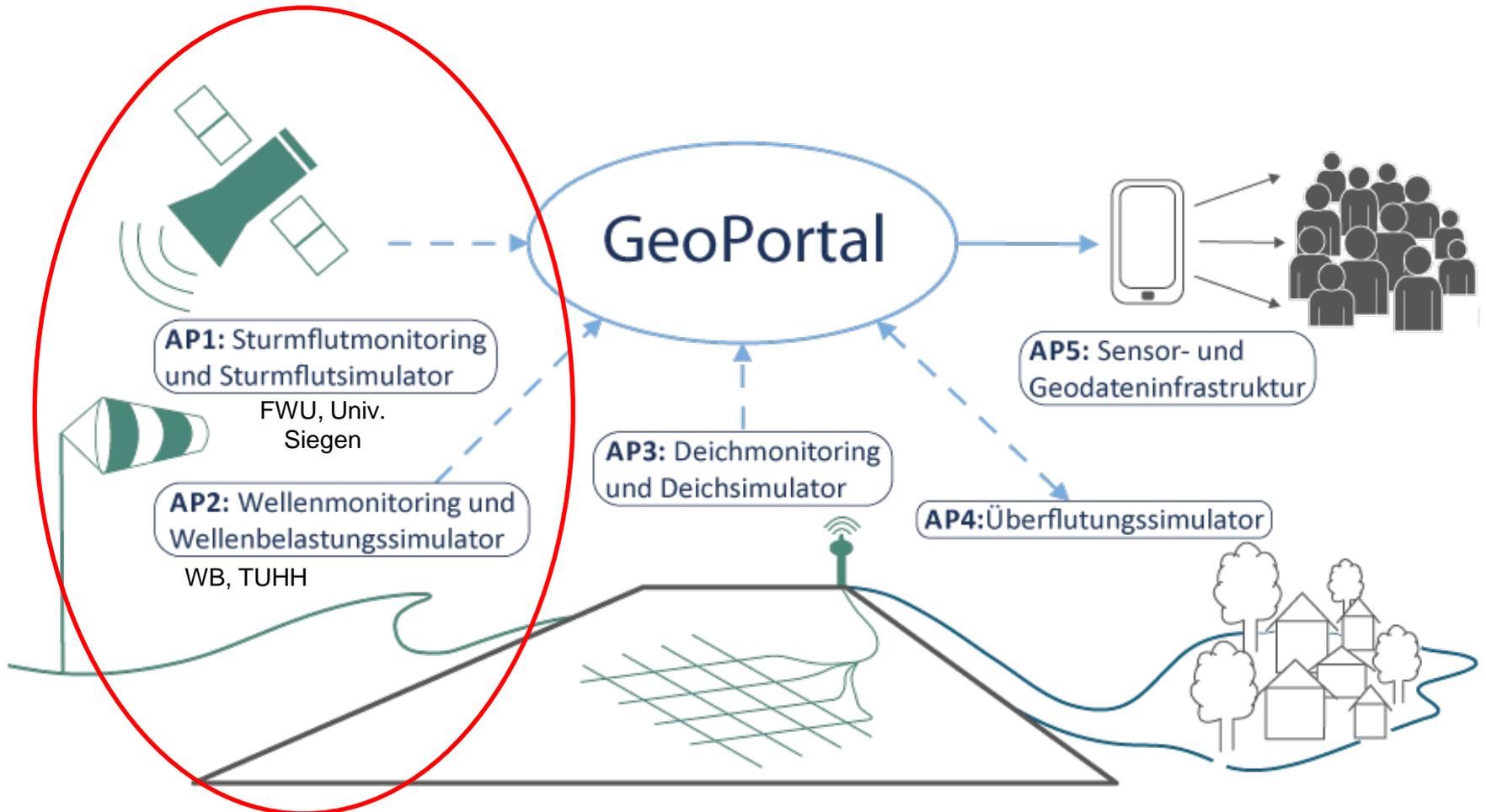


Entwicklung eines Seegangs- und Wellenbelastungssimulators für ein Frühwarnsystem für Seedeiche

