



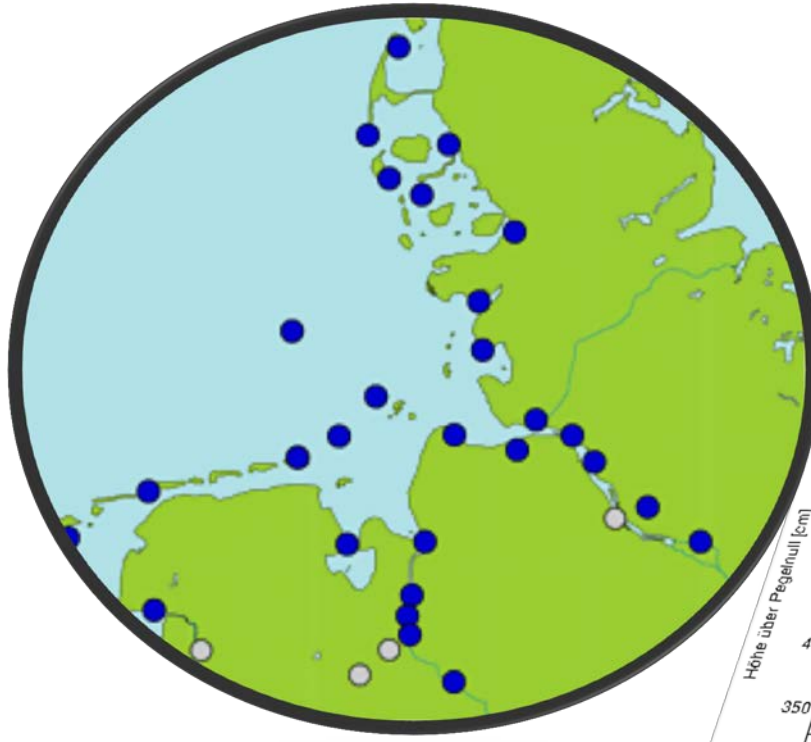
Entwicklung einer Methodik zur Wasserstandsvorhersage entlang der gesamten deutschen Nordseeküste



Sebastian Niehüser, Arne Arns, Sönke Dangendorf, and Jürgen Jensen
Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)



