



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

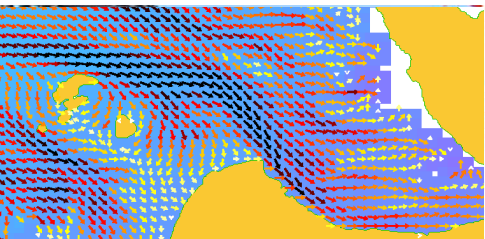


BUNDESAMT FÜR  
SEESCHIFFFAHRT  
UND  
HYDROGRAPHIE



## Integration von hochaufgelösten **m**arinen **G**eodaten in elektronische **N**avigationssysteme (ImoNav)

Stephan Dick, Luis Becker, Stefan Grammann, Mathias Palm und Jana Vetter, BSH



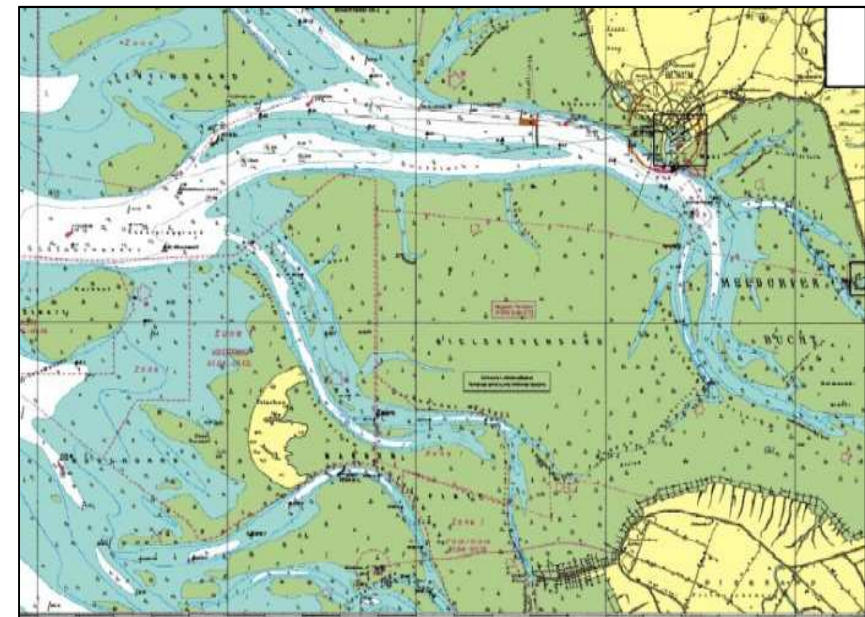
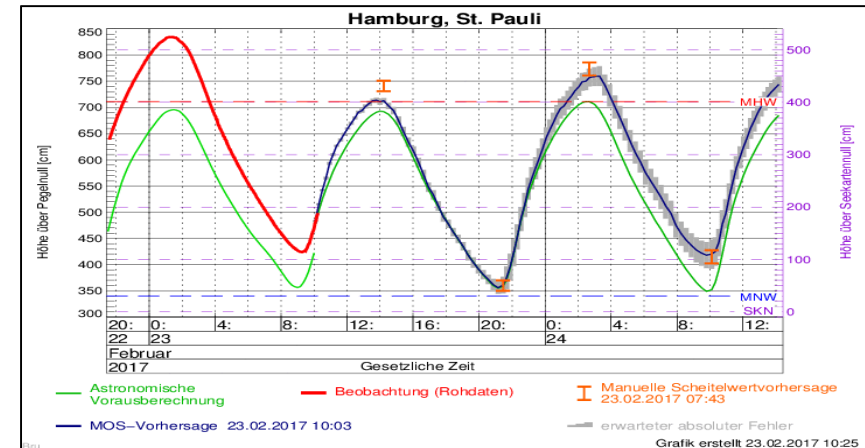
## Gliederung

- Einführung
  - Veranlassung und Motivation
- Das Projekt ImoNav
  - Projektziele, Projektstruktur
  - Produkte, Nutzer und Anwendungen
- Aktueller Stand der Arbeiten
  - Hydrographische Daten
  - Ozeanographische Daten
- Ausblick

# Veranlassung und Motivation



- Im BSH und der WSV liegen viele Geodaten und Dienste vor, die für die Navigation und Verkehrslenkung genutzt werden können.
- Grundlegende Dienste sind bereits für die manuelle Schiffsführung nutzbar, sie liegen in der Regel jedoch nicht im gleichen Informationssystem vor.
- Für die Schifffahrt ist insbesondere die tatsächliche Wassertiefe, d.h. die Verknüpfung von Tiefendaten mit aktuellen Wasserständen oder Wasserstandsvorhersagen von großem Interesse.



## Was ist ImoNav?

- Nationales Verbund-Projekt im Rahmen des Modernitätsfonds des BMVI (mFUND)
- ImoNav - Integration von hochaufgelösten marinen Geodaten in elektronische Navigationssysteme
- Dauer: 3 Jahre
- Start: 01.06.2017

## Wer sind die Projektpartner?

- BSH (Koordinator) und zwei Firmen (smile consult GmbH und SevenCs GmbH)

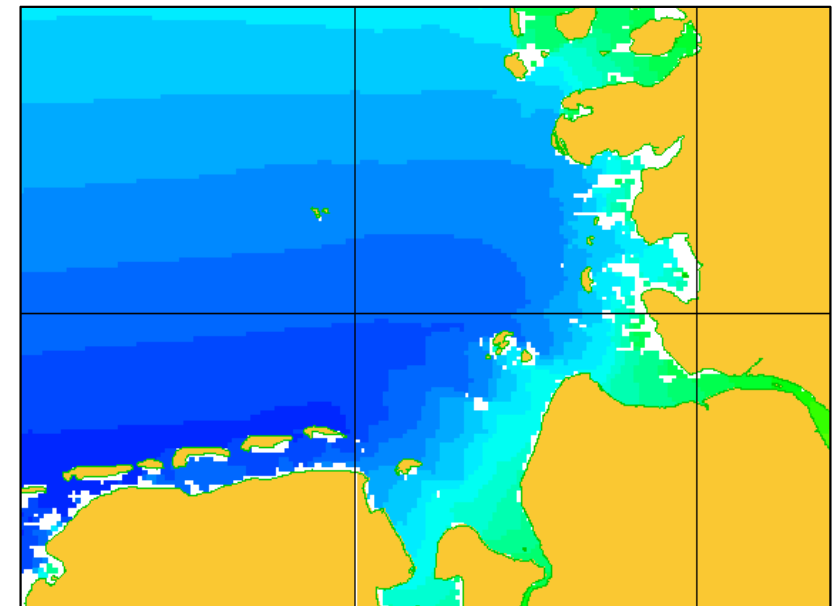




# Ziele von ImoNav

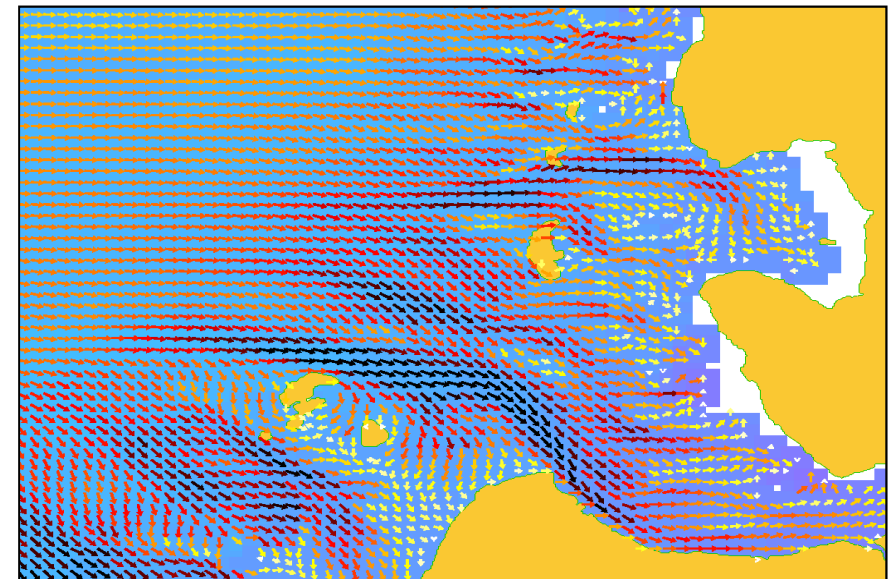
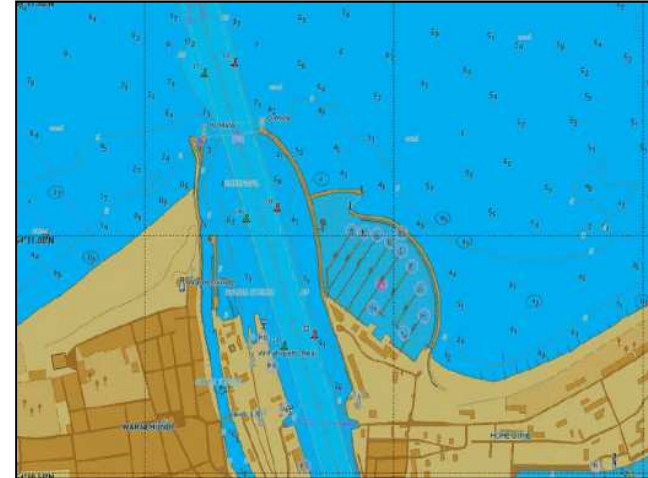


- Entwicklung eines neuartigen hochaufgelösten Navigationsdienstes für stark befahrene Seewasserstraßen wie z.B. Elbe und Weser sowie Küstengewässer
- Automatisches Akquirieren und Verschneiden unterschiedlicher Vermessungsdaten von BSH, WSV, Ländern, Hafenämtern und -betreibern
- Verknüpfung von Bathymetriedaten mit optimierten Wasserstandsdaten



# Ziele von ImoNav

- Bereitstellung neuer Produkte zu Wasserstand und Wassertiefe sowie weiterer ozeanographischen Daten (z.B. Strömungen) in standardisierter Form
- Darstellung in elektronischen Seekarteninformationssystemen (ENCs und ECDIS)
- Entwicklung eines Konzeptes zur Land-Schiff-Datenkommunikation
- Prä-operationeller Betrieb und Test mit Nutzern



# Projektstruktur

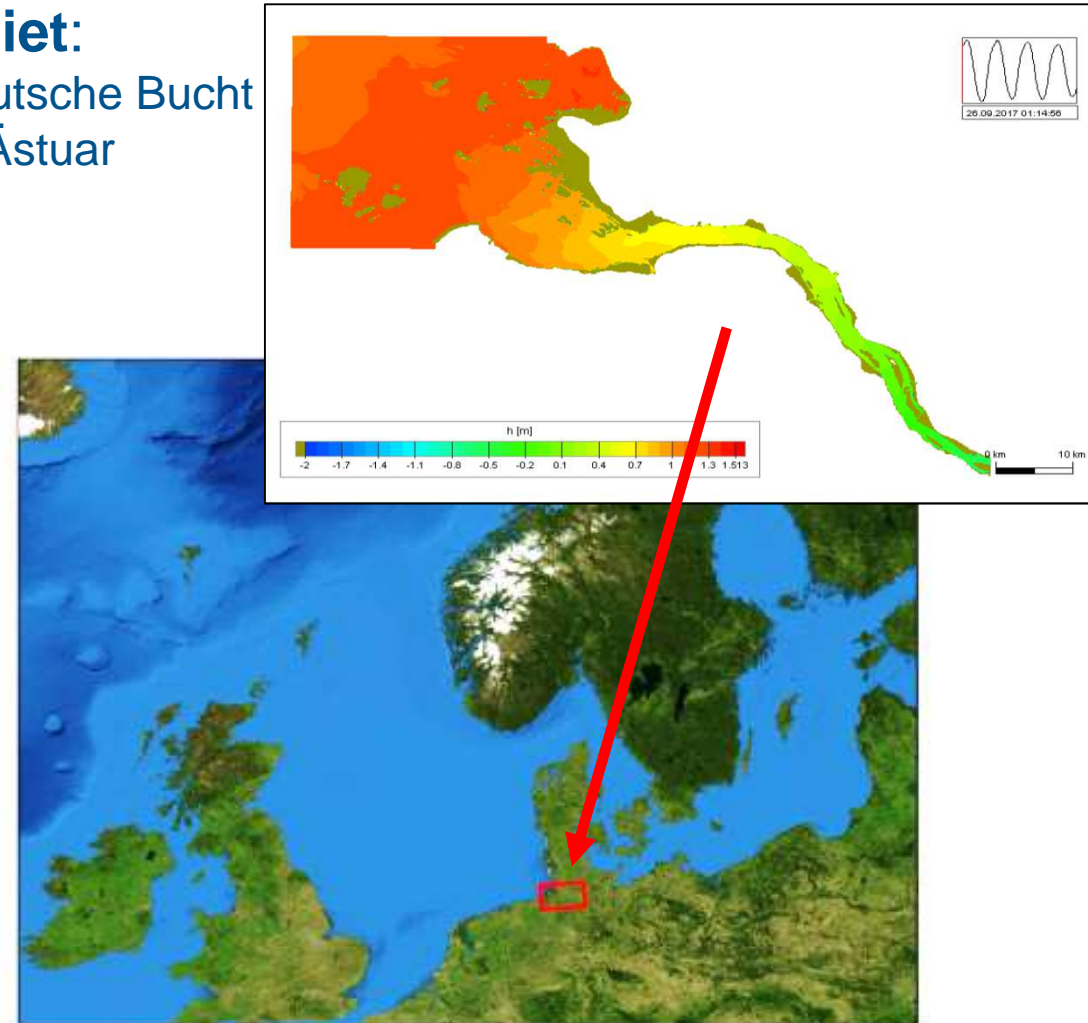


## 5 Arbeitspakete:

- 1. Projektmanagement (BSH)**
- 2. Ozeanographische Daten (BSH)**
  - Bereitstellung von optimierten Wasserständen und anderen ozeanographischen Daten
- 3. Bathymetrische Daten (BSH)**
  - Automatische Bereitstellung hochaufgelöster digitaler Bathymetriem
- 4. Automatische Prozessierung und Verknüpfung von Daten (smile consult)**
  - Erstellung eines neuen Produkts 'Wassertiefe'
- 5. Kommunikation and Darstellung (SevenCs)**
  - Konzept für Datentransfer Land - Schiff
  - Darstellung in ENCs/ECDIS und Demonstration