Dipl.-Ing. Norman Dreier

Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle



**Äußere Belastungsgrößen
(Wasserstand, Wind, Wellen)**

■ AP2 Seegangsmoitor- und -belastungssimulator

AP2.2

Wave
Monitor

- Langzeit-, Kurzzeit- sowie Nahezu-Echtzeit Seegangsvorhersage
- Wellenmonitoring (Messkette Hydrodynamik)

AP2.3

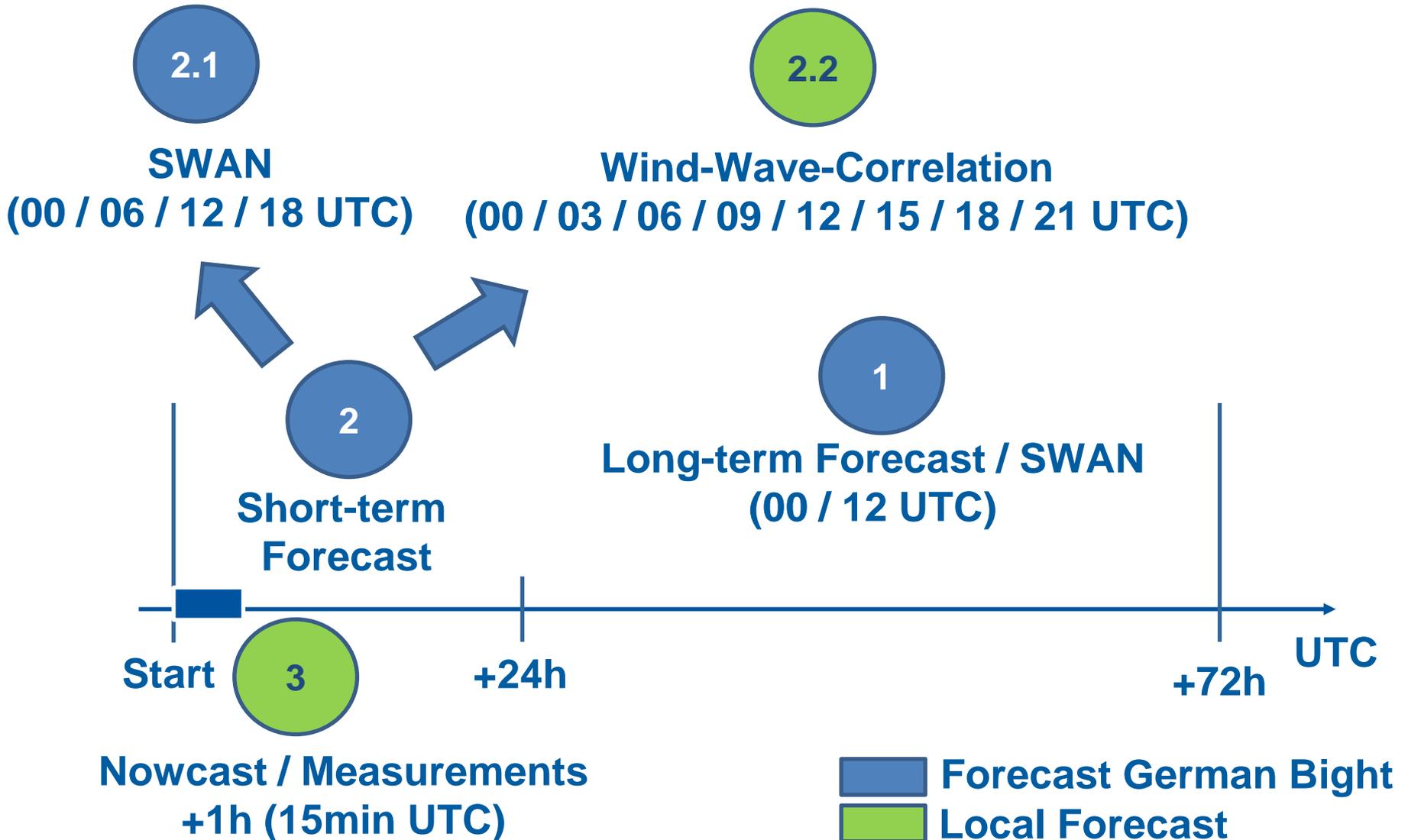
Wave Load
Simulator

- Vorhersage welleninduzierter Belastungen z.B. infolge Wellenauflauf
- Auflaufmonitoring (Messkette Hydrodynamik)