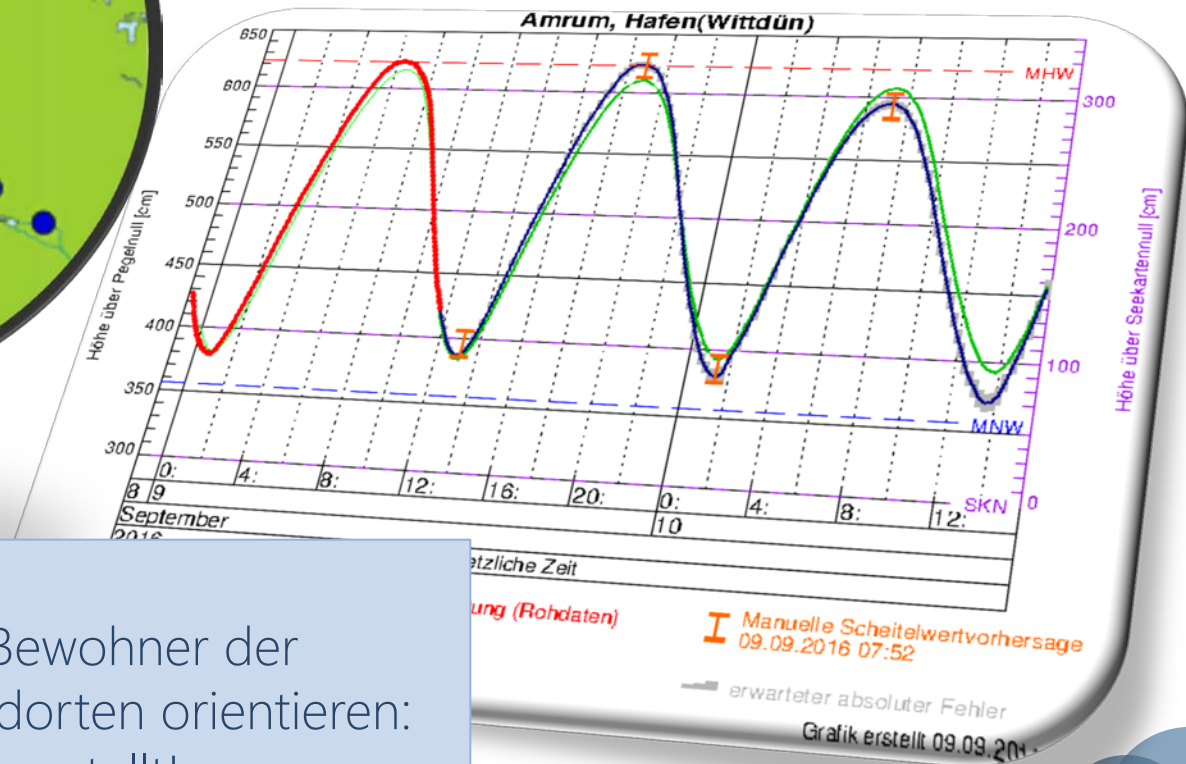
Motivation



Aktuell: Punktuelle
Sturmflutvorhersage

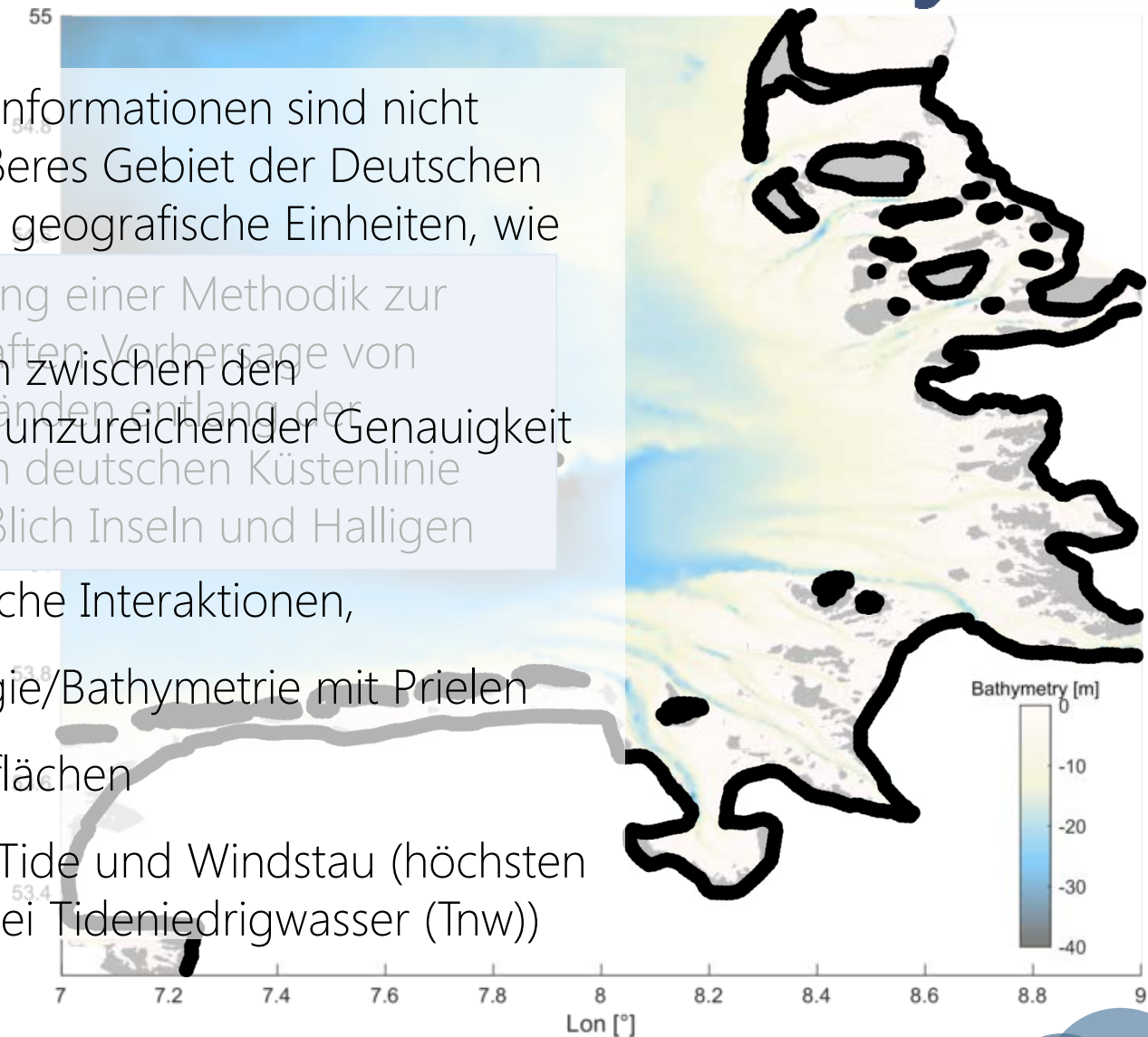
„Xaver“ Dezember, 2013:

