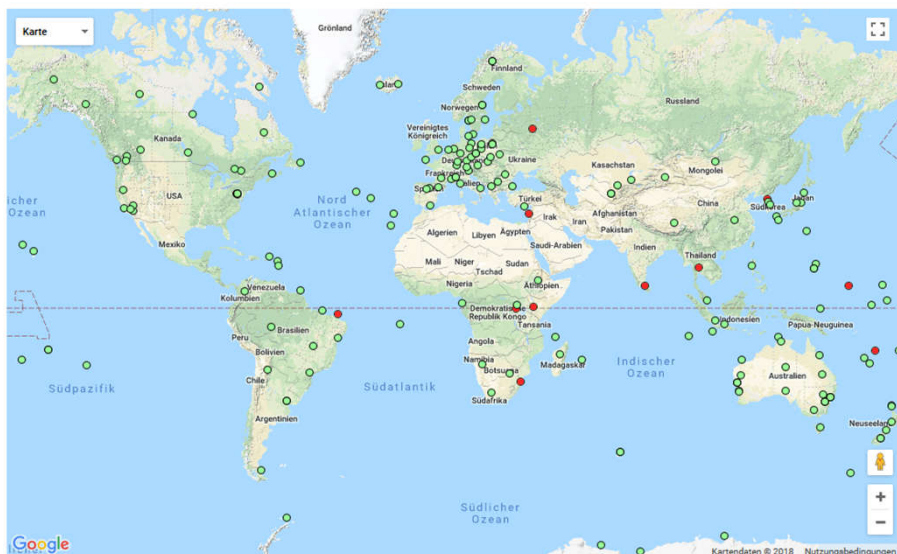
## PPP - Prinzip



- 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 Real Time



- 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 

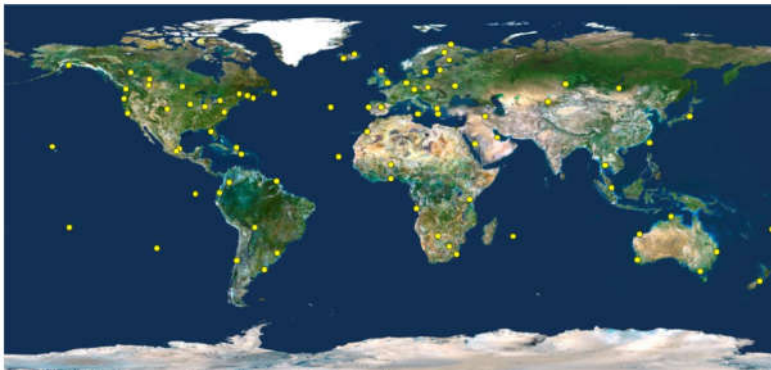
➔ keine Mehrdeutigkeitsfestsetzung möglich

➔ SAPOS SSR Testumgebung



## PPP – kommerzielle Dienste

### Trimble Centerpoint RTX



- ca. 100 Referenzstationen
- GPS/GLONASS/Galileo/QZSS/Beidou
- Korrekturdaten via Geo.-Satelliten
- < 4 cm nach 30 min Konvergenzzeit

### Fugro



- ca. 45 Referenzstationen
- GPS/GLONASS/Galileo/Beidou
- Korrekturdaten via Geo.-Satelliten
- < 4 cm nach 30 min Konvergenzzeit