## Testgebiet:

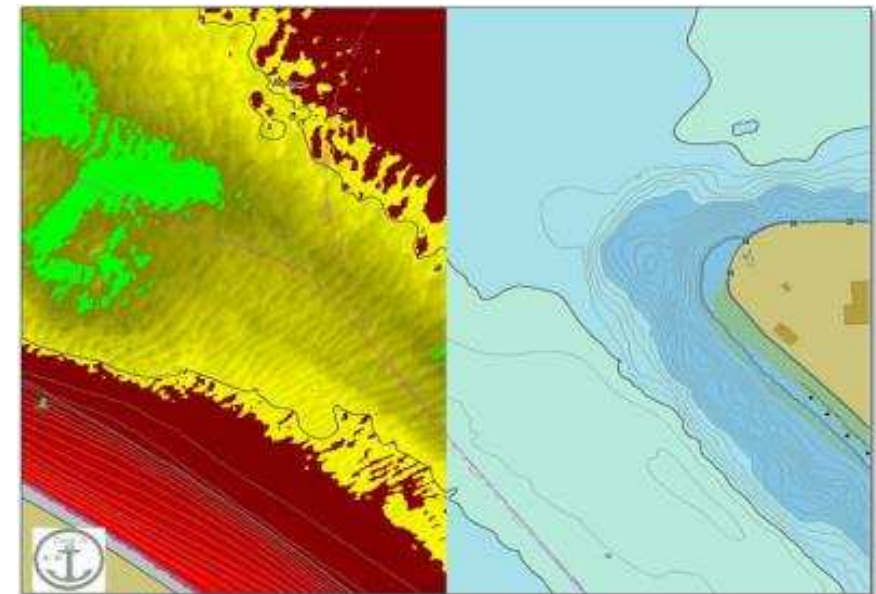
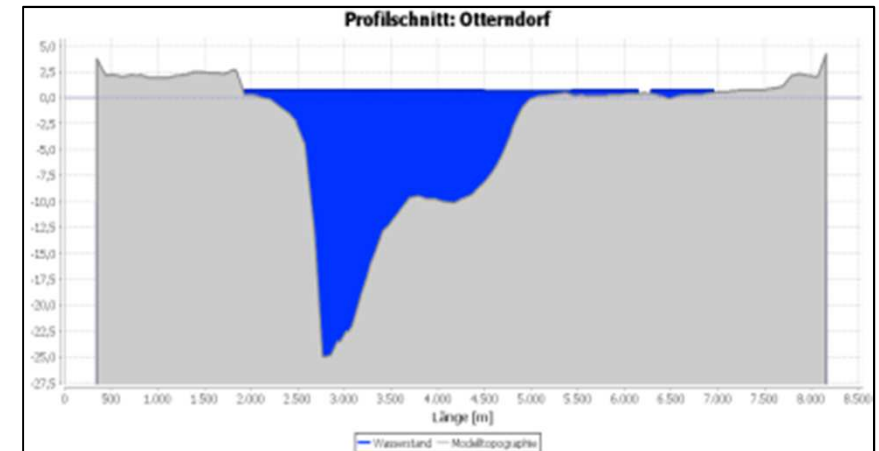
Innere Deutsche Bucht und Elbe-Ästuar





ImoNav wird neuartige Produkte zur Navigation und Routenplanung entwickeln und bereitstellen

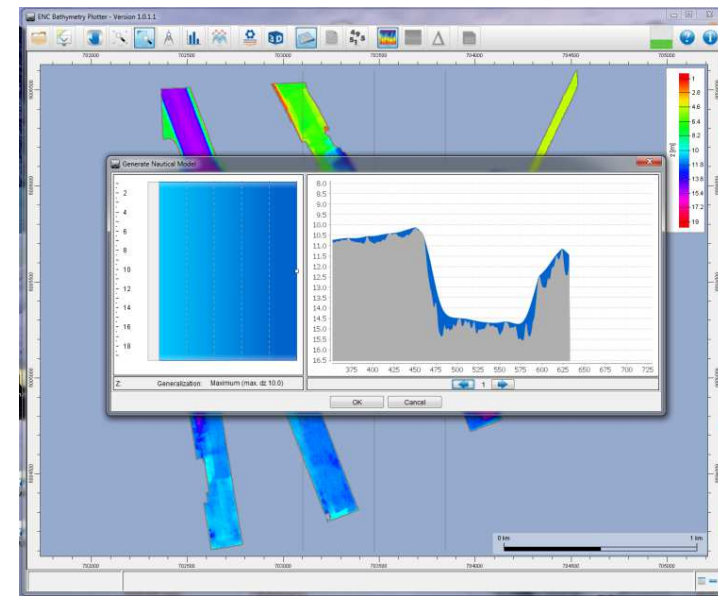
- Produkte werden internationalen (IHO-) Standards entsprechen (S-100, S-102, S-104, S-111,...)
- Qualitätsmanagement und Sicherheitschecks
- Hauptnutzer sind Reedereien, Revierzentralen, Lotsen, Hafen- und Schifffahrtsstraßenmanagement
- Weitere Anwendungsbereiche: Küstenschutz, Meeresumweltschutz, Unterstützung von Offshore-Aktivitäten, Küsteningenieurwesen...
- Methode kann auch für Wasserstandskorrektur bei Beschickung genutzt werden





## Aufgaben:

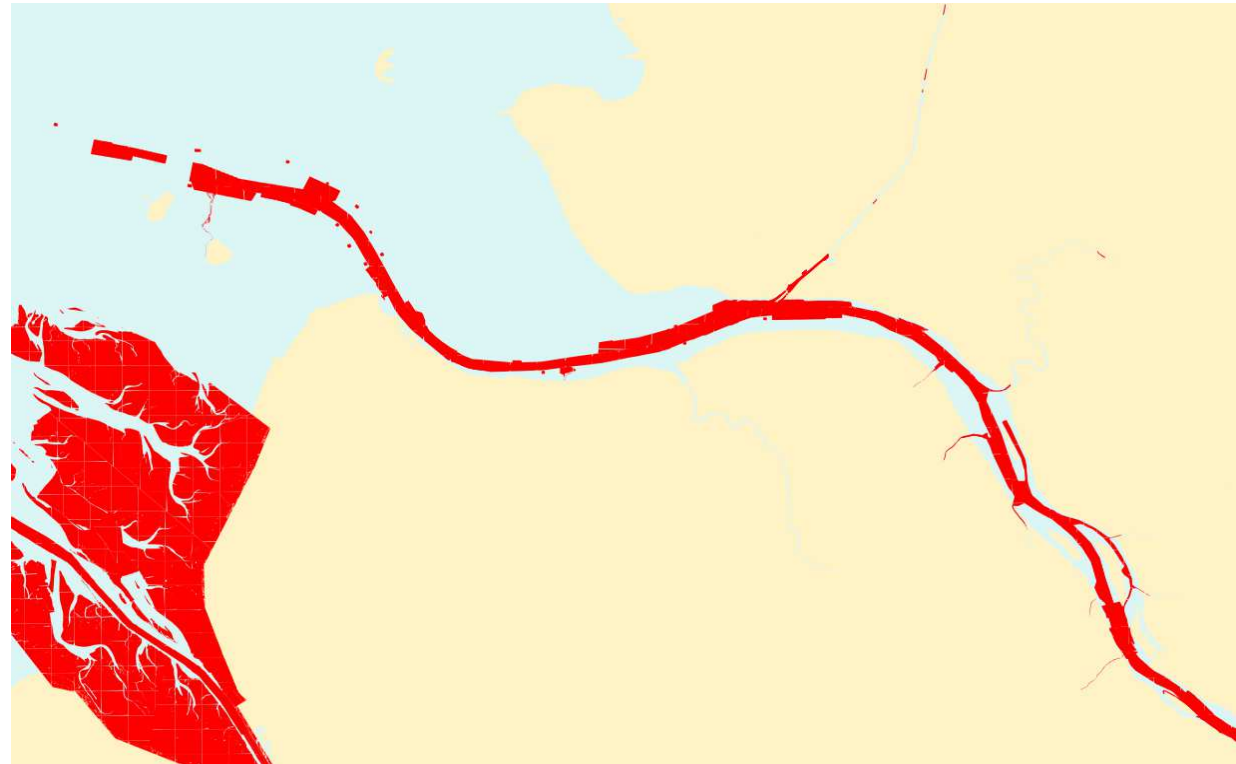
- Einsammeln der Vermessungsdaten von BSH, WSV, Ländern und Hafenbetreibern
- Vollautomatisches Verschneiden der Vermessungsergebnisse
- Erzeugen eines hochaufgelösten flächendeckenden Geländemodells
- Verarbeitung von neu eingehenden Vermessungen innerhalb von 1-2 Werktagen



# Zusammenführen und Aufbereiten von hydrographischen Daten

## Zusammentragen der Peildaten:

- Automatischer Import aus 3D-Datenarchiv der WSV seit 1. Feb. 2018 (Stand: 4.6.):
  - WSA Cuxhaven: 124 Peilpläne
  - WSA Hamburg: 97 Peilpläne
- Gesamtmenge Grid-Daten:
  - 724 Peilpläne
  - 7,2 GB Grid-Daten (ca. 1 GB in der Datenbank)
  - 508 Mio. Tiefenwerte
  - 90 MB Metadaten des gesamten 3D-Datenarchivs



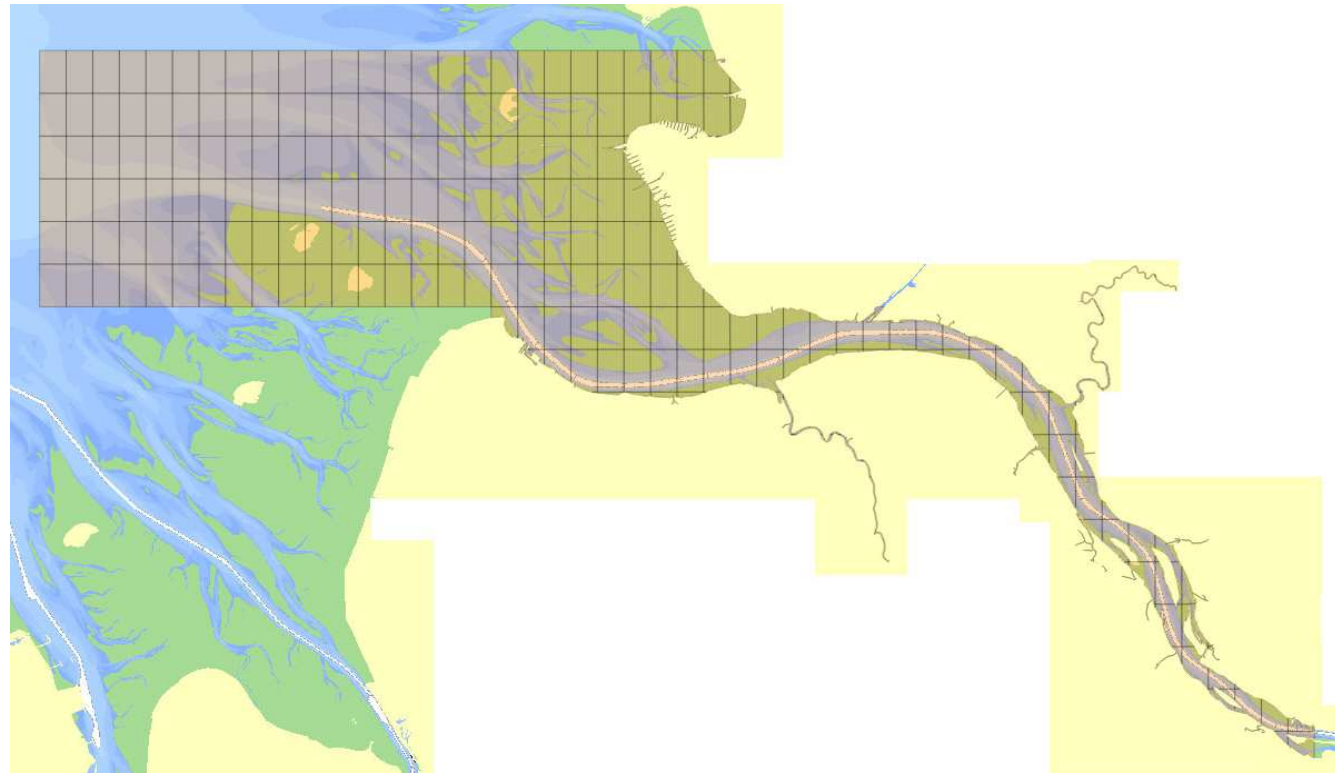
# Zusammenführen und Aufbereiten von hydrographischen Daten