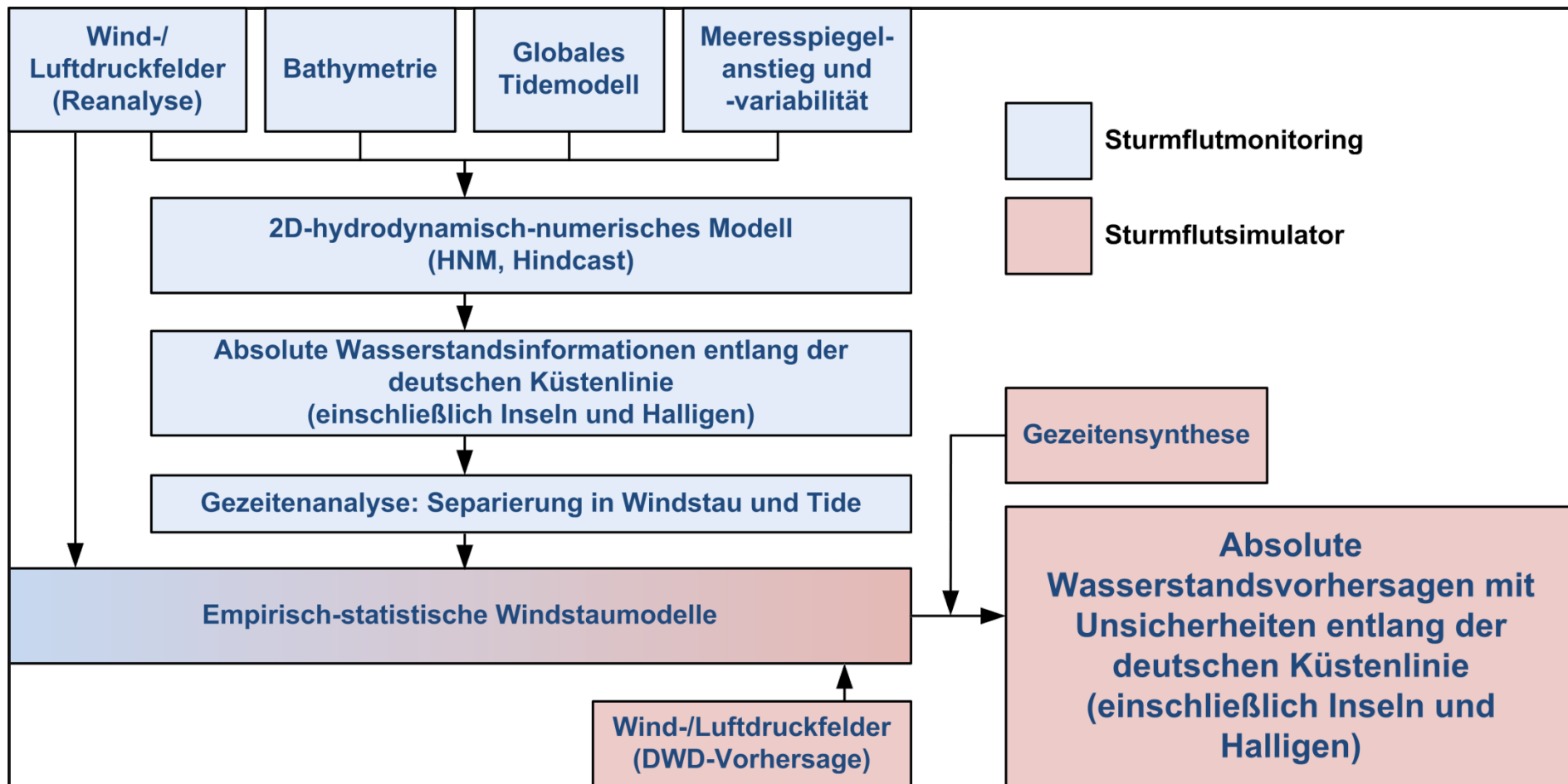
Beispielsweise mussten sich Bewohner der
Halligen an bepegelten Standorten orientieren:
→ Große Abweichungen festgestellt!