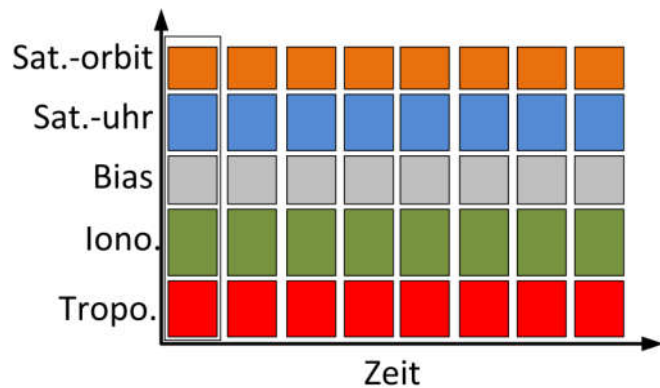




## Herausforderungen - Kommunikation

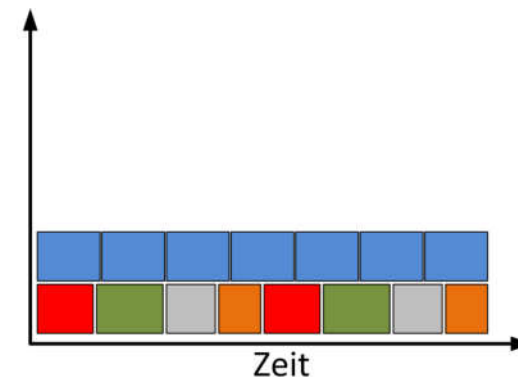
### Datenformate:

#### Observation State Representation



OSR: RTK → großes Datenvolumen

#### Space State Representation



SSR:PPP → geringes Datenvolumen

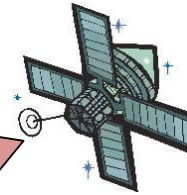


## Herausforderungen - Kommunikation

### 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