AP2.4

GeoPortal

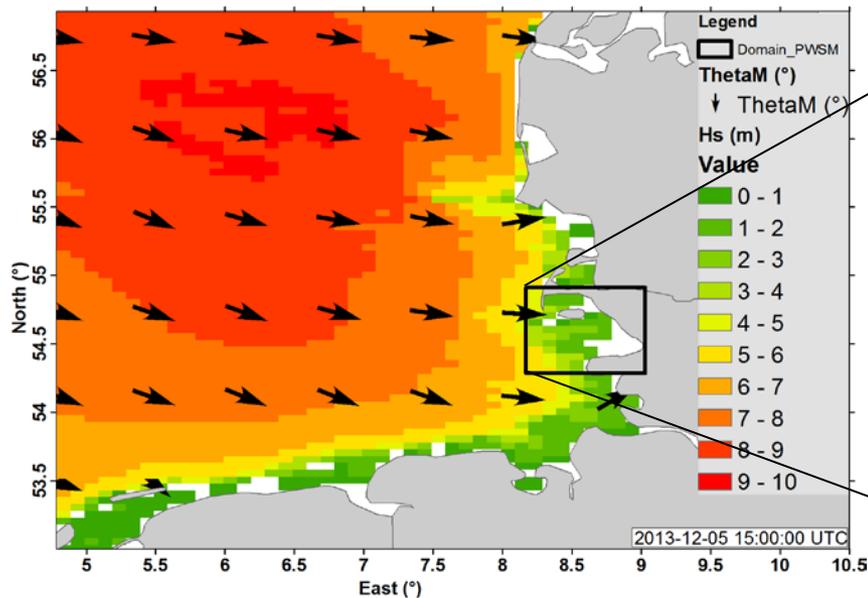
- Einbindung in das Gesamtkonzept
- Datenaustausch



**Nordseemodell (NSSM),
dx=dy=6km, dt=1h**

Wind ICON-EU (DWD) (2xtgl.)

Wasserstand BSHcmod-NO (1xtgl.)

