

21. KFKI-Seminar, 10. November 2016, Bremerhaven

EarlyDike[®]

Entwicklung eines sensor- und risikobasierten Frühwarnsystems für Seedeiche



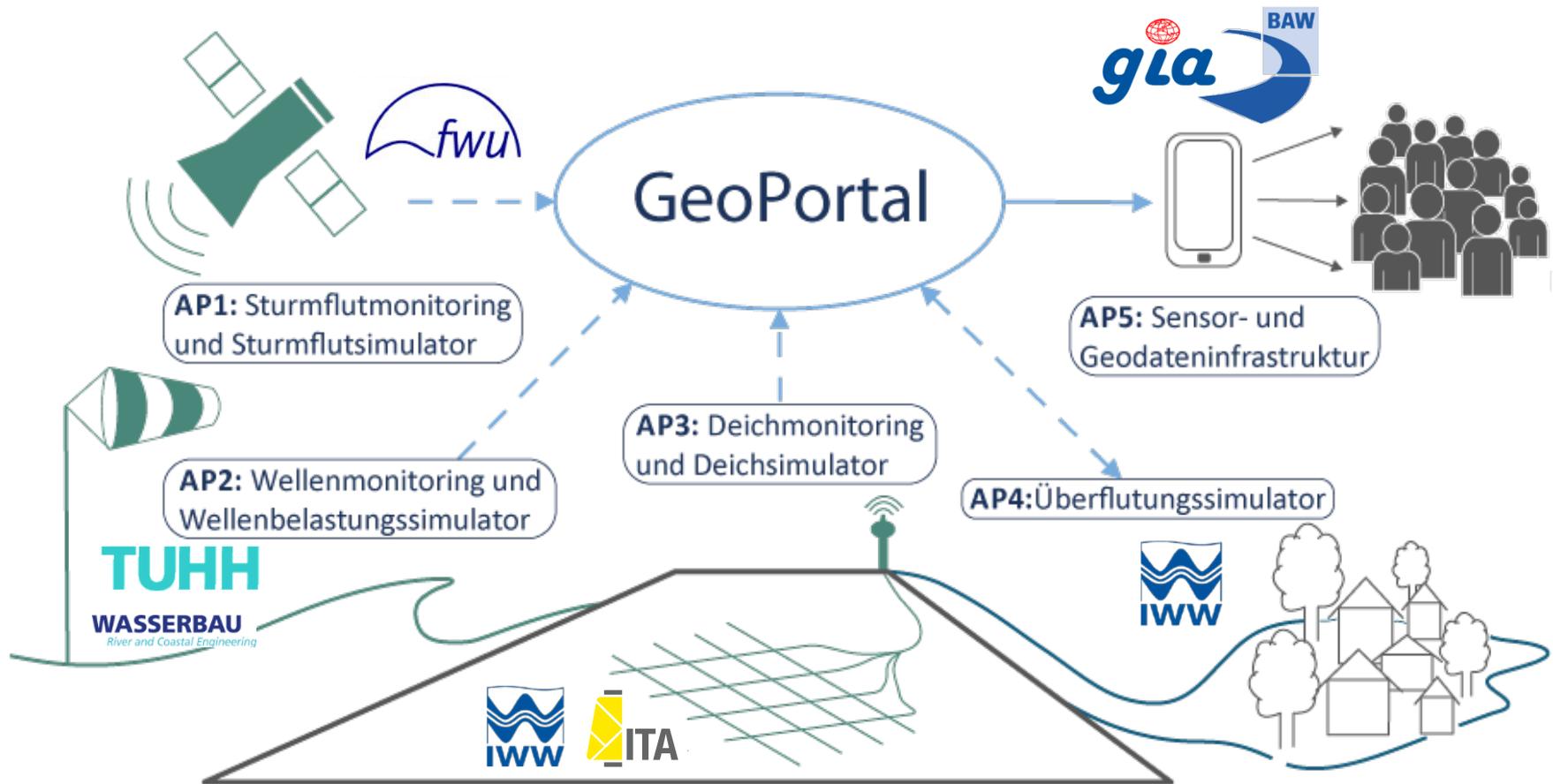
Verena Krebs, M.Sc.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
der RWTH Aachen University