## RTK – Anwendungen im Binnenbereich

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

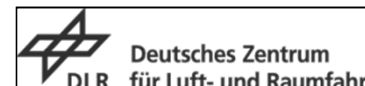
- Entwicklung von Fahrerassistenzfunktionen für sicherheitskritische Anwendungen (z.B. Brückenanfahrwarnung)



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

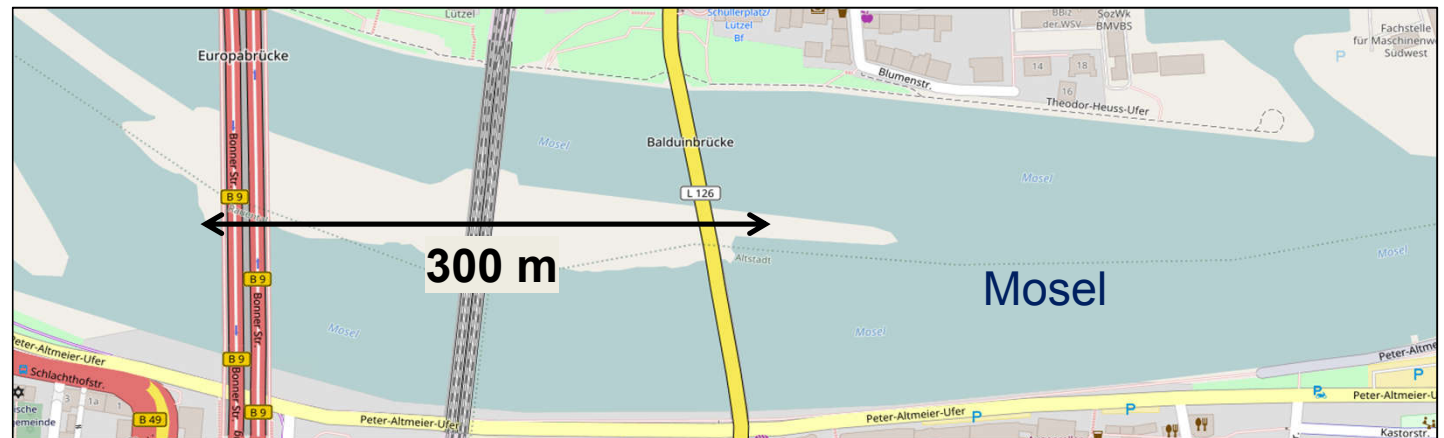
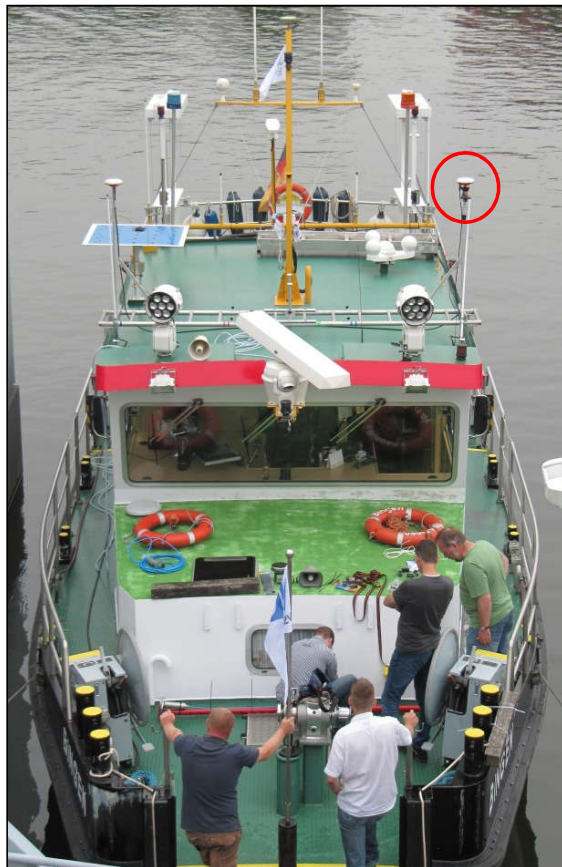