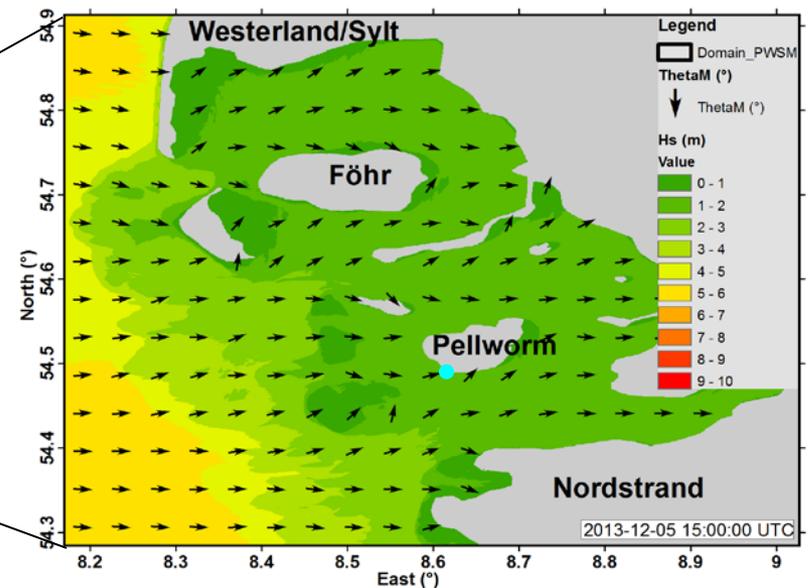


**Einbindung ins GeoPortal
(AP2.4)**

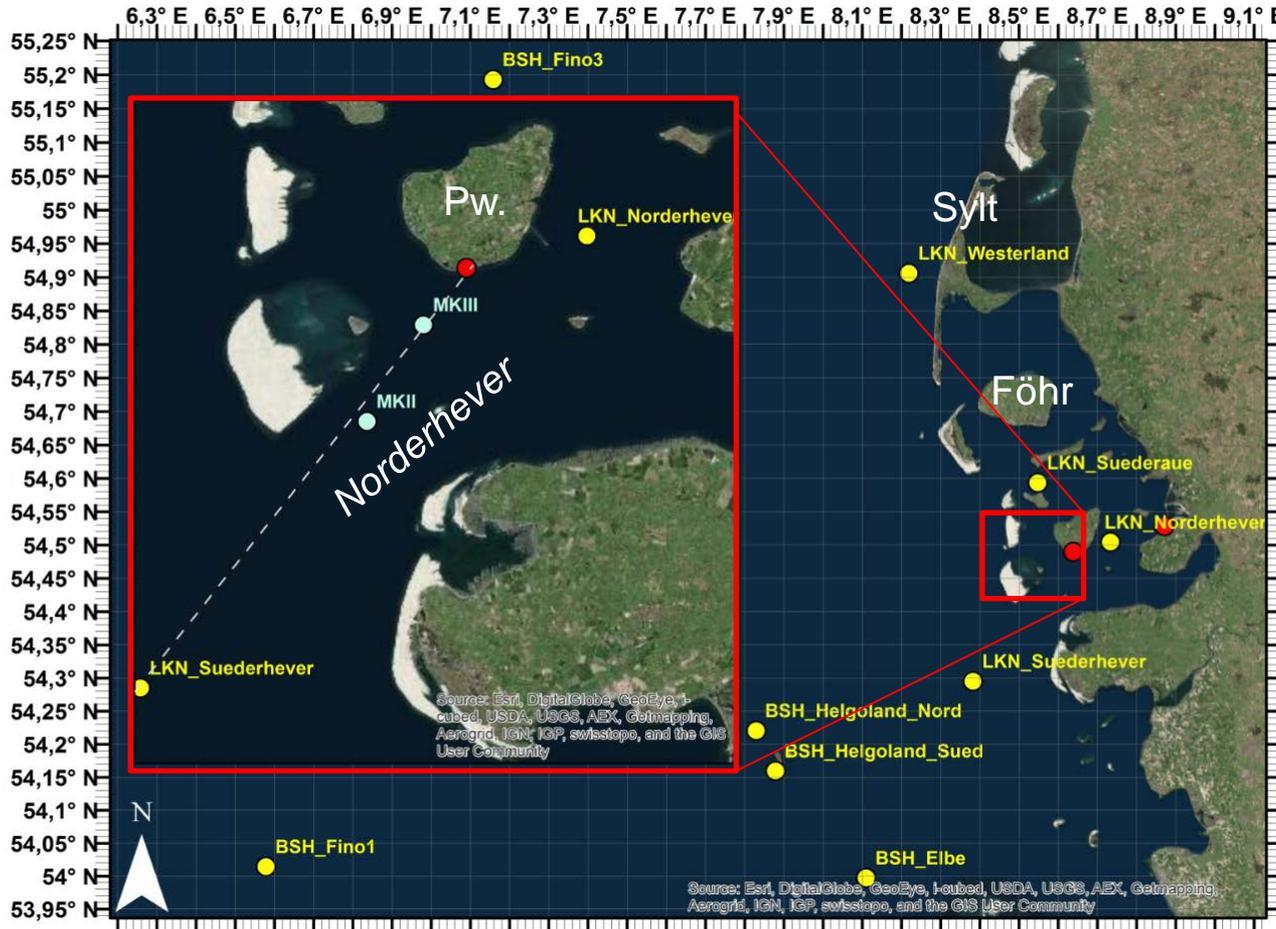
**Detailmodell (PWSM),
dx=dy=50m, dt=1h**

Wind ICON-EU (DWD) (2xtgl.)

Wasserstand BSHcmod/FWU (2xtgl.)