Motivation

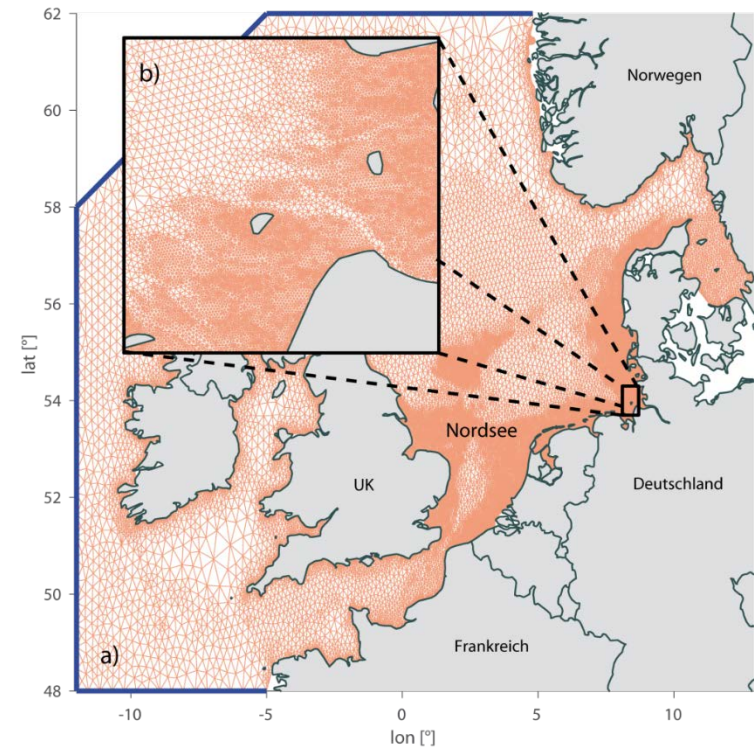
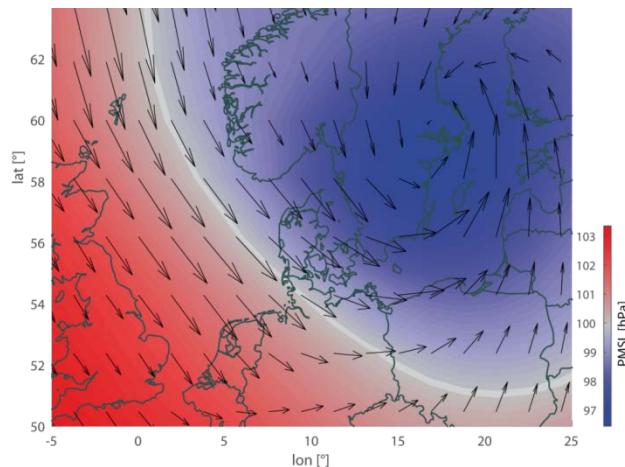
- Punktuelle Wasserstandsinformationen sind nicht repräsentativ für ein größeres Gebiet der Deutschen Bucht oder auch kleinere geografische Einheiten, wie z. B. eine Hallig:
 Projektziele:
 - einfache Interpolation zwischen den Pegelstandorten von unzureichender Genauigkeit
- Gründe:
 - nichtlineare, dynamische Interaktionen,
 - komplexe Morphologie/Bathymetrie mit Prielen
 - trockenfallende Wattflächen
 - Interaktion zwischen Tide und Windstau (höchsten Windstauereignisse bei Tideniedrigwasser (Tnw))





HNM (Hindcast)