DLR: Entwicklung von RTK-Algorithmen mit Focus auf Integrität

- Verschiedene Untersuchungen zu Genauigkeiten, Initialisierungszeiten und Verfügbarkeiten
- Untersuchungen zur verschiedenen Kommunikationsübertragungsmethoden



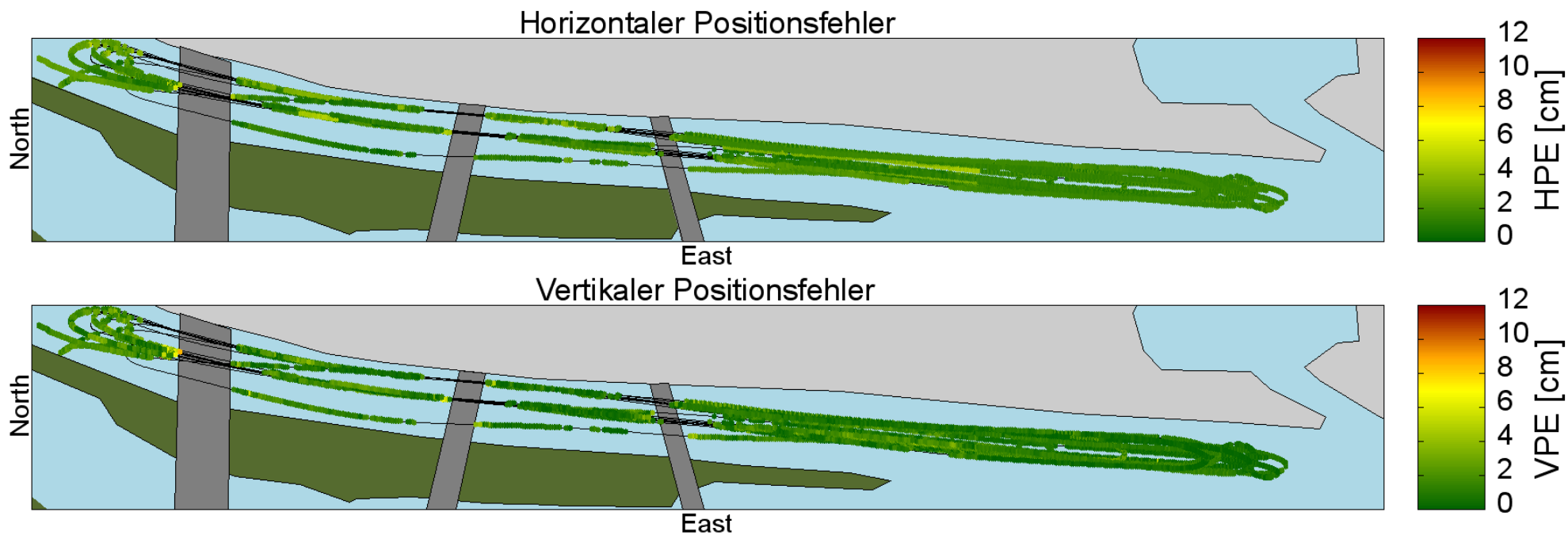
## RTK – Anwendungen im Binnenbereich



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