**Seegangsvorhersage
am Deich Untjehörn, Pellworm**



in Kooperation mit:



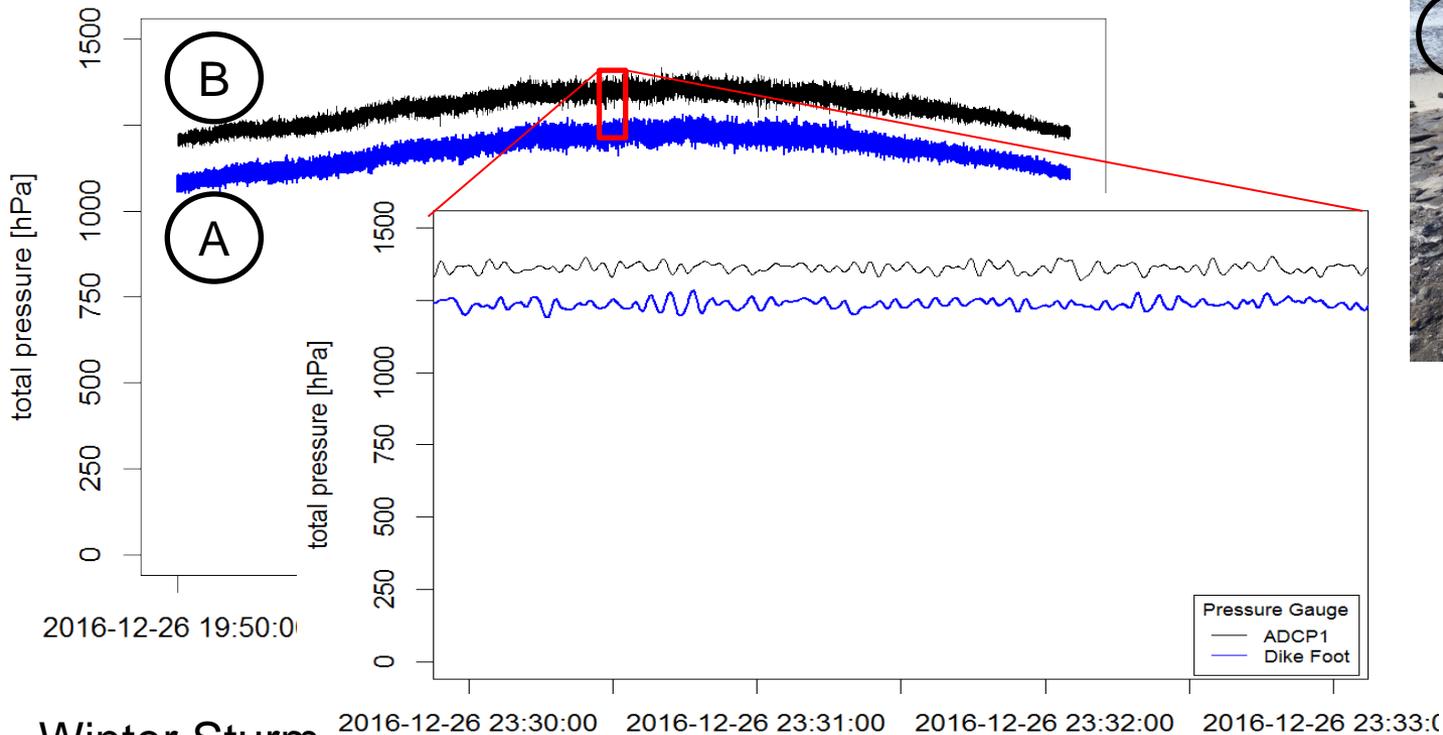
Landesbetrieb für Küstenschutz,
Nationalpark und Meeresschutz
Schleswig-Holstein



- Abschätzung der Unsicherheit der Seegangsvorhersage am Deich/im Deichvorfeld
- Abschätzung der seegangsinduzierten Belastungen im Nahezu-Echtzeit (Nowcast)-Modus