## Aufteilung des Projektgebiets in Kacheln (Tiles)

- Ausdehnung: 2' x 2'

## Nächste Schritte:

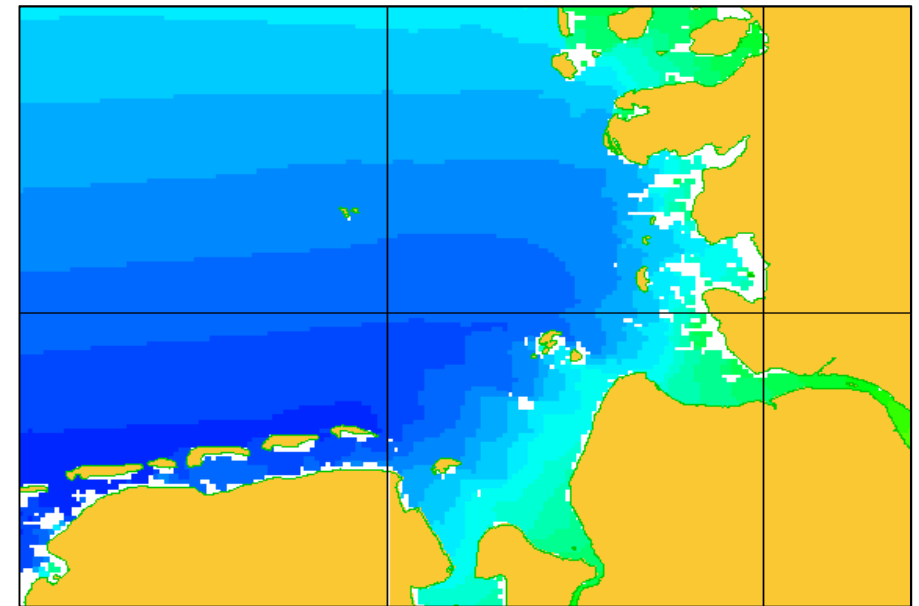
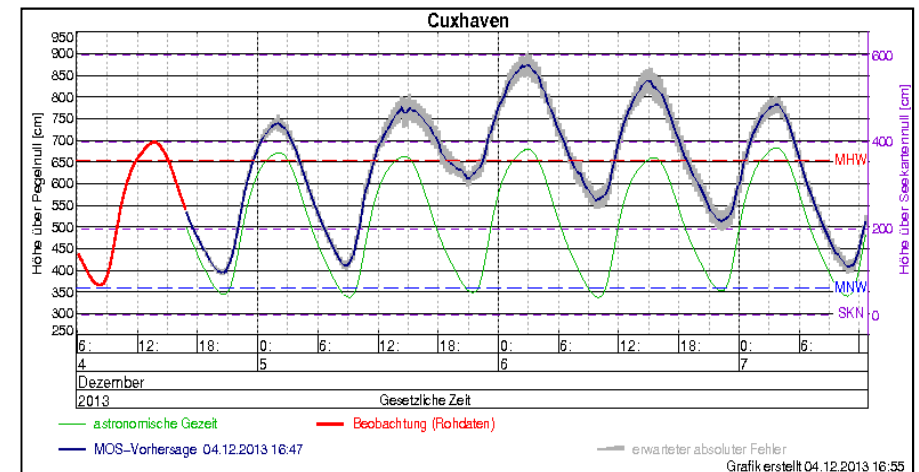
- Datenmodell für DGM(s) und Produktmetadaten erstellen
- DGM(s) in der Datenbank berechnen
- Export von Grid- und Metadaten
- Automatisierung
- Aktive Beteiligung an S-102 Weiterentwicklung





## Aufgaben:

- Verschneiden von flächenhaften Wasserstandsvorhersagen numerischer Modelle mit Zeitserien von MOS-Prognosen (Model Output Statistics)
- Aufbereitung und Konvertierung von weiteren ozeanographischen Daten (Strömungen, Wassertemperatur, Seegang etc.)
- Bereitstellung aller ozeanographischen Daten in IHO-konformen Formaten
- Einrichten einer automatisierten Verarbeitung und eines prä-operationellen Betriebes



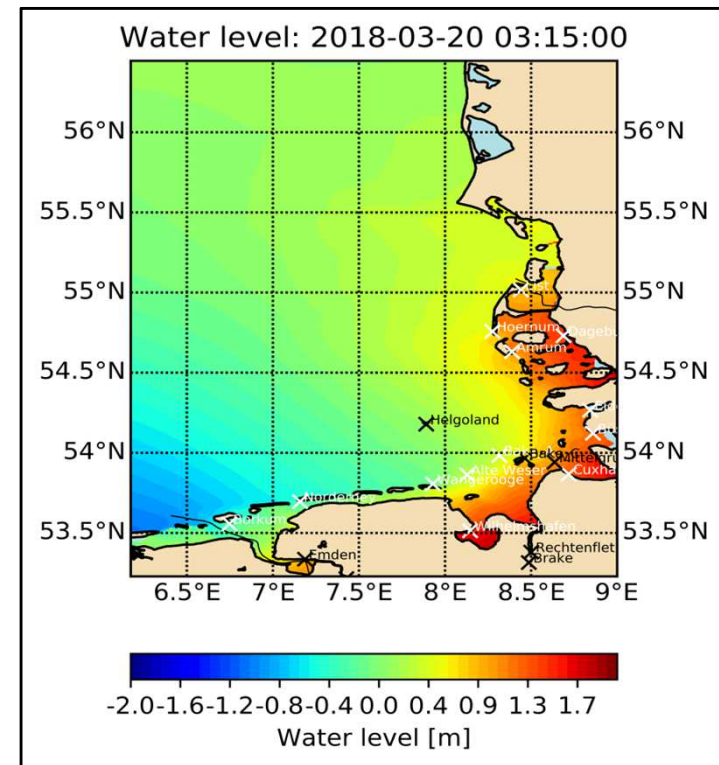
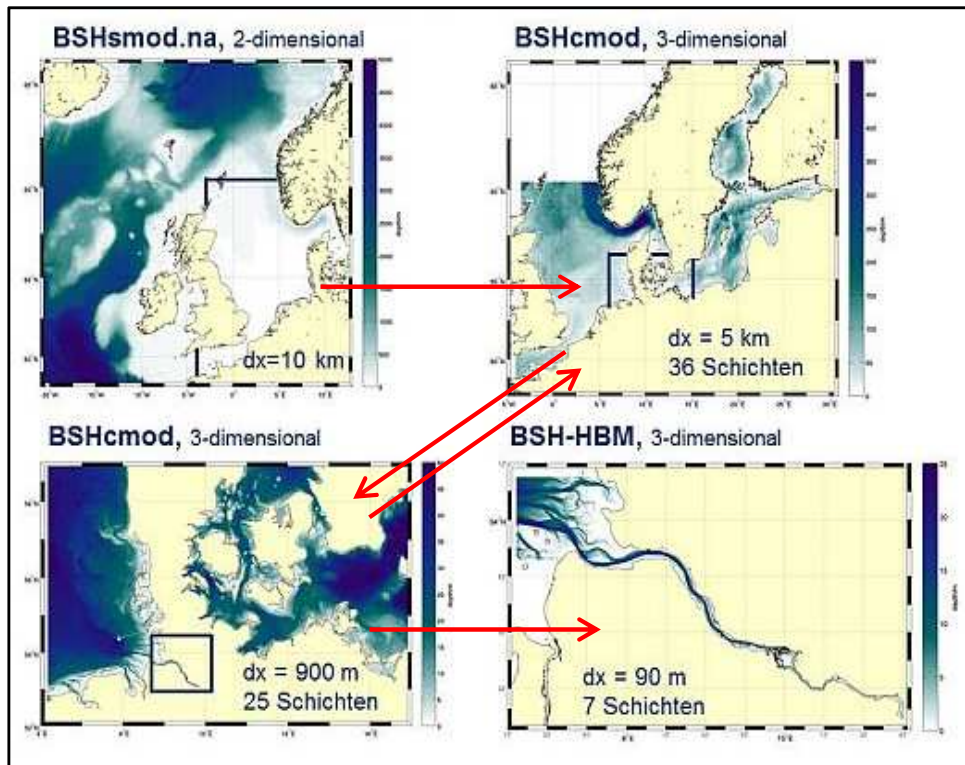
# Erste Ergebnisse

=> Wasserstandsprognosen



## BSH erstellt zwei automatisierte Produkte zur Wasserstandsvorhersage

01 **Numerisches Modell:** kontinuierliche Wasserstandsflächen eines dreidimensionalen Ozean-Vorhersagemodellsystems





# Erste Ergebnisse

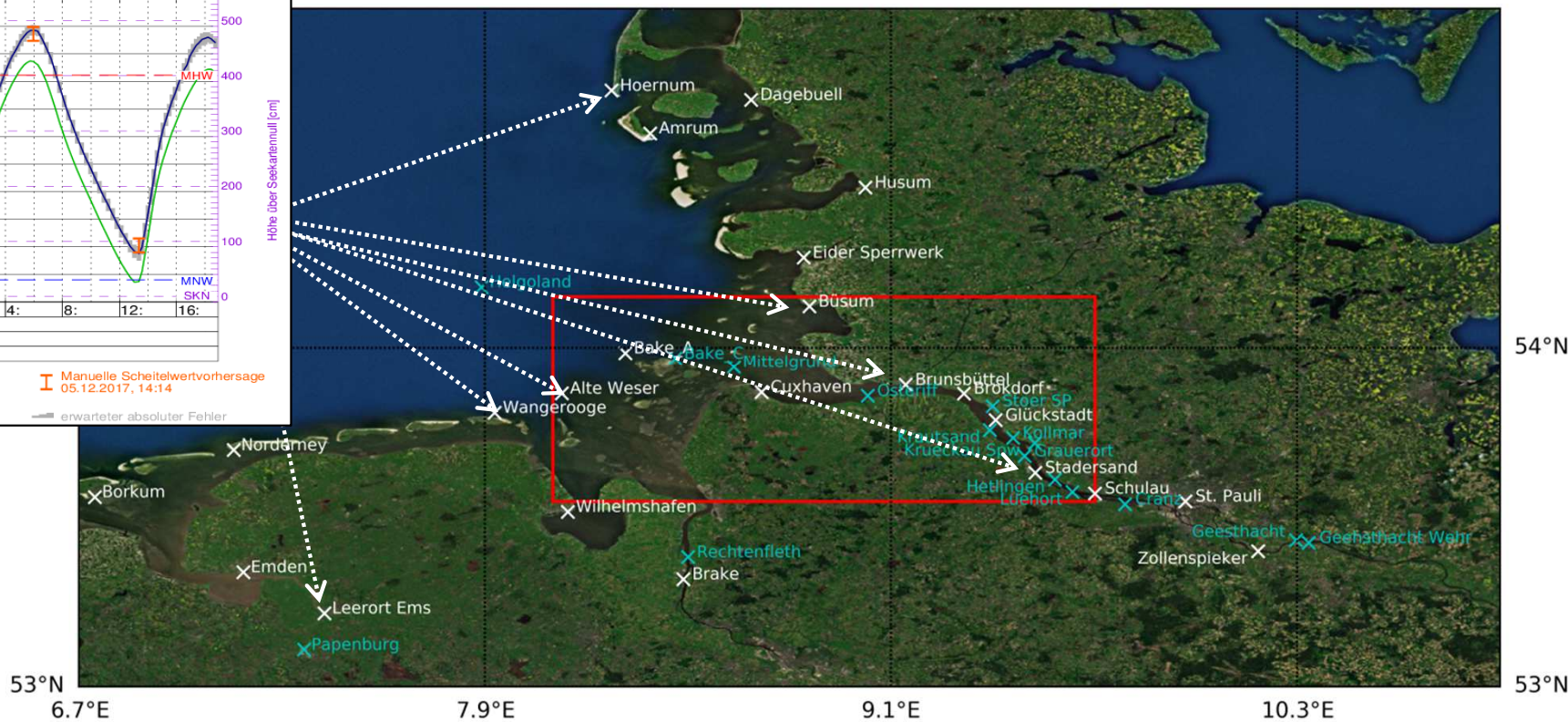
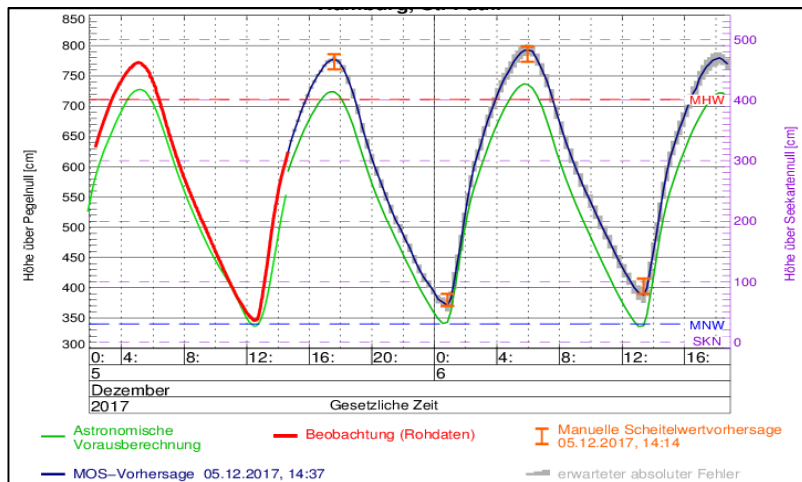
=> Wasserstandsprognosen