- Existierende Frühwarnsysteme für Seedeiche
 - basieren ausschließlich auf der Vorhersage von Wasserständen
 - beachten keine weiteren relevanten Belastungsgrößen wie z.B. Strömungen, windinduzierte Wellen und deren Auswirkungen
 - berücksichtigen nicht die Widerstandsfähigkeit des Bauwerks selbst
- Ziel: Sensor- und risikobasiertes Frühwarnsystem für Hochwasserschutzanlagen am Beispiel von Seedeichen unter **Berücksichtigung aller relevanten Prozesse**





Institut für Wasserbau und
Wasserwirtschaft (IWW)

www.iww.rwth-aachen.de



Geodätisches Institut (gia)

www.gia.rwth-aachen.de



Institut für Textiltechnik (ITA)

www.ita.rwth-aachen.de



Institut für Wasserbau,
TU Hamburg Harburg (TUHH WB)

www.tuhh.de/wb/



Forschungsinstitut Wasser und
Umwelt, Universität Siegen (fwu)

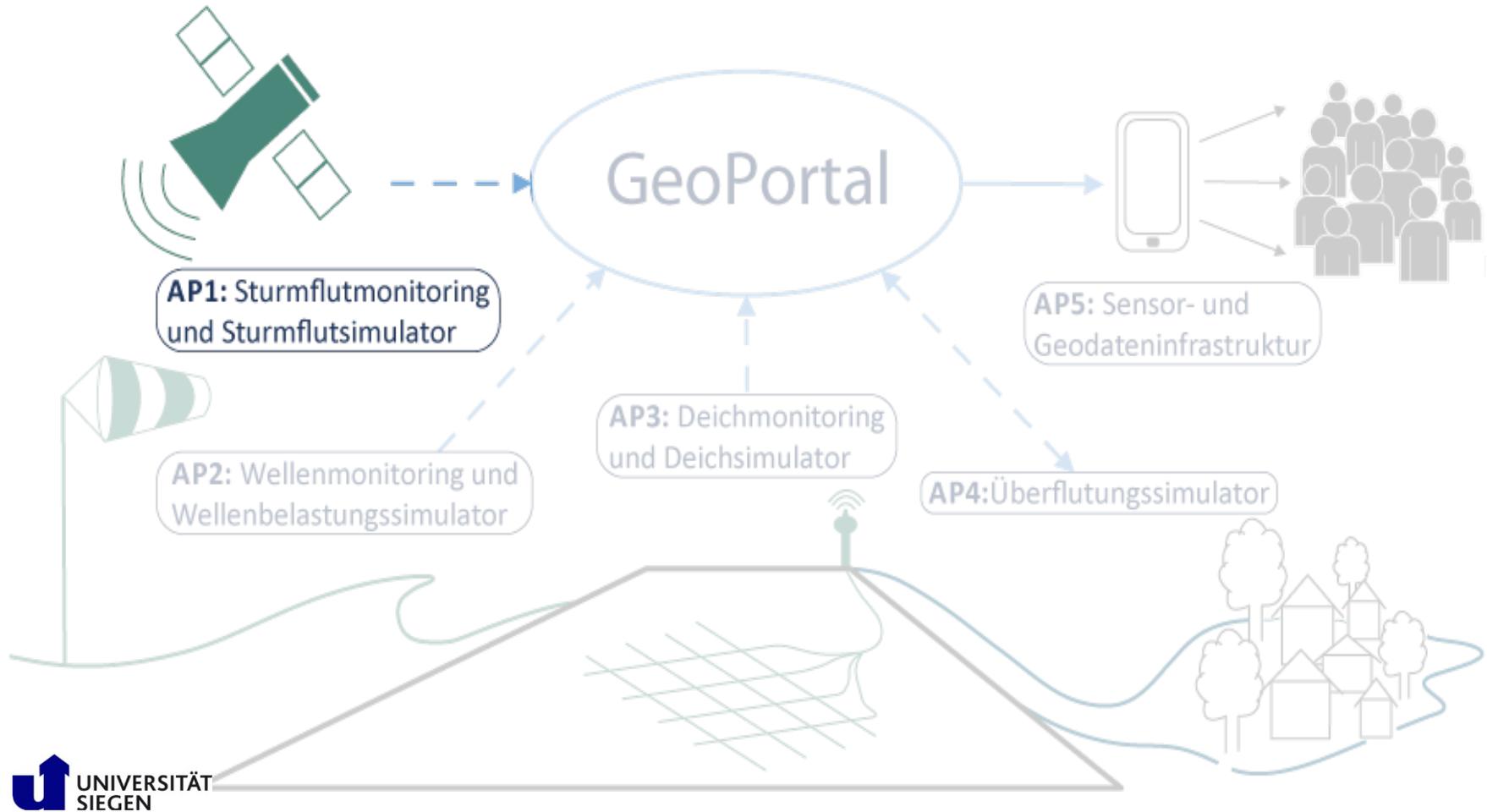
www.uni-siegen.de/fb10/fwu/wb/



Bundesanstalt für Wasserbau
(BAW)

www.baw.de



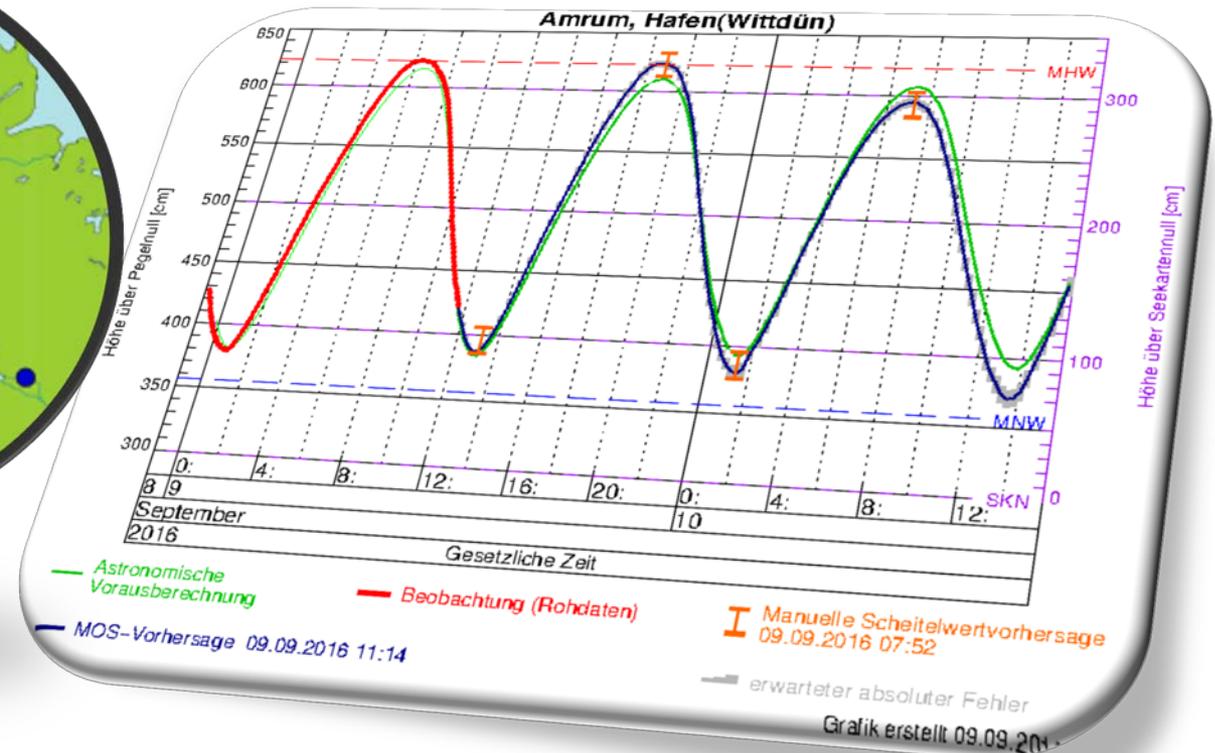
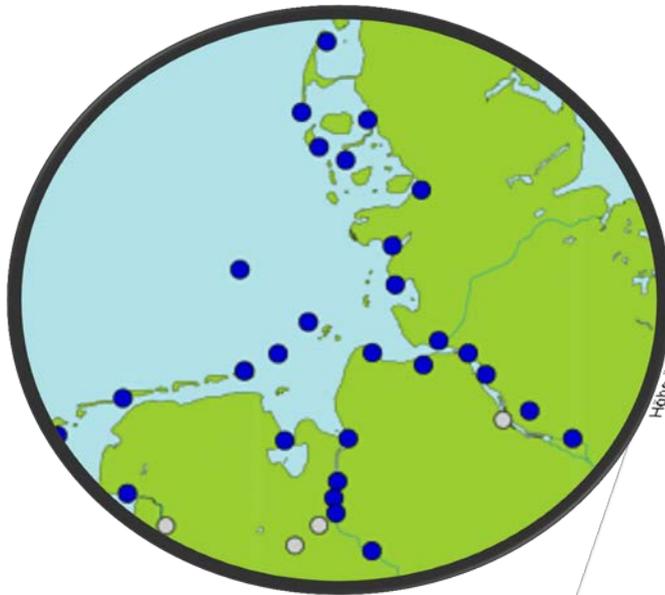