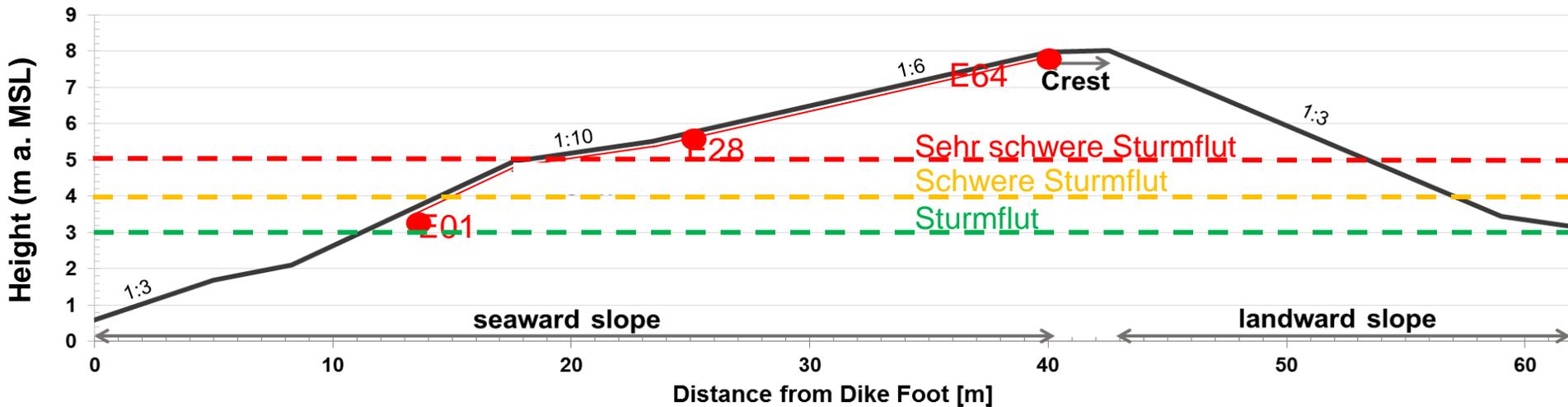
Nahezu-Echtzeit-Modus



Winter Sturm
Barbara
26.12.16

Analyse im Zeit- und Frequenzbereich
→ lokale Seegangparameter und Wasserstand alle
15min

Berechnungsprofil Untjehörn/Pellworm



Mittlere Wellenaufbauhöhe $R_{u2\%}^*$
 → Mean Value Approach, **Eurotop** (2016)

*)

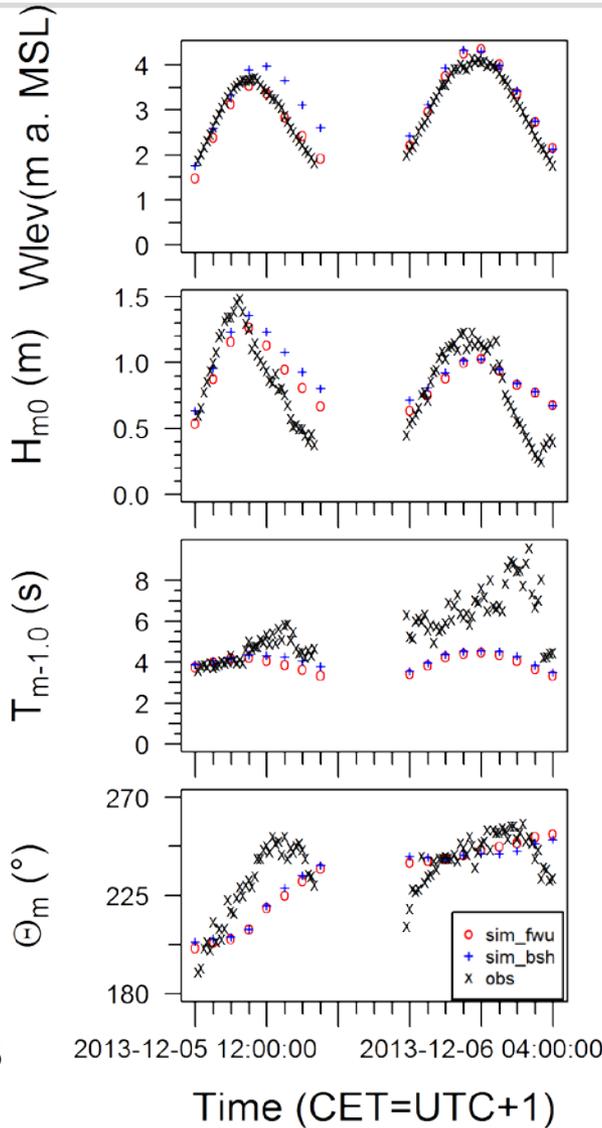
$$R_{u2\%} = H_{m0} \cdot 1.65 \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_{\beta} \cdot \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_{m0}/L_{m-1.0}}}$$