02

## Model Output Statistics (MOS):

Mit einem empirischen Verfahren werden für einige diskrete Positionen Modellprognosen statistisch nachbearbeitet und optimierte Zeitreihen erstellt





# Erste Ergebnisse

=> Wasserstandsprognosen



## Numerisches Modell

- + Flächenhafte Daten
- + Hohe relative Genauigkeit
- + Gute Performance bei Extremereignissen
- keine Integration von Wasserstandsbeobachtungen
- geringere Aktualität

## MOS

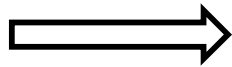
- + Integration von Beobachtungsdaten
- + Häufige Aktualisierung (alle 15 Minuten)
- + Geringerer Vorhersagefehler (insbes. in den ersten Stunden)
- Vorher, lange Beobachtungszeitreihe notwendig (> 10 Jahre)
- Punktuelle Ergebnisse für wenige Orte
- Manchmal größere Abweichungen bei Extremereignissen

➔ Idee: Nachträgliche Korrektur der Modellergebnisse durch Korrekturfläche aus MOS-Ergebnissen

### Optimierungsansatz: Dreistufiges Verfahren

01 Berechnung von Differenzen zwischen Modell- und MOS-Ergebnissen für Wasserstände an einzelnen Pegelstandorten

$$\text{Korrektur}(t) = z_{\text{Model}}(t) - Z_{\text{MOS}}(t)$$



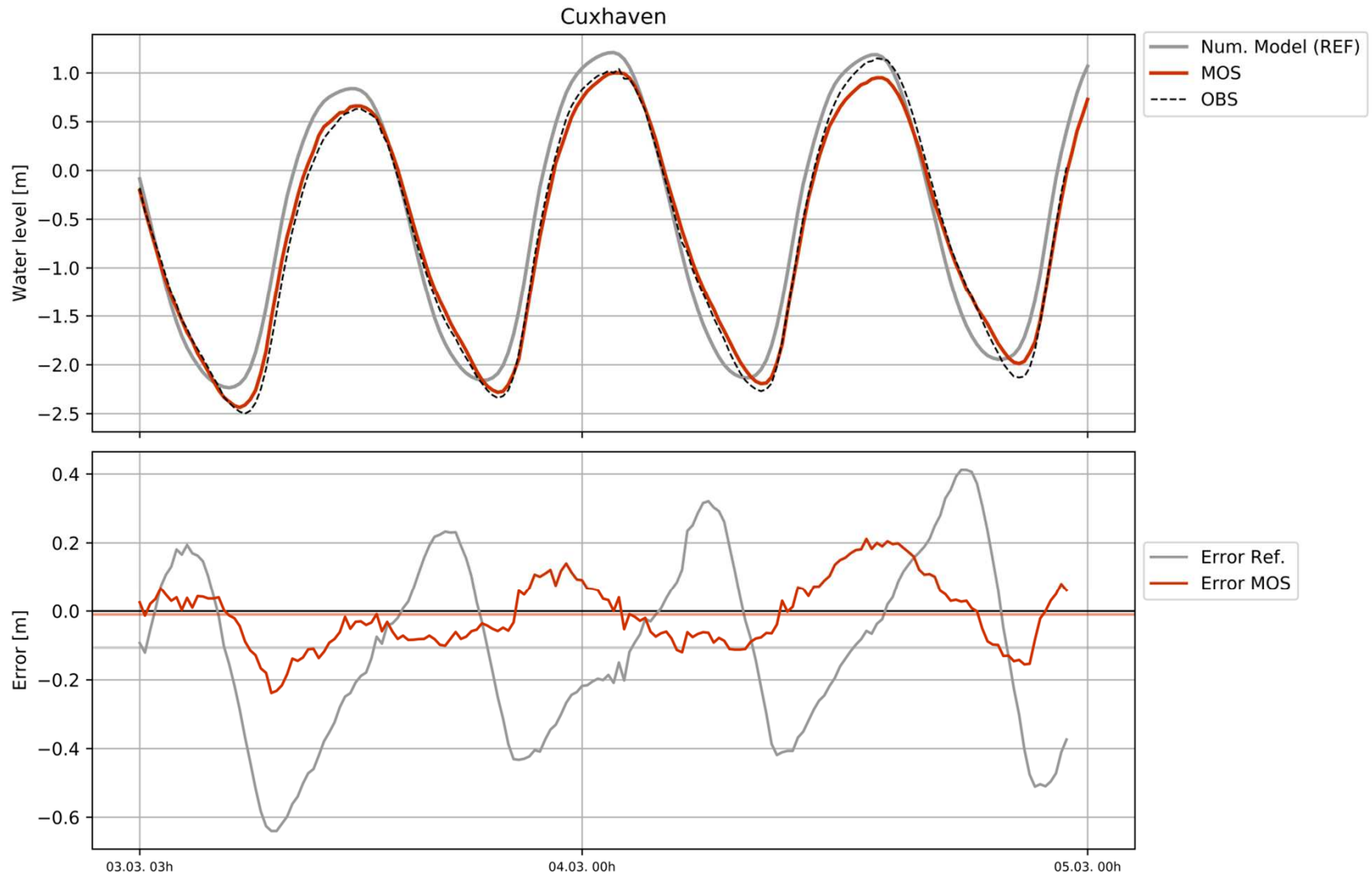
**Ergebnis: Differenzen an einzelnen Pegelstandorten**

02 Erzeugung einer Fläche durch räumliche Interpolation der Differenzen

03 Korrektur des Modell-Wasserstands durch die erzeugten Differenzflächen

# Generierung dynamischer Wasserstandsflächen

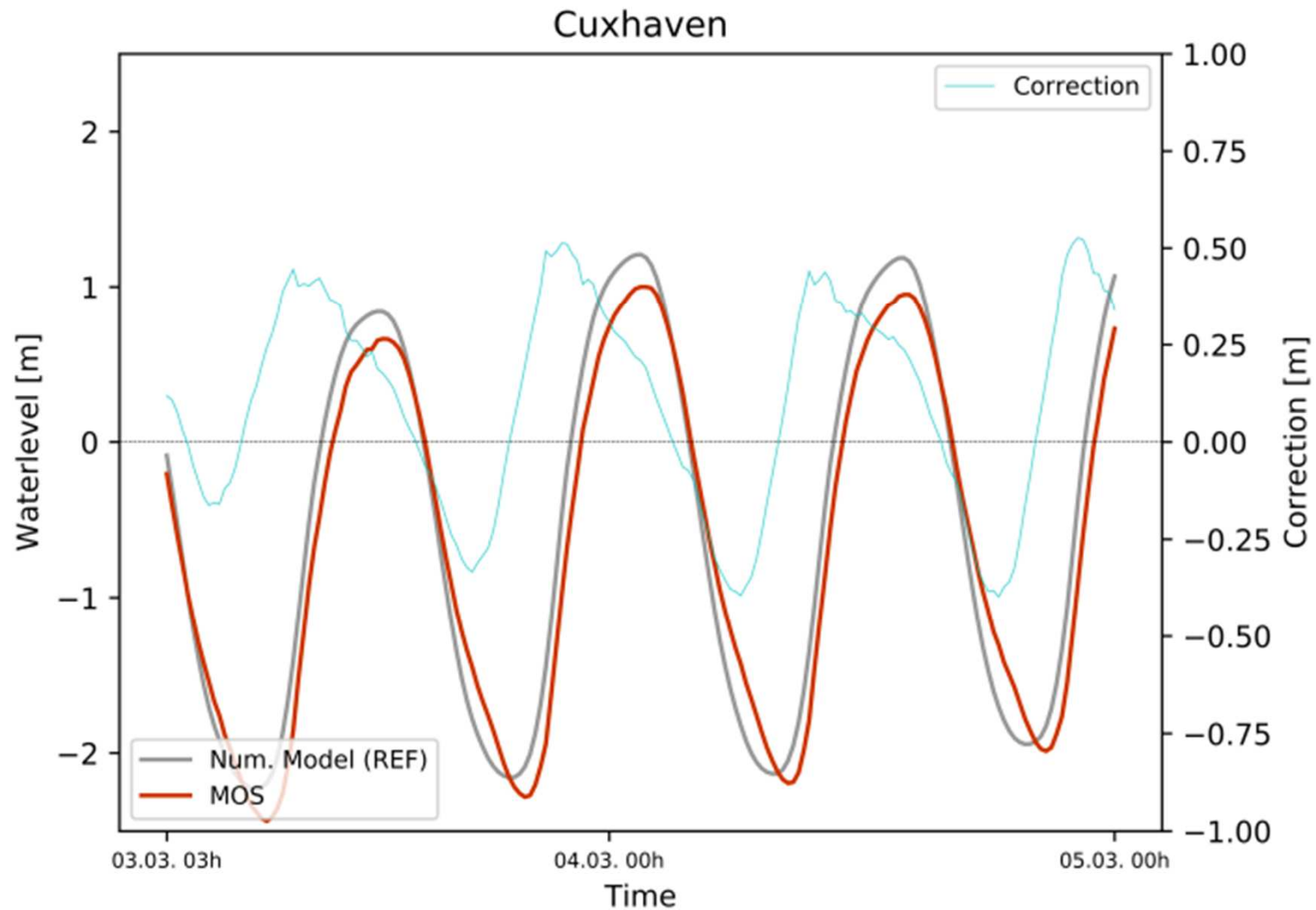
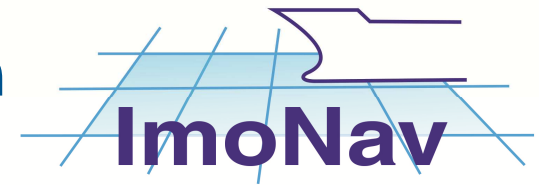
## Optimierungsansatz für vorhandene Produkte