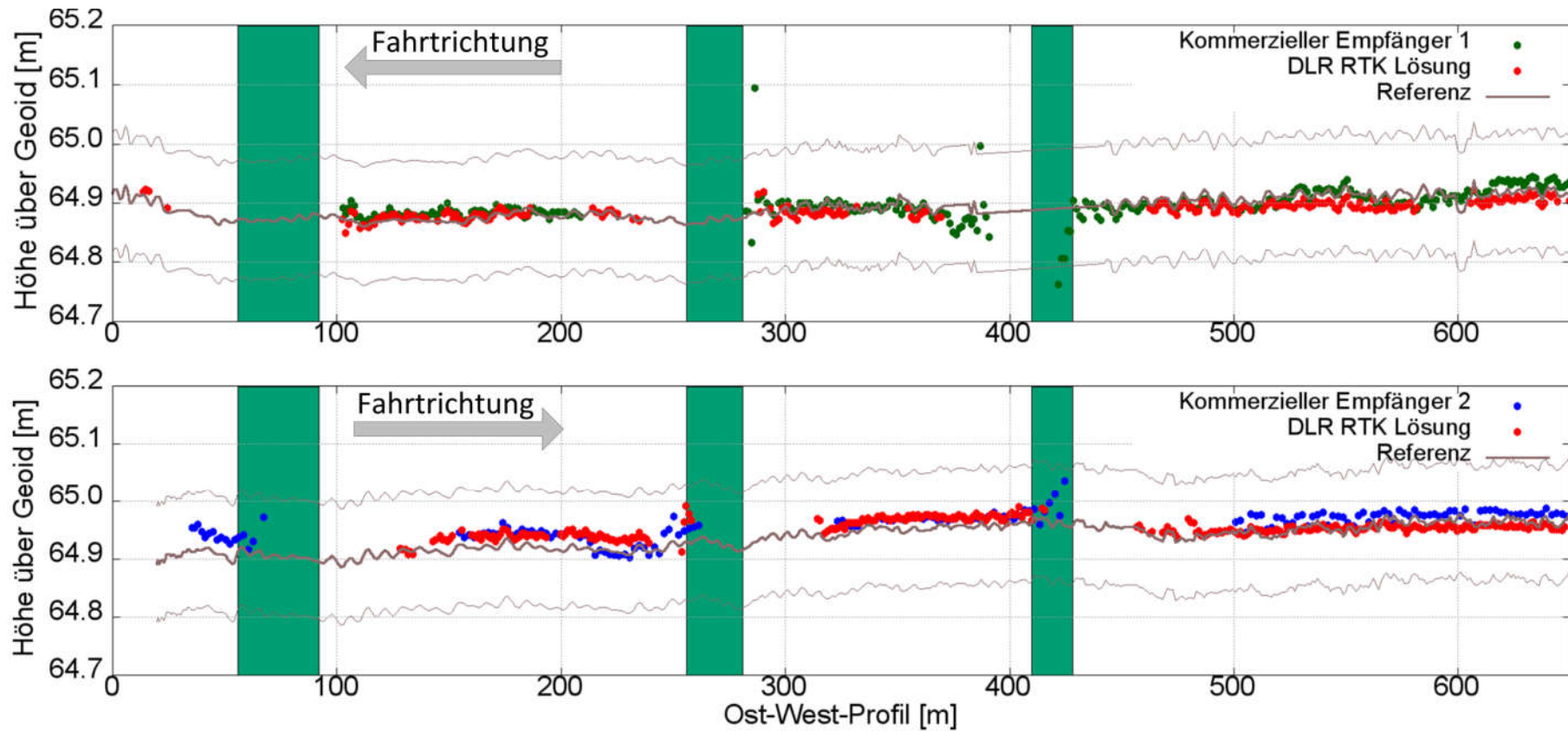
## RTK – Anwendungen im Binnenbereich



	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 im Binnenbereich



## RTK-Anwendungen im Maritimen Bereich



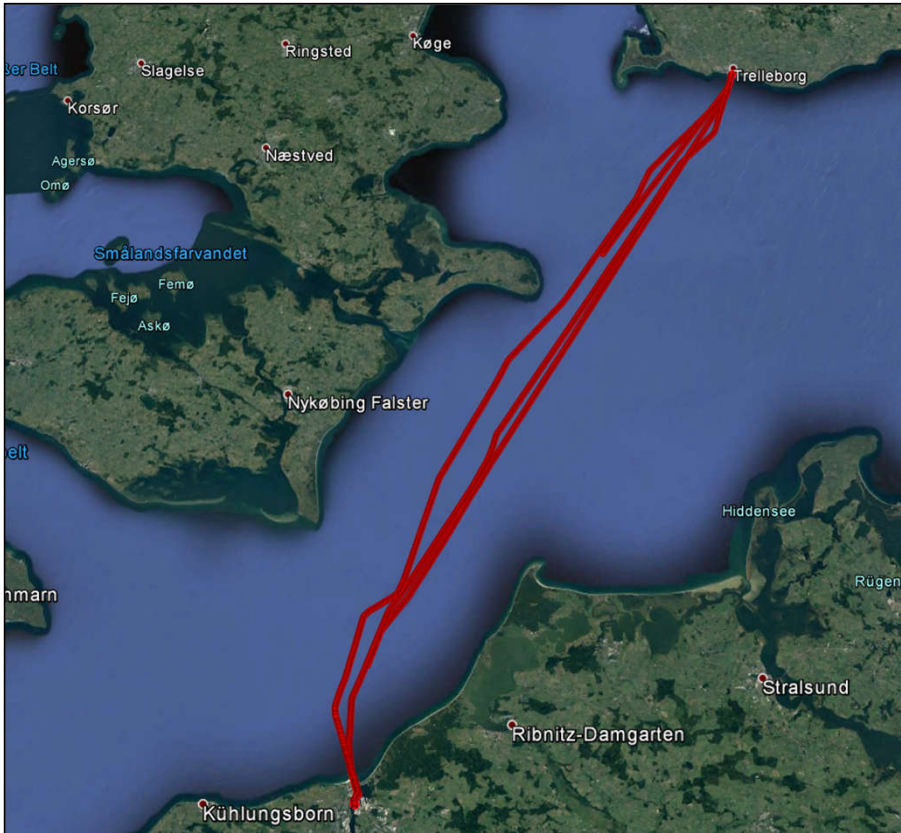
Messfahrt Rostock – Trelleborg, März 2015, „Mecklenburg-Vorpommern“