Maximum:

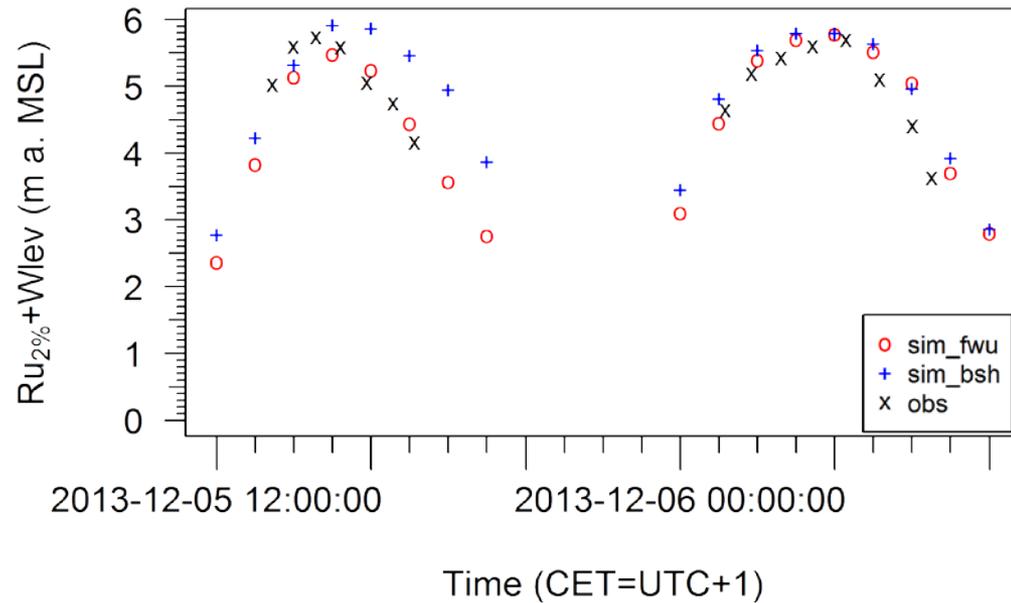
$$R_{u2\%} = H_{m0} \cdot 1.0 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_{\beta} \cdot \left(4 - \frac{1.5}{\sqrt{\gamma_b \cdot \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_{m0}/L_{m-1.0}}}}} \right)$$

**Seegang (SWAN),
50m vor dem Deich: Wasserstand:**

Winter
Sturm
„XAVER“
5-6.12.13

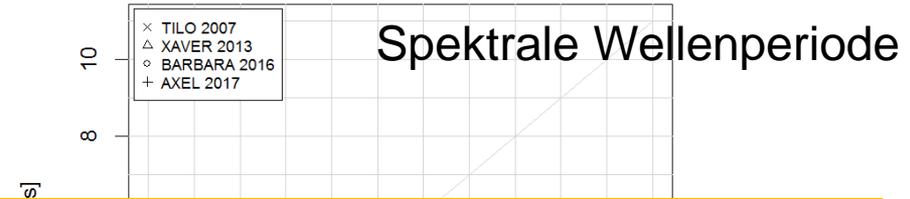
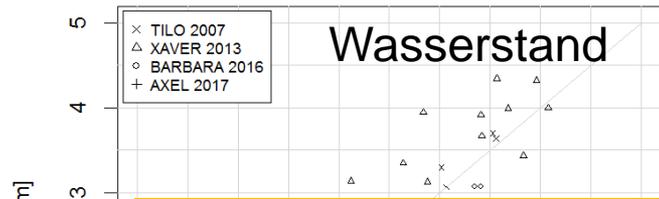


**Wellenauflauf
(EurOtop, 2016)**



- Bewertung der Unsicherheiten der Vorhersage (Seegang und Wellenauflauf) durch Vergleich mit Messdaten der Messkette Hydrodynamik