# Generierung dynamischer Wasserstandsflächen

## Optimierungsansatz für vorhandene Produkte



### Dreistufiges Verfahren:

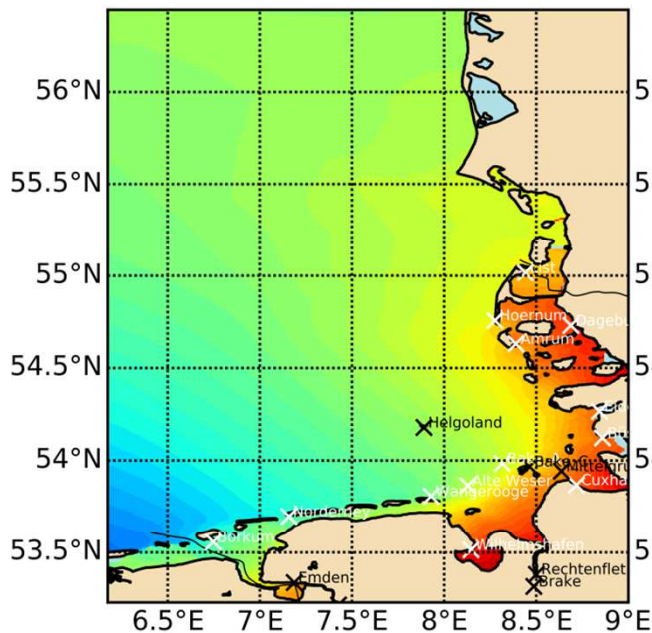
- 01 Berechnung von Differenzen zwischen Modell- und MOS-Ergebnissen für Wasserstände an einzelnen Pegelstandorten
- 02 Erzeugung einer Differenzfläche durch räumliche Interpolation  
Methode: Inverse Distance Weighting (Hartkamp et al. 1999)
- 03 Korrektur des Modell-Wasserstands durch die erzeugten Differenzflächen

 **Ergebnis: Kontinuierliche Wasserstandsfläche**

### 3. Wasserstandskorrektur

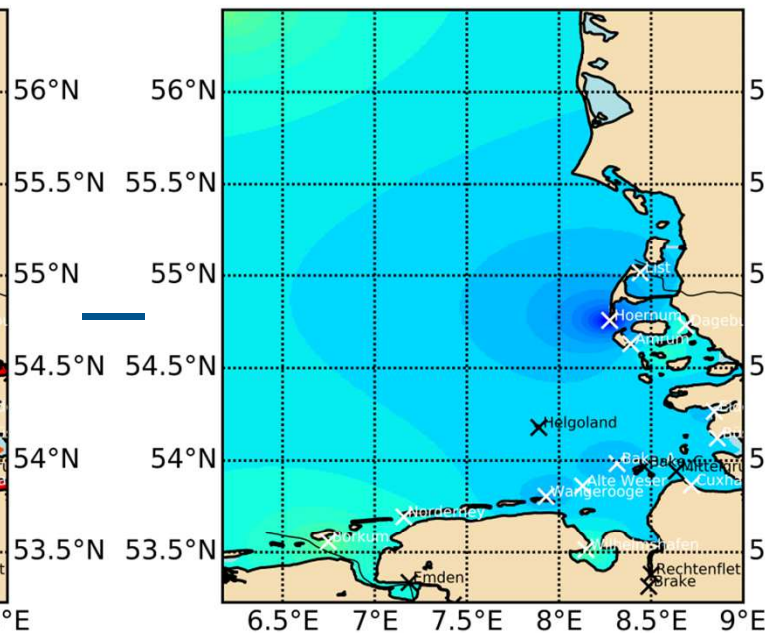
- Für jeden Gitterpunkt wird der interpolierte Korrekturwert vom (Referenz-) Wasserstandswert der Modellprognose subtrahiert

Water level: 2018-03-20 03:15:00



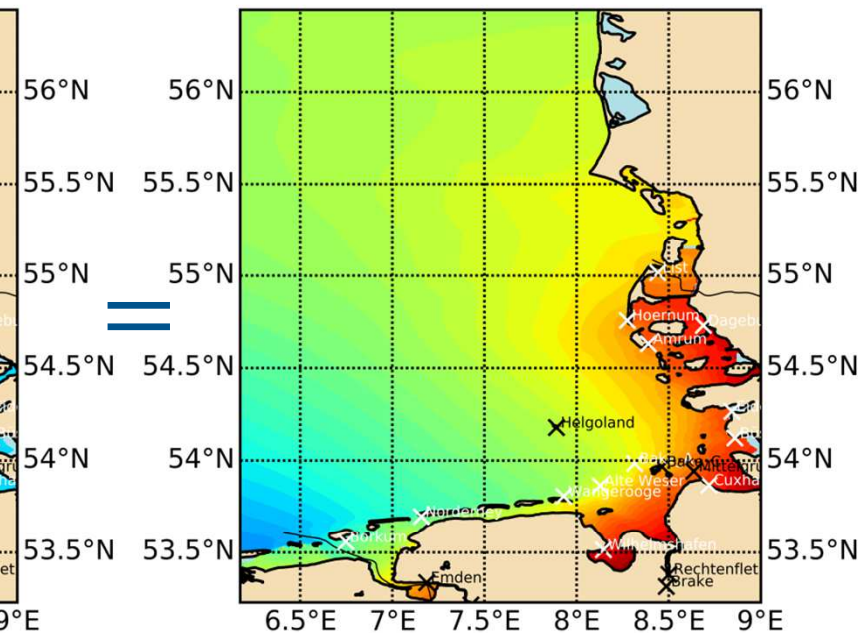
-2.0 -1.6 -1.2 -0.8 -0.4 0.0 0.4 0.9 1.3 1.7  
Water level [m]

Correction: 2018-03-20 03:15:00



-0.5 -0.4 -0.3 -0.2 -0.1 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4  
Correction [m]

Water level: 2018-03-20 03:15:00



-2.0 -1.6 -1.2 -0.8 -0.4 0.0 0.4 0.9 1.3 1.7  
Water level [m]

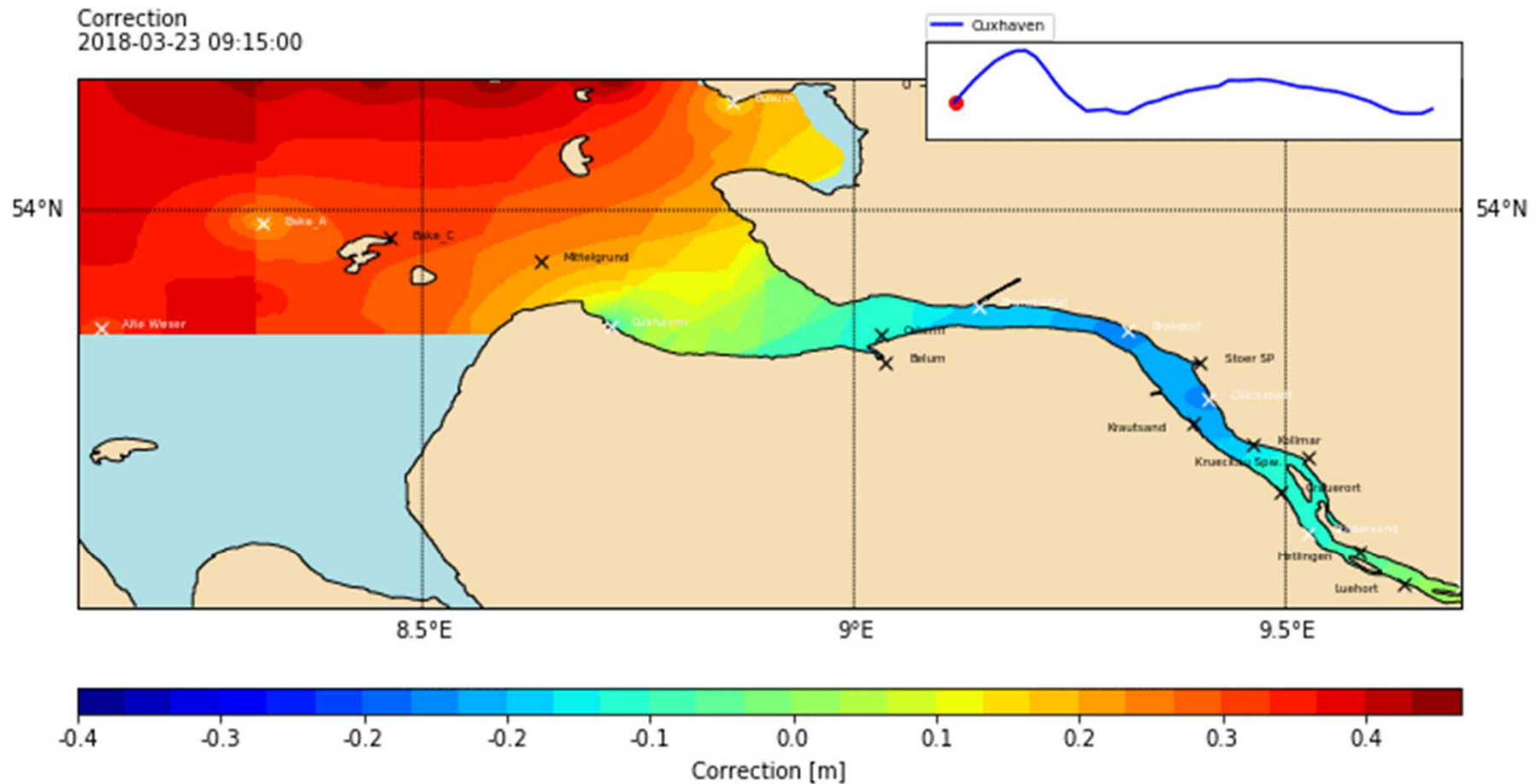


# Generierung dynamischer Wasserstandsflächen

## Erste Ergebnisse



Zeitliche Entwicklung der Korrekturflächen:

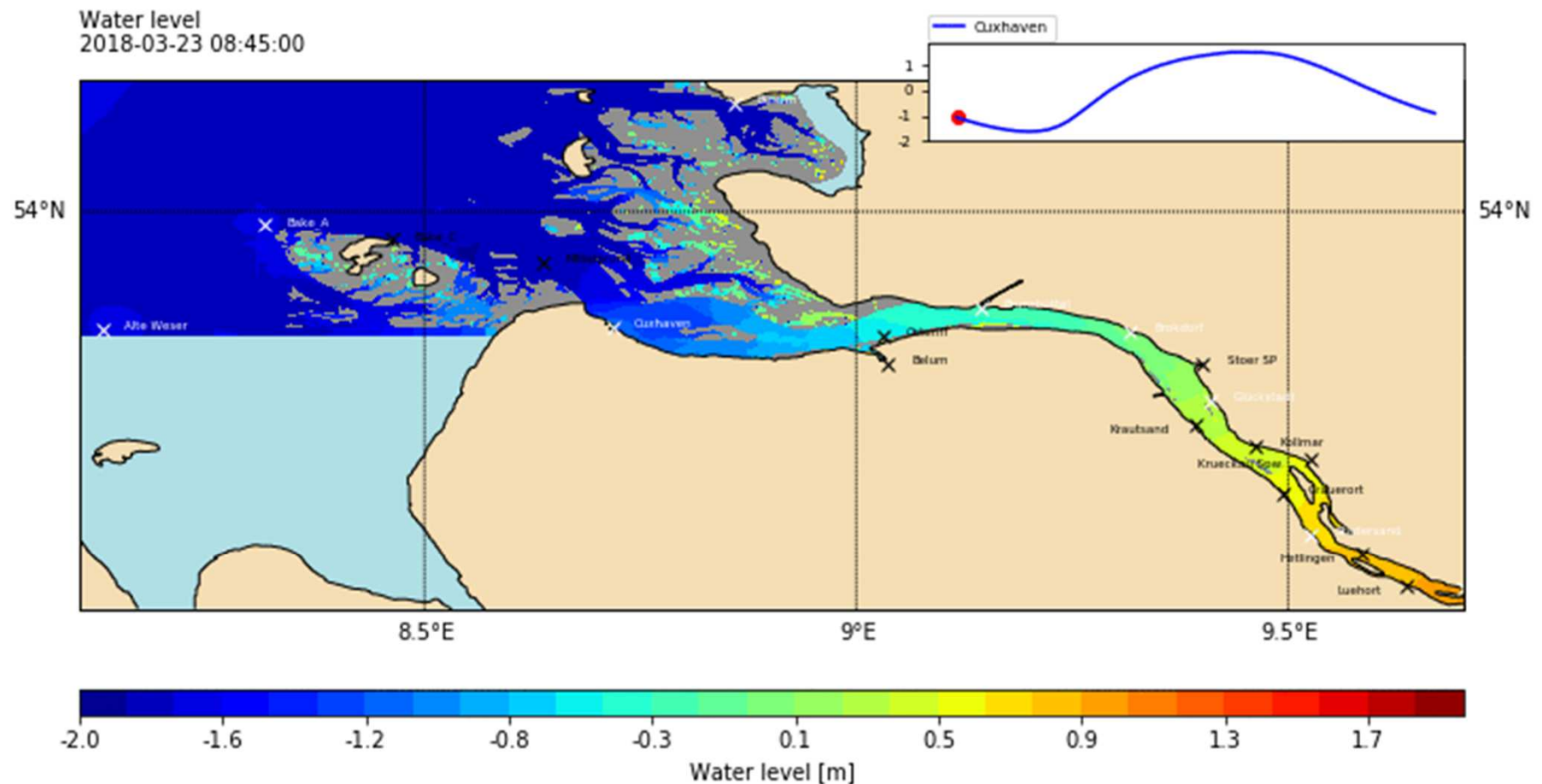


# Generierung dynamischer Wasserstandsflächen

## Erste Ergebnisse



Zeitliche Entwicklung der Wasserstände:



## Validierung:

- Die Validierung erfolgt mit Beobachtungsdaten von Pegelonline an Punkten, wo keine MOS-Daten integriert wurden
- Verschiedene Interpolationsverfahren werden getestet
- Berechnung wichtiger statistischer Größen
  - Bias, RMSE, Korrelationen etc.
- Numerische Modellvorhersage dient als Referenz

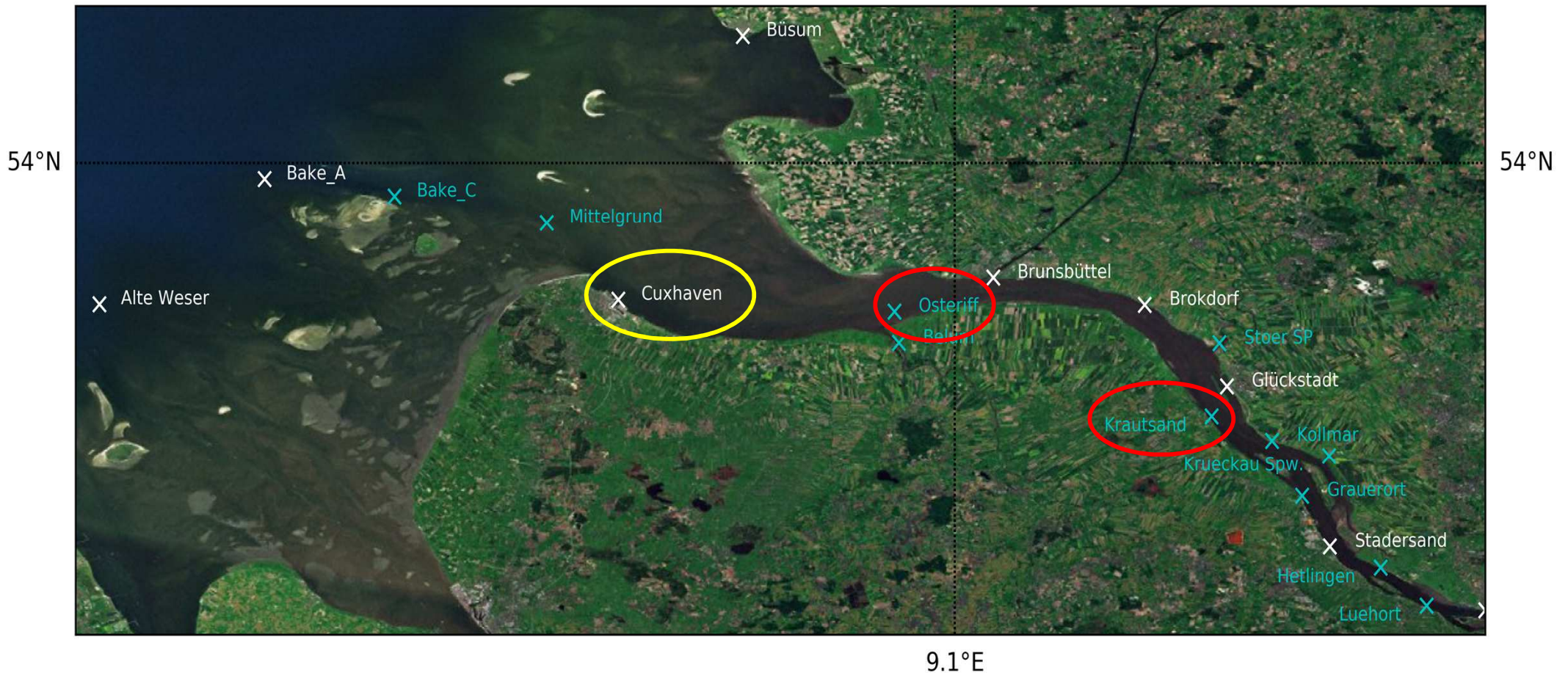


# Generierung dynamischer Wasserstandsflächen

Validierung der interpolierten Flächen



## Beispielhafte Validierung für einzelne Standorte





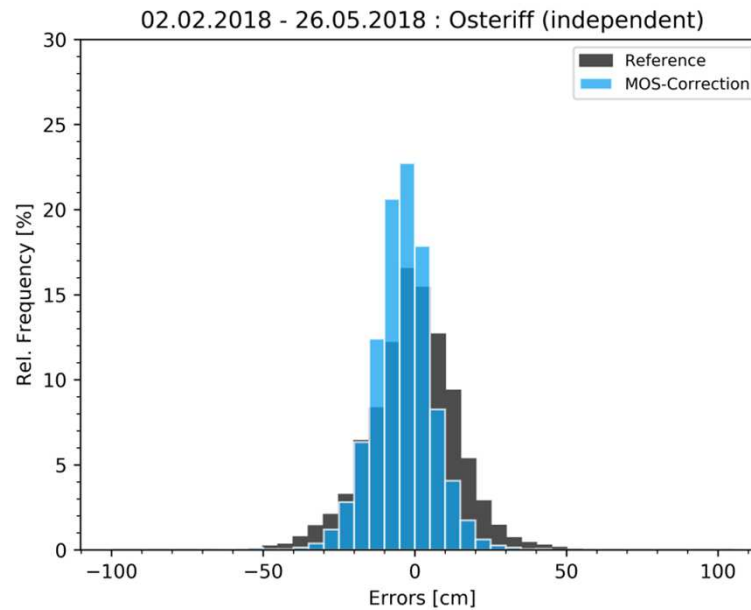
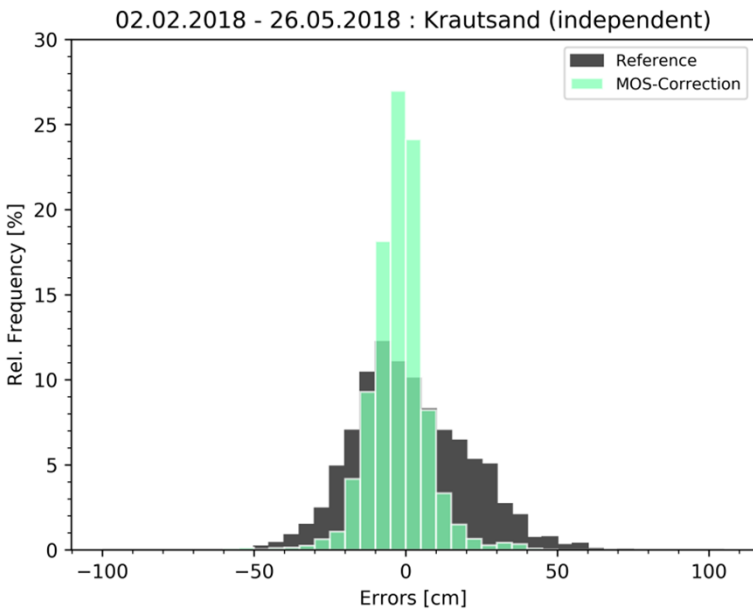
# Generierung dynamischer Wasserstandsflächen

## Validierung der interpolierten Flächen

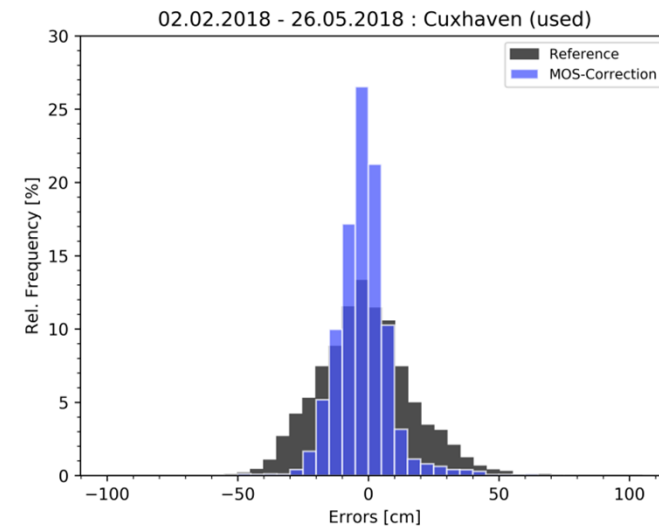


### Relative Häufigkeit der Vorhersagefehler [cm] im 0h-24h Vorhersage Intervall

#### Unabhängige Punkte



#### MOS-Punkt



#### IDW

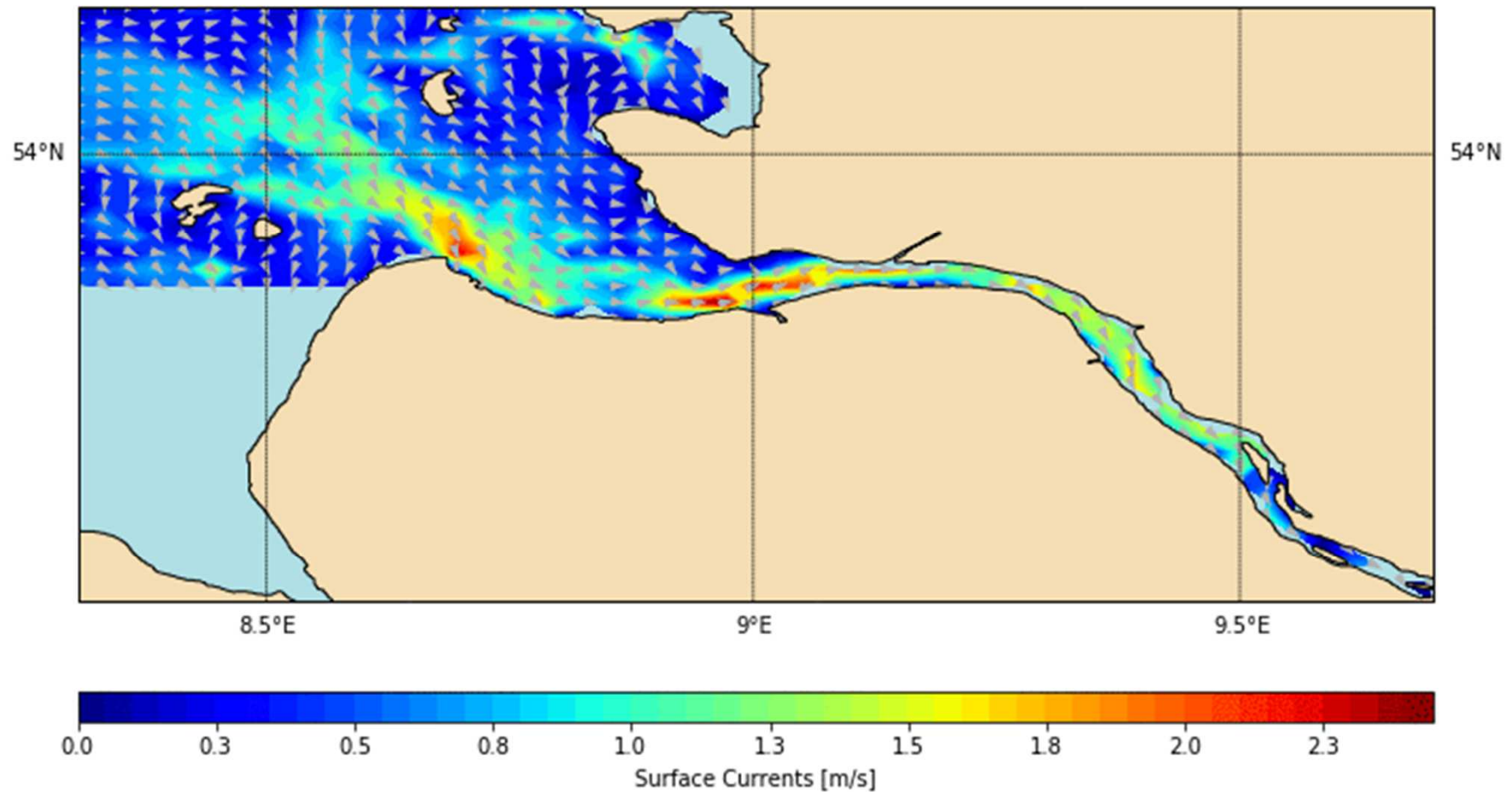
Standort	Bias <sub>(REF)</sub>	Bias <sub>(IDW)</sub>	RMSE <sub>(REF)</sub>	RMSE <sub>(IDW)</sub>
Cuxhaven	-1.2	-2.0	17.2	10.4
Osteriff	-0.8	-3.9	13.9	9.9
Krautsand	1.6	-2.3	18.3	9.4