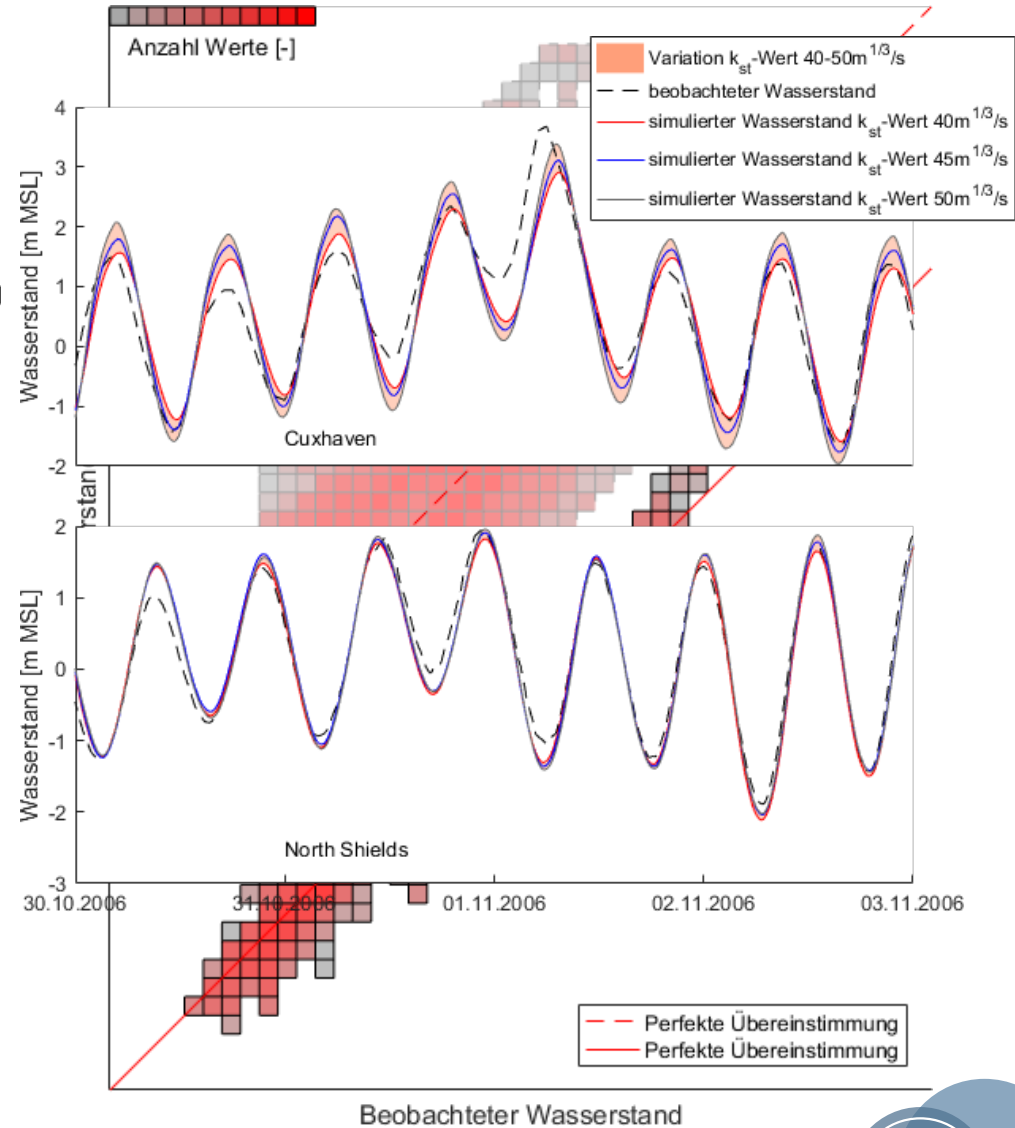
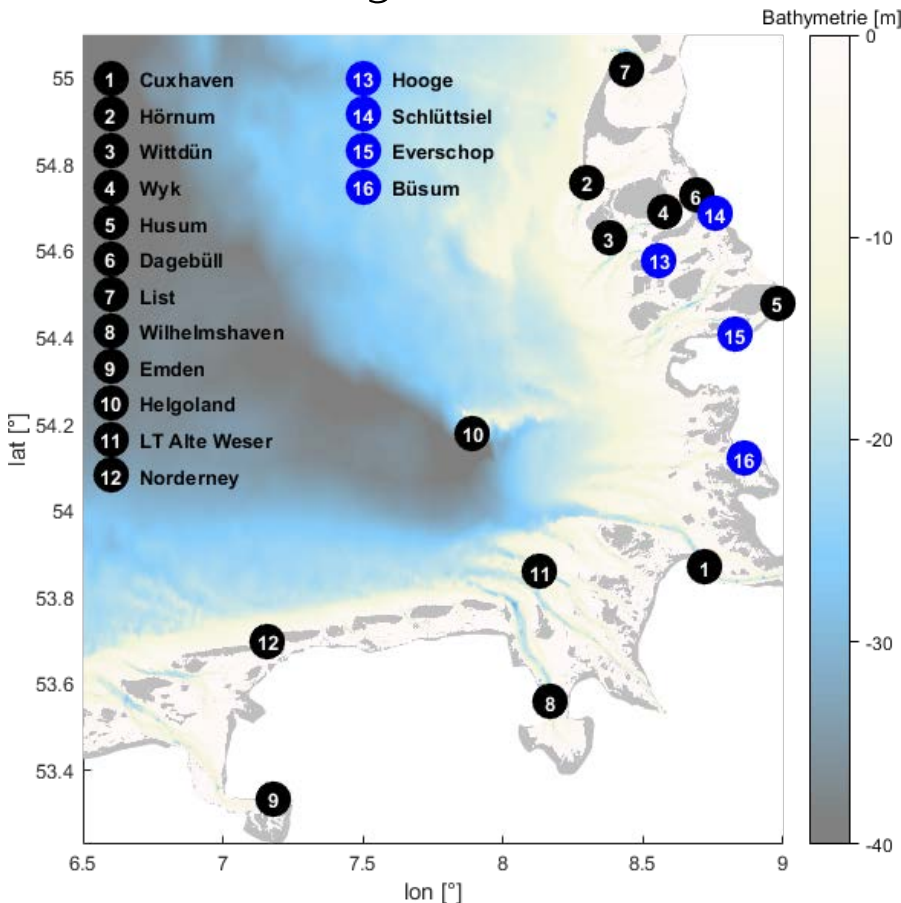
- Wind- und Luftdruckfelder
 - NOAA-CIRES 20th Century Reanalysis Version 2
- Bathymetrie
 - AufMod and GEBCO
- Globales Tidemodell
 - DTU10 Ocean Tide model
- Meeresspiegelanstieg und –variabilität
 - Altimeterdaten



- Adaptives Rechengitter
 - Anpassung der Gittergröße an zugrundeliegende Bathymetrie

HNM (Hindcast)

- Kalibrierung/Validierung
- Durchführung der Modellläufe und Anbringen der Bias-Korrektur