- Betrachtung ausgewählter Sturmflutereignisse:
 - ✓ Orkantief TILO (8. bis 9. November 2007)
 - ✓ Orkantief XAVER (5. bis 7. Dezember 2013)
 - Stürme ELON und FELIX (9. bis 11. Januar 2015)
 - ✓ Orkantief BARBARA (26. Dezember 2016)
 - ✓ Sturmtief AXEL (04. Januar 2017)
 - Orkantief SEBASTIAN (13. September 2017)

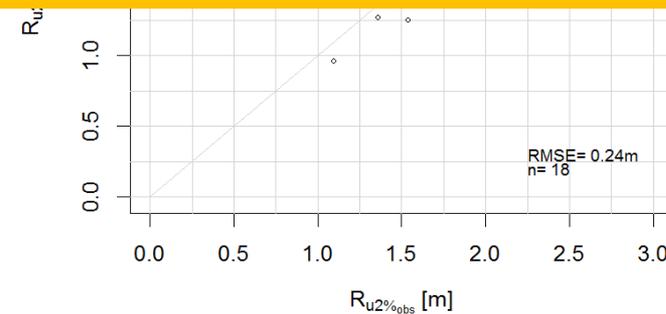
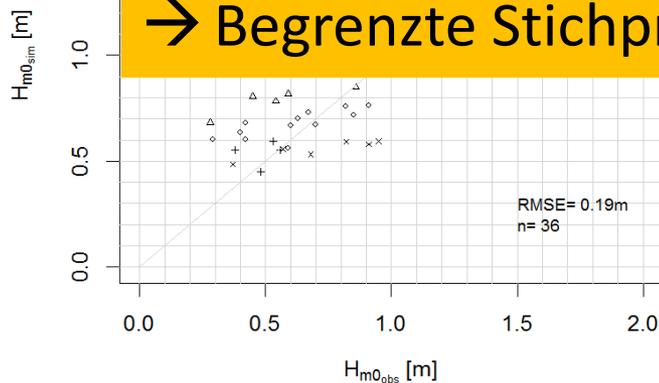


→ Wasserstand, Seegang und Wellenauflauf teilweise unterschätzt und überschätzt (Vorhersage)

→ Systematische Unterschätzung der Wellenperioden (SWAN)

→ Abweichung Wellenauflaufvorhersage basierend auf SWAN-Ergebnissen ~ Wellenauflaufberechnung basierend auf Messdaten am Deichfuß (ca. 11%/17cm)

→ Begrenzte Stichprobenanzahl (Wellenaufaufmessungen)



M2.1) Meilenstein Monitoring:

- Entwicklung und Installation der Messkette für das Seegangs- und Wellenmonitoring
- Pflege, Weiterentwicklung und Optimierung des Monitorings basierend auf M2.1 in Kombination mit den Ergebnissen aus AP1 und AP2.3

M2.2) Meilenstein Wellensimulator:

- Entwicklung und Implementierung des Systems Wellensimulator
- Weiterentwicklung des Wellensimulators und Überführung in den operationellen Betrieb basierend auf M2.2 in Kombination mit den Ergebnissen aus AP1 und AP2.2

M2.3) Meilenstein GeoPortal:

- Anbindung an das GeoPortal AP5 / Einbindung in das Frühwarnsystem

Zukünftiger Forschungsbedarf:

Überführung der entwickelten Methoden (Seegangsmonitor und – Seegangsbelastungssimulator) in eine längere Validierungsphase

- Systemoptimierung und Nachweis der Funktionalität unter operationellen Bedingungen im großtechnischen Versuch und eine verbesserte Datengrundlage (Langzeitmessungen)
- Systemerweiterung durch Verwendung unterschiedliche Antriebsdaten für die Vorhersage von Wasserstand und Seegang (Ensemble-Ansatz)
- Verbesserung der Interoperabilität durch unterschiedliche Vorhersage-Betriebsmodi (Langzeit-, Kurzzeit- sowie Nahezu-Echtzeit-Modus)



Deich Untjehörn, Pellworm