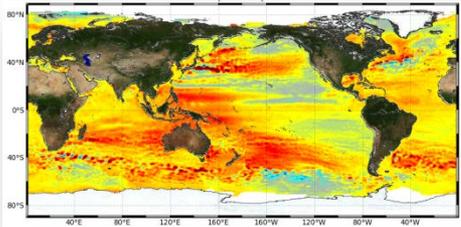
- Entwicklung einer neuen Methodik zur flächenhaften Vorhersage von Sturmflutwasserständen entlang der gesamten deutschen Nordseeküste
 - Vorlaufzeit von bis zu 3 Tagen
 - Hohe zeitliche Auflösung (mind. 15 Minuten)
 - Hohe räumliche Auflösung (durchgehend ca. 1 km entlang der Küstenlinie)
- Kombination aus empirisch-statistischen und numerischen Modellen

Ziel 1: Wasserstands-Hindcast mit einem 2D-hydrodynamisch-numerischen Modell

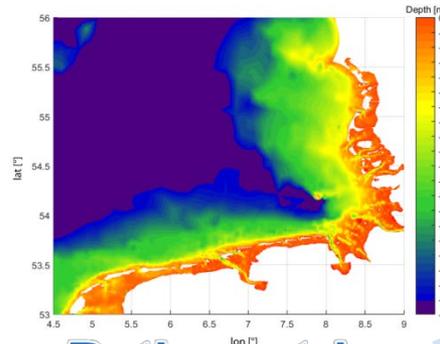
Ziel 2: Ableitung empirischer Windstaumodelle