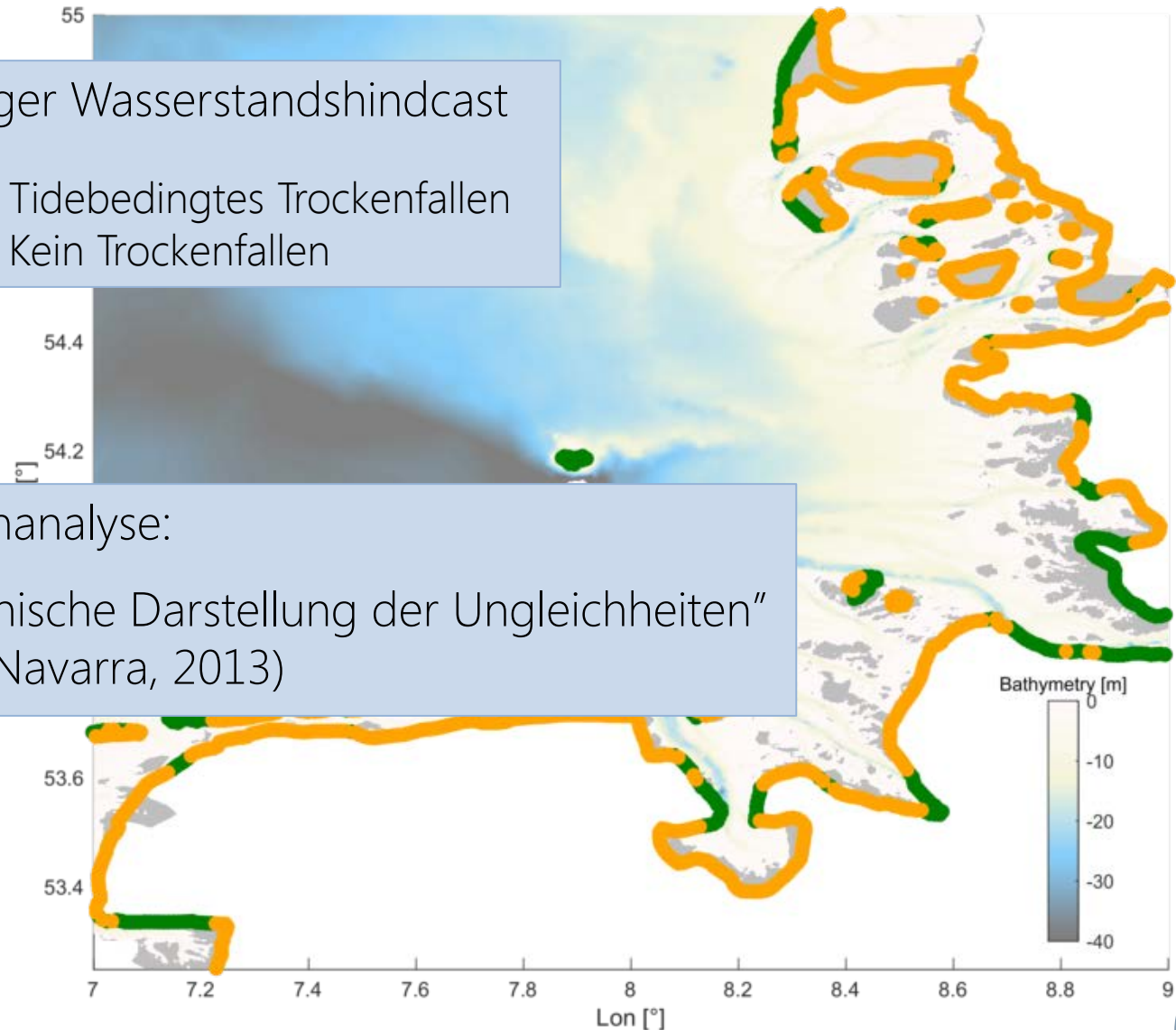
HNM (Hindcast)

15-jähriger Wasserstandshindcast

- Tidebedingtes Trockenfallen
- Kein Trockenfallen

Gezeitenanalyse:

“Harmonische Darstellung der Ungleichheiten”
(Müller-Navarra, 2013)