Basislinie	Fixed [%]
< 10 km	99,3
10 – 20 km	92,9
20 – 50 km	74,3
> 50 km	29,1

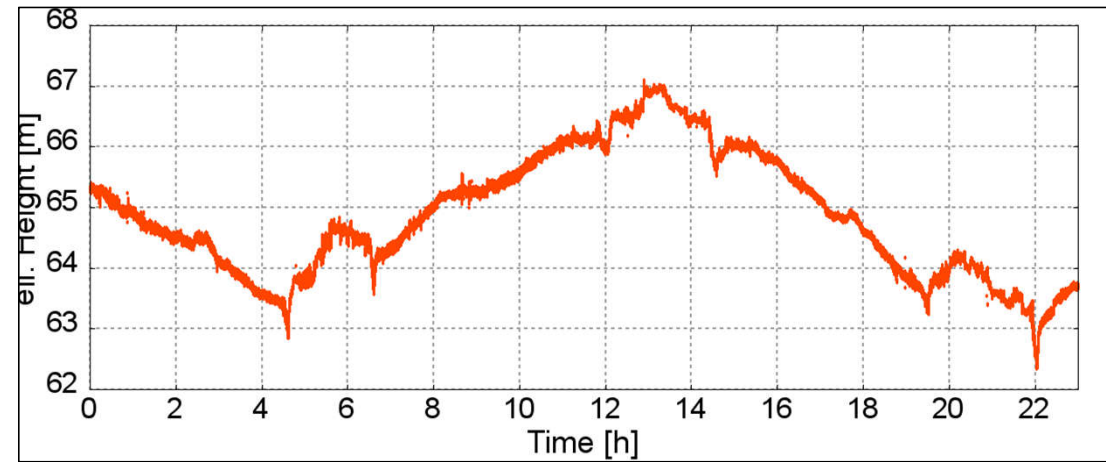
Deutliche Abhängigkeit zwischen Basislinienlänge und festgesetzten Mehrdeutigkeiten!



## PPP-Anwendungen im Maritimen Bereich



Höhenprofil, 24 h



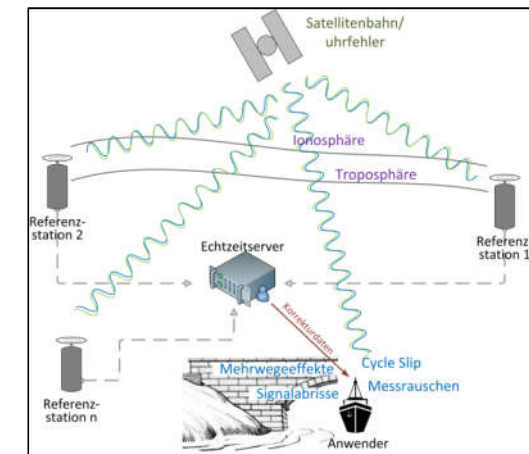
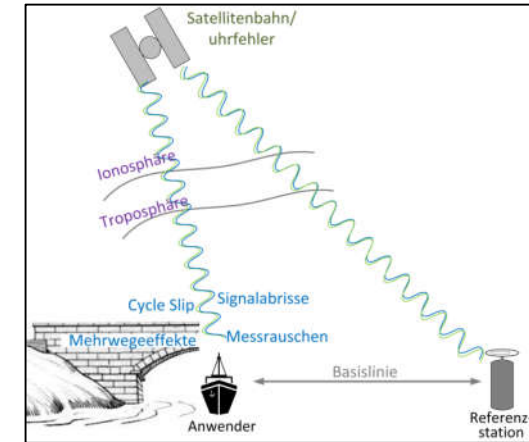
dm-cm- genaue Positionsbestimmung möglich, sofern die Korrekturdaten übertragen werden können





## Zusammenfassung

- **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 ?



## Zukünftige Entwicklungen

# Sapcorda

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

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



**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](mailto: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 – SAPOS – eine Folie



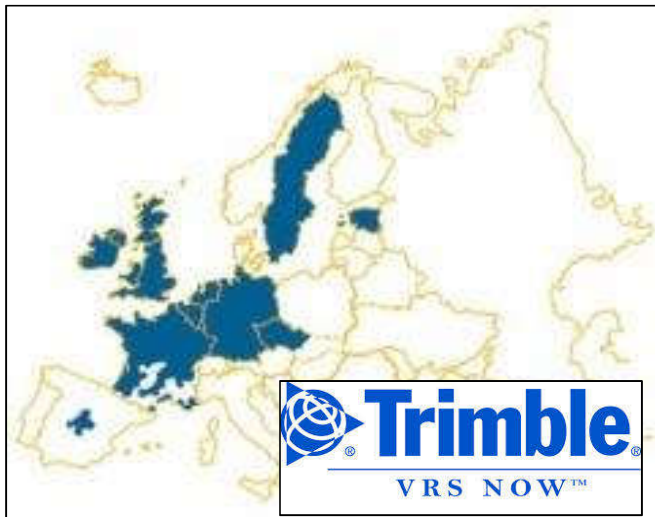
- Satellitenpositionierungsdienst der Landesvermessung (HEPS-Dienst)