Bestehende punktuelle Sturmflutvorhersage

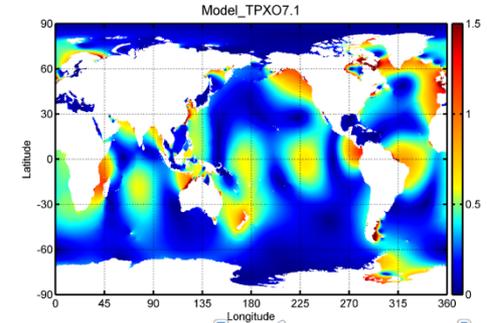




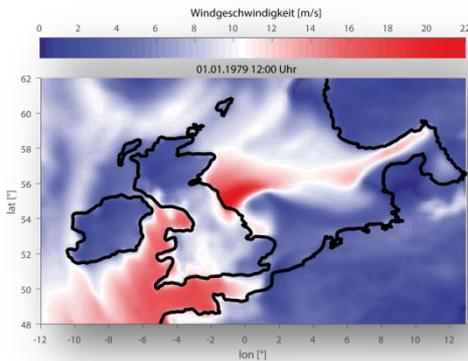
MSL



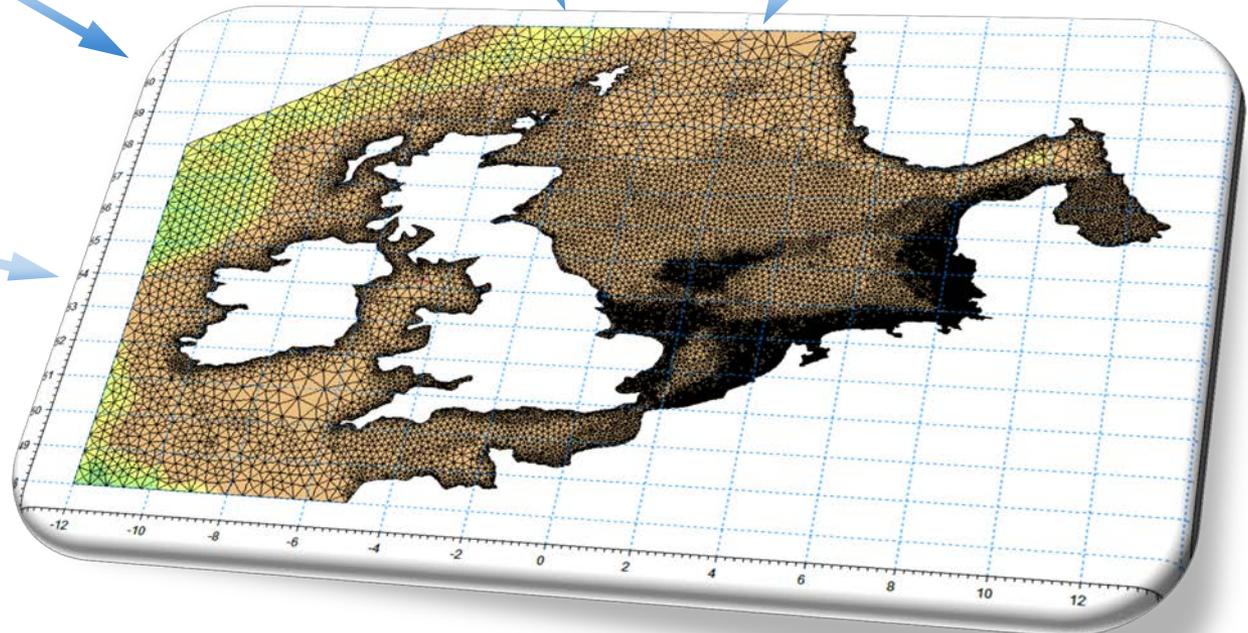
Bathymetrie



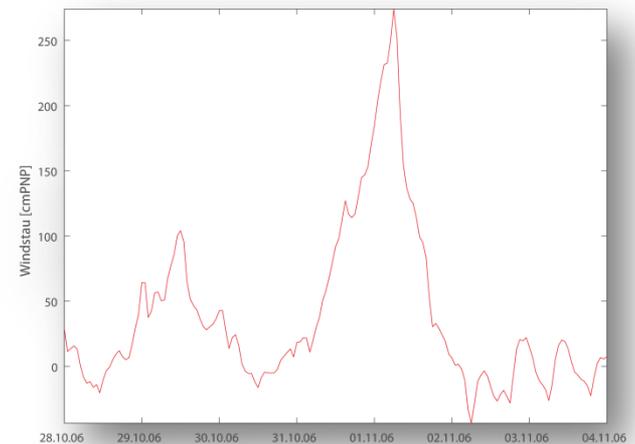
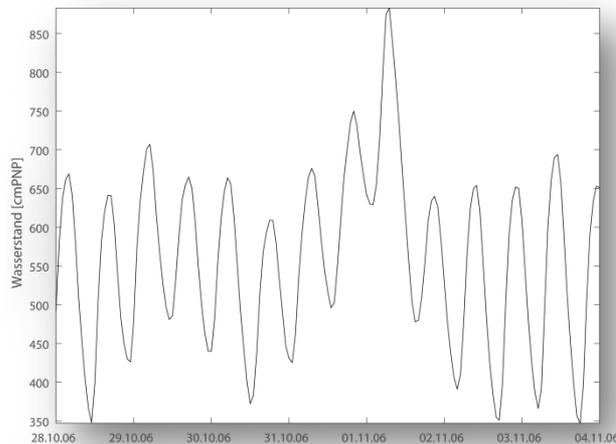
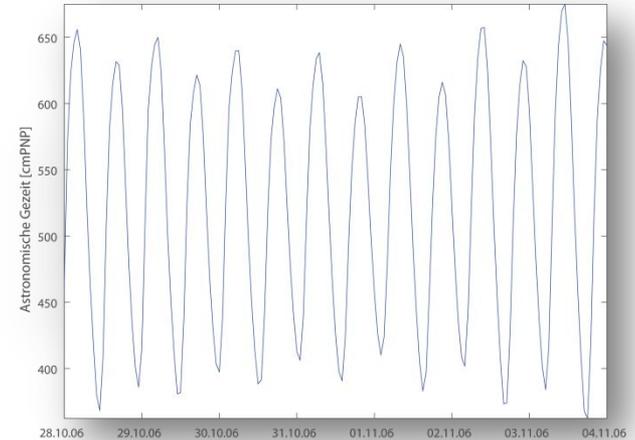
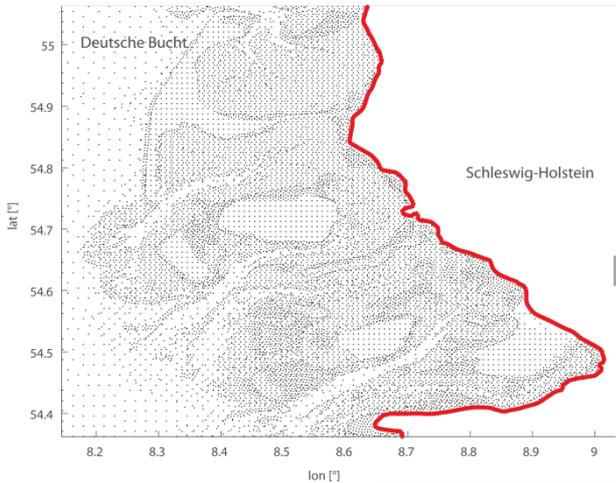
Astronomie