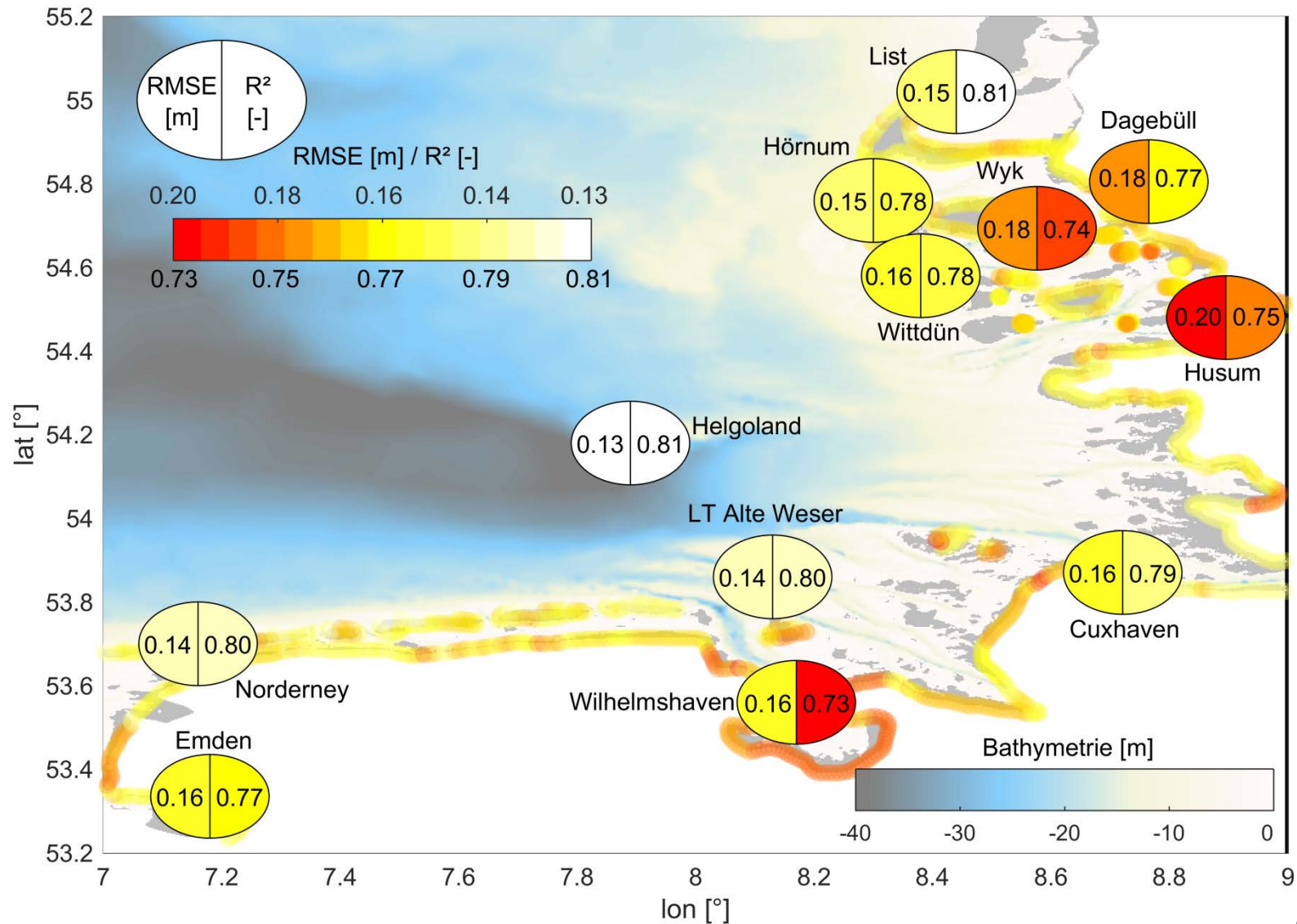


Windstaumodelle

$$S(t) = \sum_{j=0}^n a_j g_j(t) + e(t)$$

- $S(t)$: Windstau zum Zeitpunkt t
 g_j : Prädiktoren (Anzahl abhängig vom Standort)
 a_j : Regressionskoeffizienten
 $e(t)$: verbleibender Fehlerterm (unkorrelierte und normalverteilte Störgröße)
- Die Modelle erfassen primär barotrope Ausgleichsprozesse im Ozean als Reaktion auf Windschub und hydrostatisch wirkende Luftdruckschwankungen.
- Nichtlineare Interaktionen zwischen Tide und Windstau werden berücksichtigt, indem die Modelle für verschiedene Tidephasen unter Verwendung verschiedener Perzentile der astronomischen Tide abgeleitet werden.
- Prädiktoren werden mit einer Zeitverzögerung von bis zu 24 Stunden versehen, um beispielsweise den Einfluss von Fernwellen zu berücksichtigen.