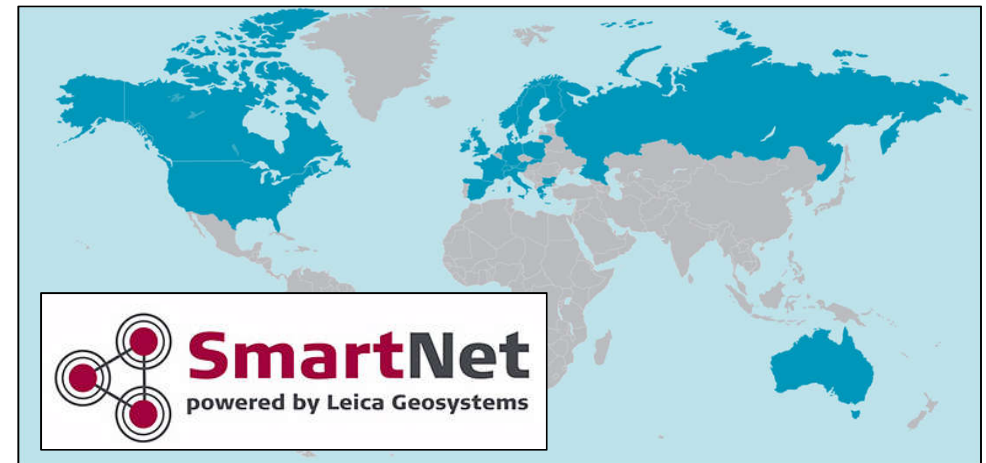
- 270 Stationen generieren amtlichen Raumbezug (ETRS89)
- GPS/GLONASS/(Galileo)
- Genauigkeit: 1-2 cm (Lage), 2-3 cm (Höhe)
- Korrekturdatenformat: standardisierte RTCMx.x-Messages über Ntrip oder GSM
- Derzeit kostenlos für Thüringen, Berlin und Bayrischer landwirtschaftlicher Fahrzeugpositionierungsservice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



## RTK – private Anbieter



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

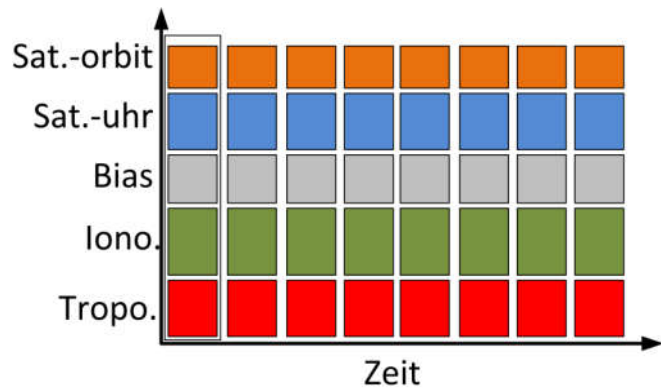


- 4000 Referenzstationen weltweit
- GPS/GLONASS/Galileo
- 1-2 cm Lage, 2-3 cm Höhe
- Format: RTCM x.x

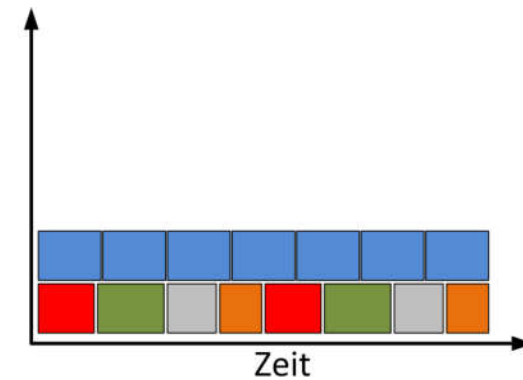
➔ Vorteil gegenüber SAPOS: Länderübergreifend

## Herausforderungen - Kommunikation

- Datenmenge die übertragen werden muss



OSR: RTK → großes Datenvolumen



SSR: PPP → geringes Datenvolumen

- Wie können SSR Daten mit marktüblichen GNSS-Empfängern genutzt werden?