## Oberflächenströmung

- Prozessierung des numerischen Model-Outputs für Oberflächenströmungen
- Generierung von Testdaten für verschiedenen Gebiete
  - NETCDF4
- Graphische Darstellung und Bereitstellung der Daten
- Konvertierung in HDF5 nach IHO-Standard
  - E.g. S111 (Sea surface currents)

# Aufbereitung weiterer ozeanographischer Parameter - Strömungen

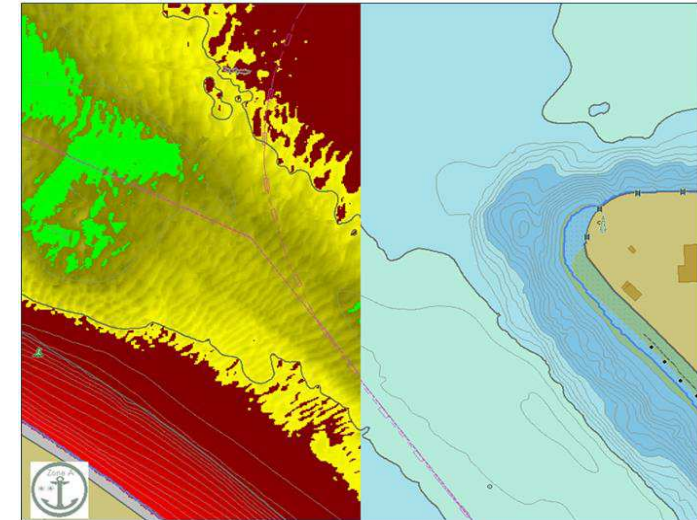
Surface Currents  
2018-03-20 00:16:48



# Ausblick und weiteres Vorgehen



- Fortsetzung der Validierung
  - Längerer Zeitraum, mehr Standorte, Optimierung des Verfahrens
- Konvertierung in IHO-konforme Formate
- Verknüpfung von Wasserstand und Bathymetrie zur aktuellen Wassertiefe
- Generierung von Konturlinien für die Wassertiefe
- Darstellung der Geodaten in elektronischen Seekarten
- Verarbeitung der Daten für Routen und Reiseplanung
- Datentransfer Land – Schiff
- Prä-operationeller Testbetrieb



**BATHYMETRIC SURFACE PRODUCT SPECIFICATION**

Edition 1.0.0 – April 2012

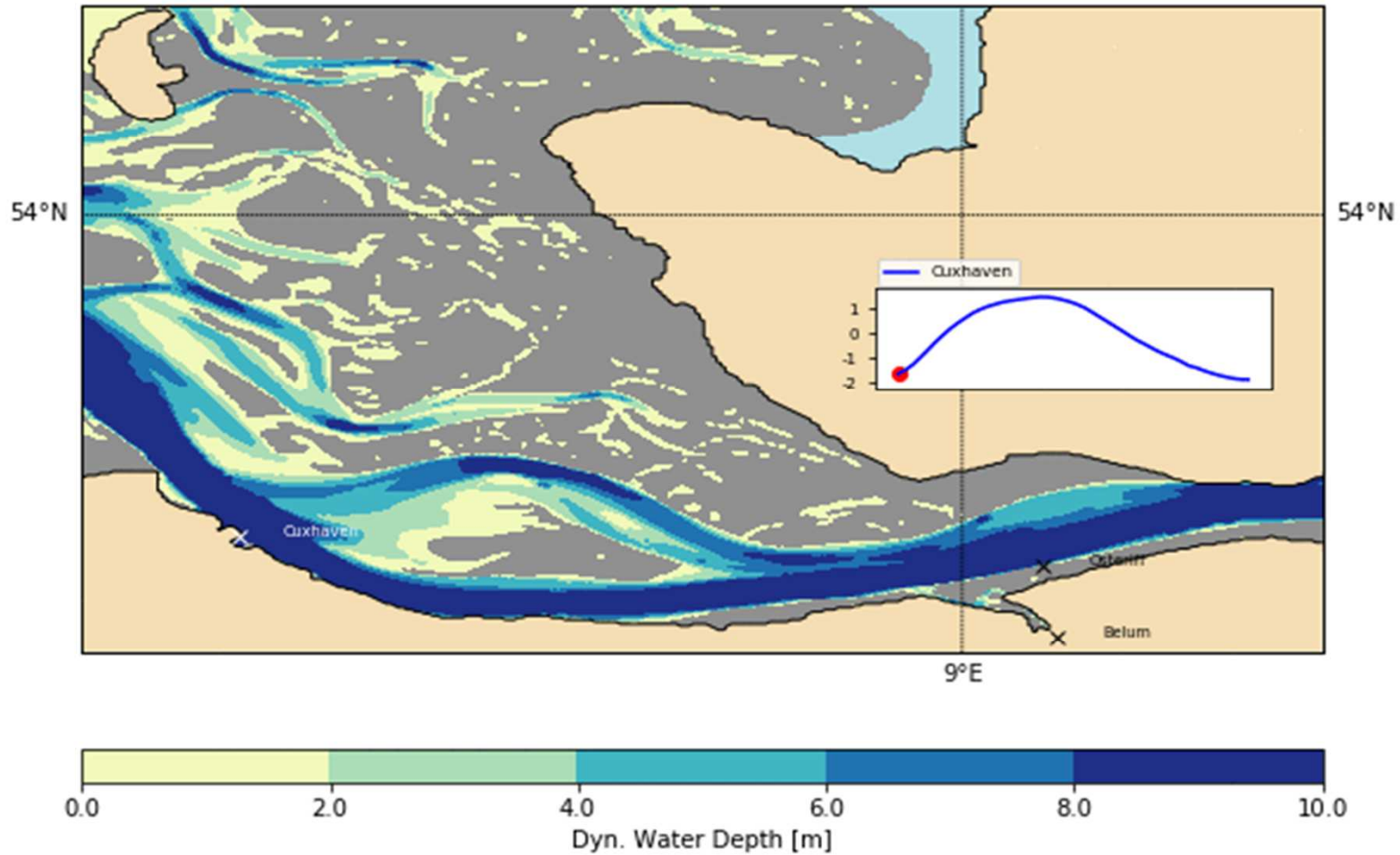
IHO Publication S-102



# Ausblick: Dynamische Wassertiefe



Dyn. Water Depth  
2018-05-29 07:15:00



Vielen Dank!