Windstaumodelle

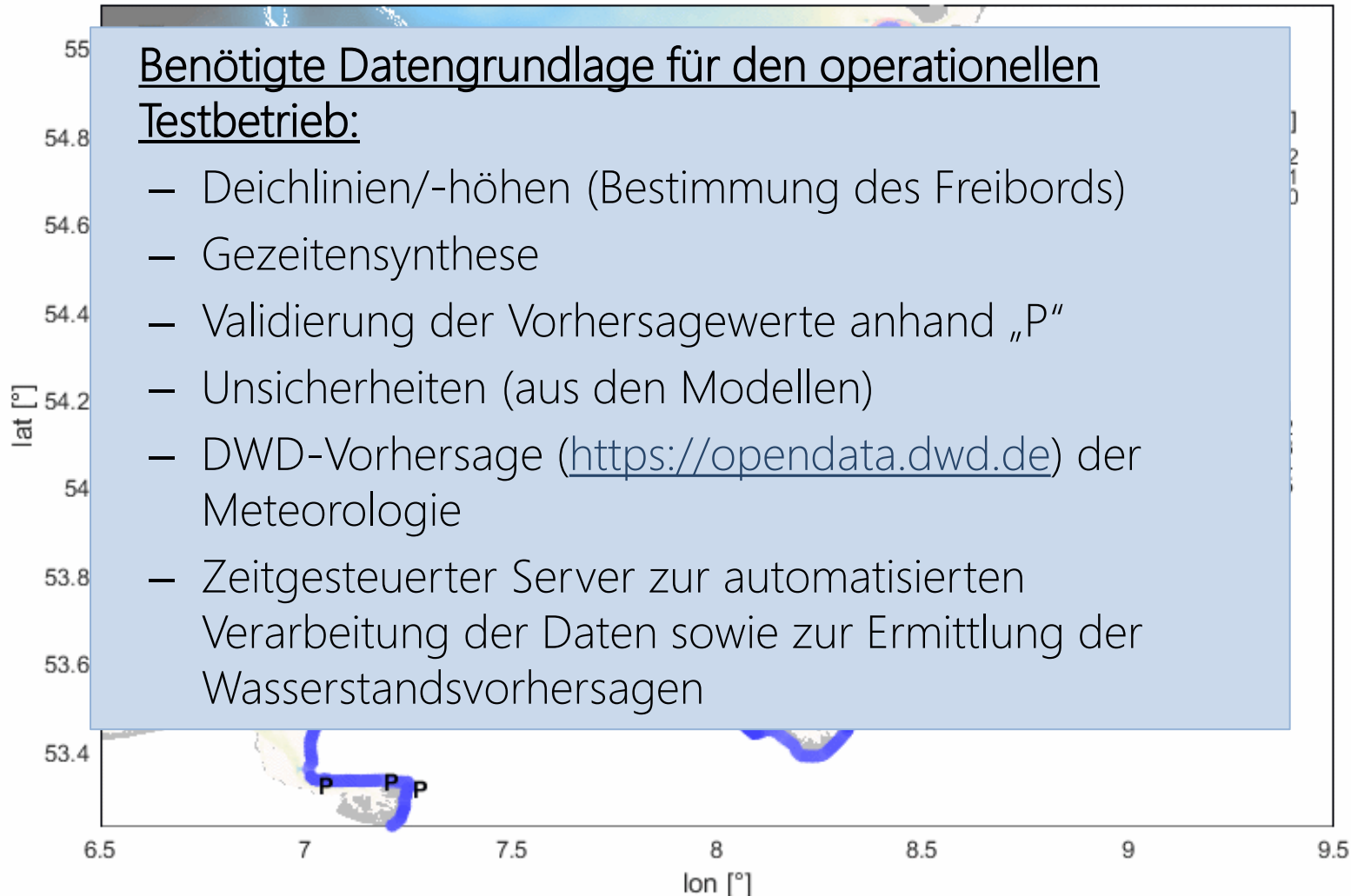


Operationeller Testbetrieb

01.12.13 00:00

Benötigte Datengrundlage für den operationellen Testbetrieb:

- Deichlinien/-höhen (Bestimmung des Freibords)
- Gezeitensynthese
- Validierung der Vorhersagewerte anhand „P“
- Unsicherheiten (aus den Modellen)
- DWD-Vorhersage (<https://opendata.dwd.de>) der Meteorologie
- Zeitgesteuerter Server zur automatisierten Verarbeitung der Daten sowie zur Ermittlung der Wasserstandsvorhersagen



Zusammenfassung

- Der Fokus des Projektes lag auf der Entwicklung einer Methodik zur Erweiterung der existierenden operationellen Wasserstandsvorhersage in Deutschland von einer punktuellen Betrachtung (spezifische Pegelstandorte) auf die gesamte deutsche Küstenlinie (einschließlich Inseln und Halligen).
- Zum ersten Mal wurde eine Modellkette erzeugt, die räumlich als auch zeitlich hochaufgelöste Wasserstandsvorhersagen (Punktabstand ~1 km, Stundenwerte) für die Deutsche Bucht liefert.
- Die Methodik basiert auf der Kombination eines hydrodynamisch-numerischen Modells mit empirisch-statistischen Regressionsansätzen.
- Die Ergebnisse der Modelle zeigen plausible Ergebnisse und wurden anhand eines Sturmflutereignisses sowie in einem operationellen Testbetrieb getestet.
- ABER...

Forschungsbedarf

- ... automatisierte Wasserstandsvorhersagen “per Knopfdruck” sind (noch) nicht möglich!
- Die zur Ableitung der Regressionskoeffizienten verwendeten Reanalyse-Daten weisen eine wesentlich geringere räumliche als auch zeitliche Auflösung im Vergleich zu den meteorologischen Vorhersagen des DWD auf.
- Weitere Validierung der Wasserstandsvorhersagen anhand von Pegelbeobachtungen erforderlich (einzelne Sturmflutereignisse reichen nicht aus).
- Optimierung der Sturmflutvorhersage (mittlere Modellgüte maskiert die Performance).
- Kombination der enthaltenen Unsicherheiten der Prozesskette zu einer sinnvollen Gesamt-Unsicherheit führen (HNM/Bias-Korrektur, Gezeitenanalyse/-synthese, empirisch-statistische Windstaumodelle).
- ...

Sebastian Niehüser, M.Sc.
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen
Universität Siegen
Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)
Paul-Bonatz-Str. 9-11
57076 Siegen



Sebastian.niehueser@uni-siegen.de
www.fwu.uni-siegen.de/wb/

EarlyDike

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

fwu

 UNIVERSITÄT
SIEGEN