Referenznetz:



Converter:



GNSS-Empfänger:



\*entwickelt von Geo++



# RTK- Integritätsüberprüfung

## Informationen Landseite

- Status Ephemeriden und Uhr
- Qualitätsindikator (Monitorstation)

## Datenübertragungskanal

- Korrekturdatenalter

## RTK - Auswertung

- Ratio der Mehrdeutigkeitsschätzung
- Plausibilitätskontrolle d. Mehrdeutigk
- Varianzen-Abschätzung
- Residuenkontrolle
- Mehrere Verarbeitungschanäle

## Sensor Redundanzen

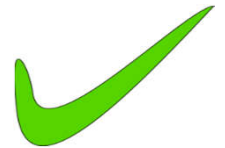
- Bekannte Basislinie der Antennen
- Geschwindigkeitsinformationen
- Inertiale Messdaten

Ok?

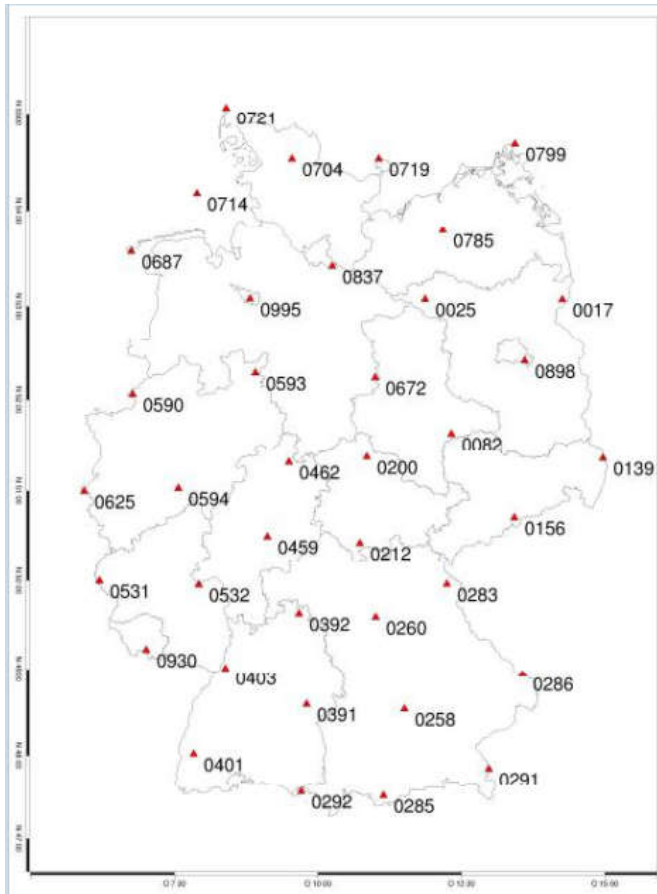
Ok?

Ok?

Ok?



## SSR – SAPOS Vernetzung



Aus Deutschlandvernetzung sollen die notwendigen Korrekturparameter abgeleitet werden

<a href="#">2102</a>	SSR1_3_2G	DE_SSR_3_2G_PhaseClock	RTCM 3.2
<a href="#">2102</a>	SSR2_3_2G	DE_SSR_3_2G_PhaseClock_VTEC	RTCM 3.2
<a href="#">2102</a>	SSR3_3_2G	DE_SSR_3_2G_PhaseClock_STEC	RTCM 3.2





## RTK – Anwendungen - Binnenwasserstraßen



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



# RTK – Anwendungen - Binnenwasserstraßen