BUNDESAMT FÜR  
SEESCHIFFFAHRT  
UND  
HYDROGRAPHIE

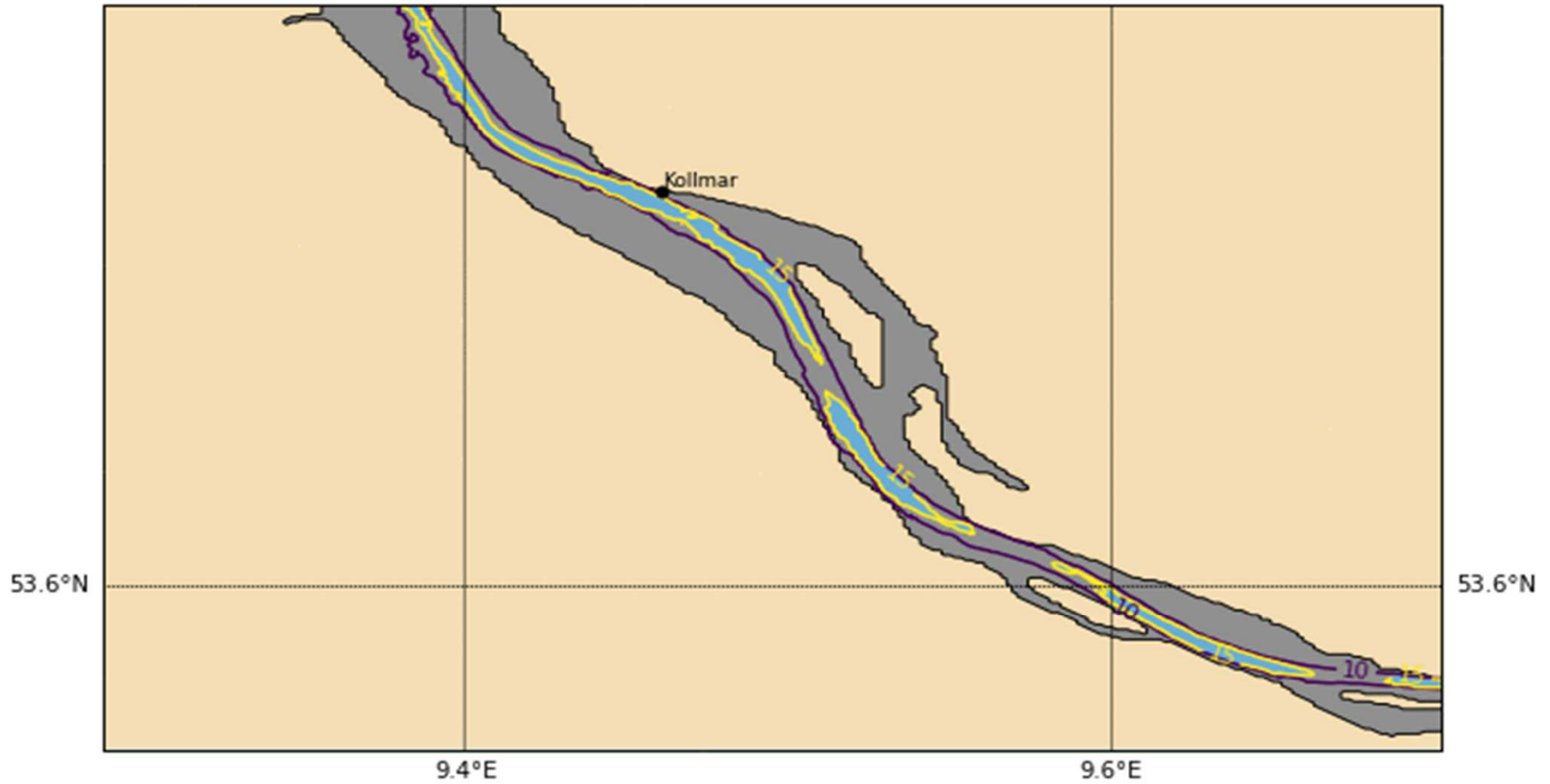


ImoNav wird durch das BMVI gefördert, FKZ: 19F20118A-C

# Safety Contour (???)



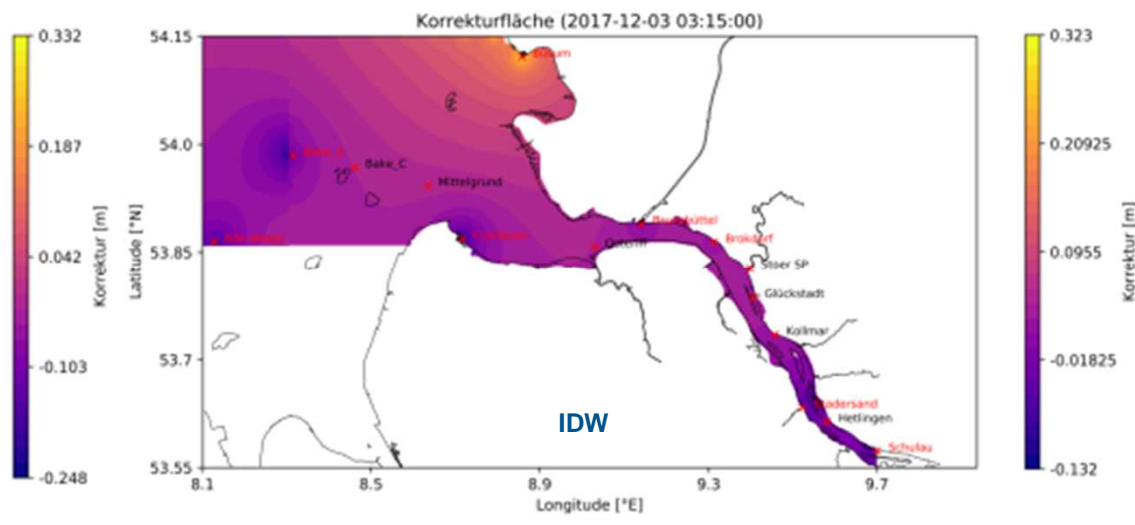
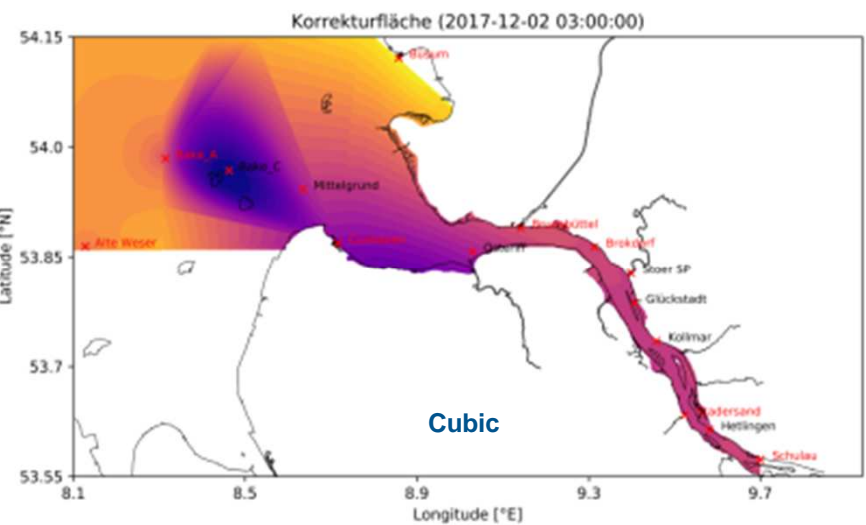
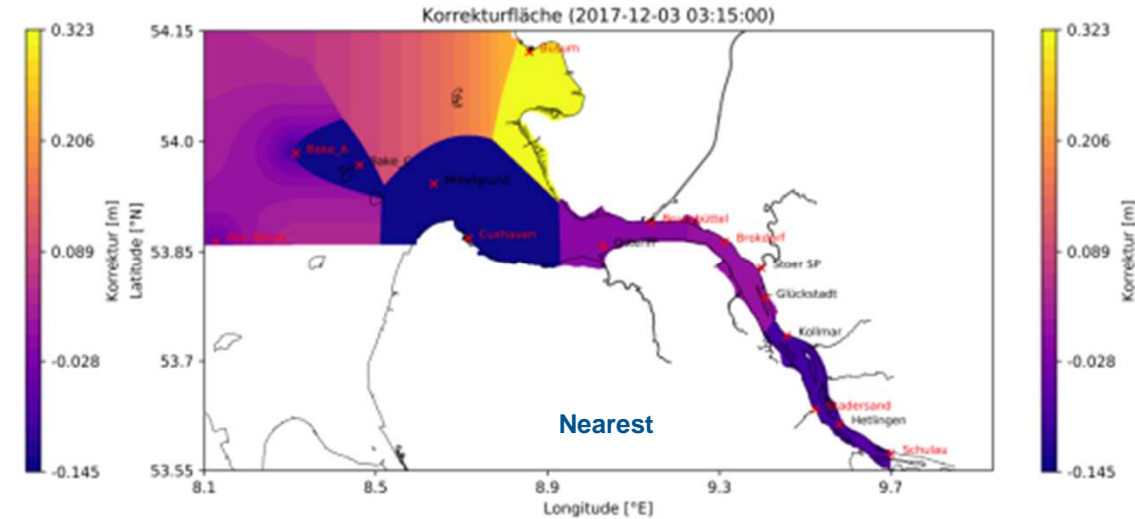
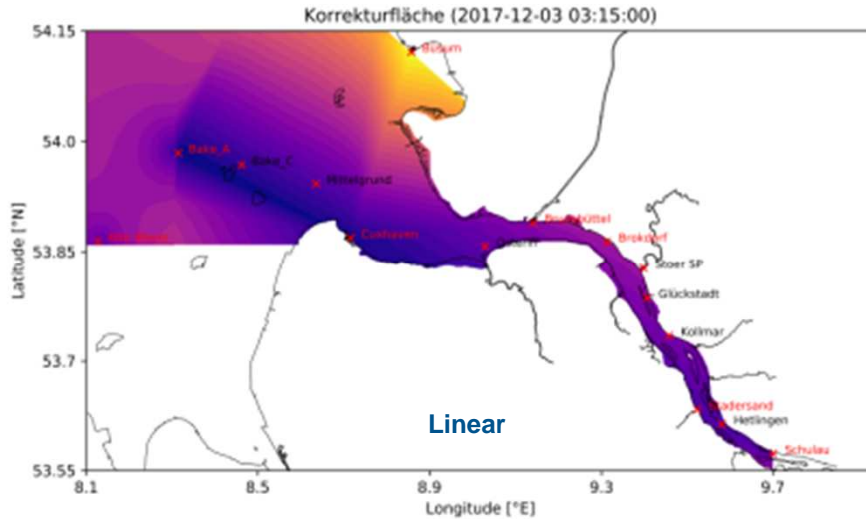
Safety-Corridor (15m & 10 m)  
2018-05-23 14:45:00





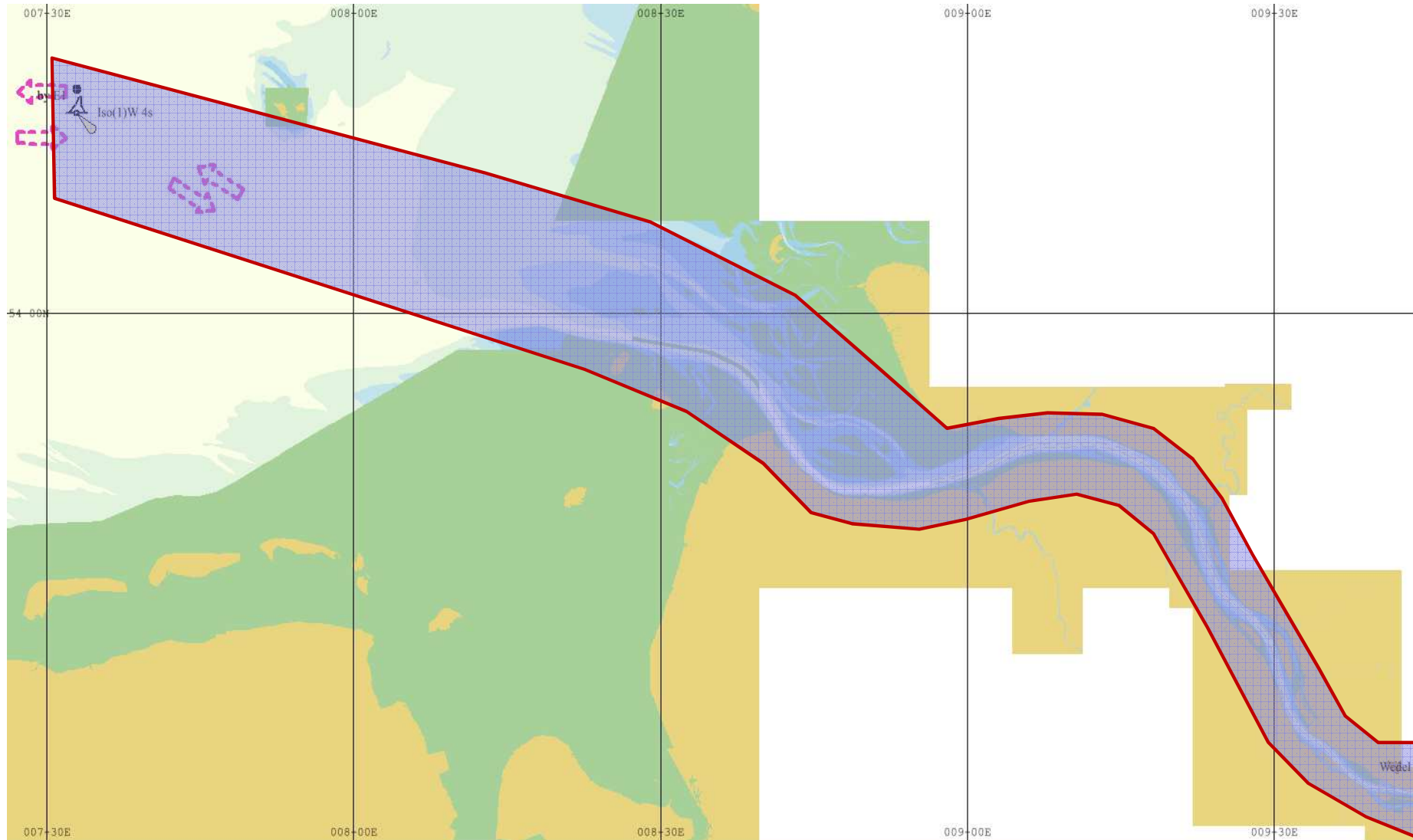
# Generierung dynamischer Wasserstandsflächen

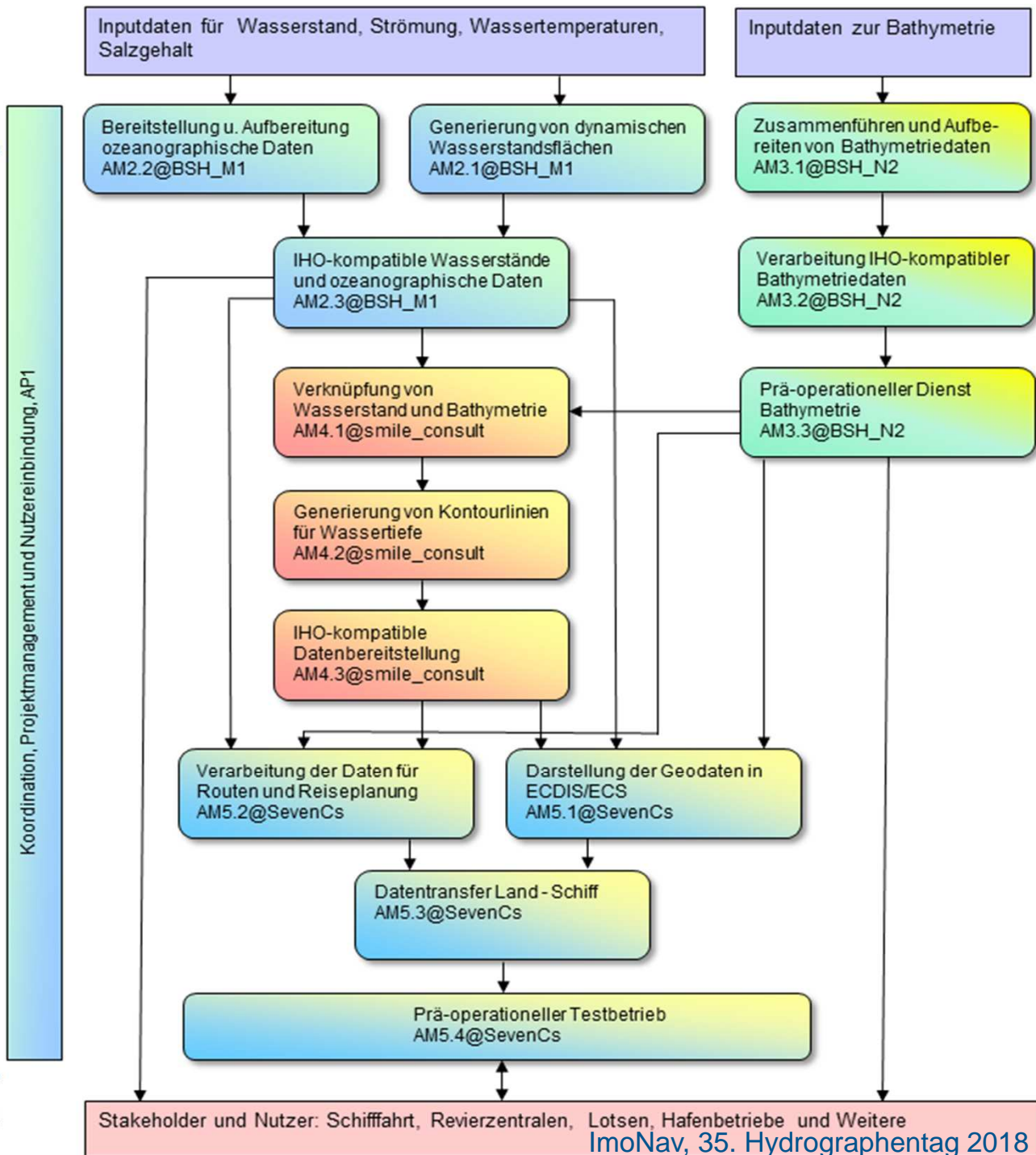
## Validierung: Vergleich der interpolierten Flächen





# Demonstrations- und Testgebiet





## Projektstruktur

### 5 Arbeitspakete:

- Koordination
- Ozeanographische Daten (BSH, M1)
- Hydrographische Daten (BSH, N2)
- Verknüpfung und Datenbereitstellung (smile consult)
- Kommunikation und Darstellung (SevenCs)