Meteorologie



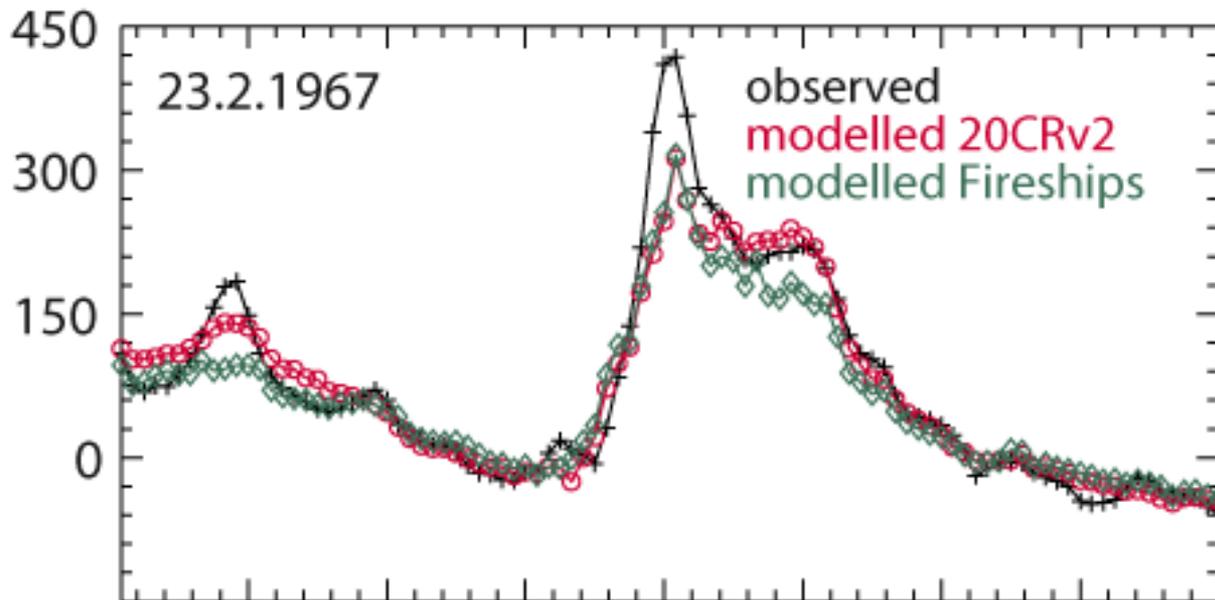
Wasserstandsinformation an jedem Gridpunkt



Meteorologie
Fernwellen
Nicht-lineare Interaktion
Tide ↔ Windstau

Multiples
Regressionsmodell
(Windstaumodell)

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



**Vorhersage
Deutscher Wetterdienst**



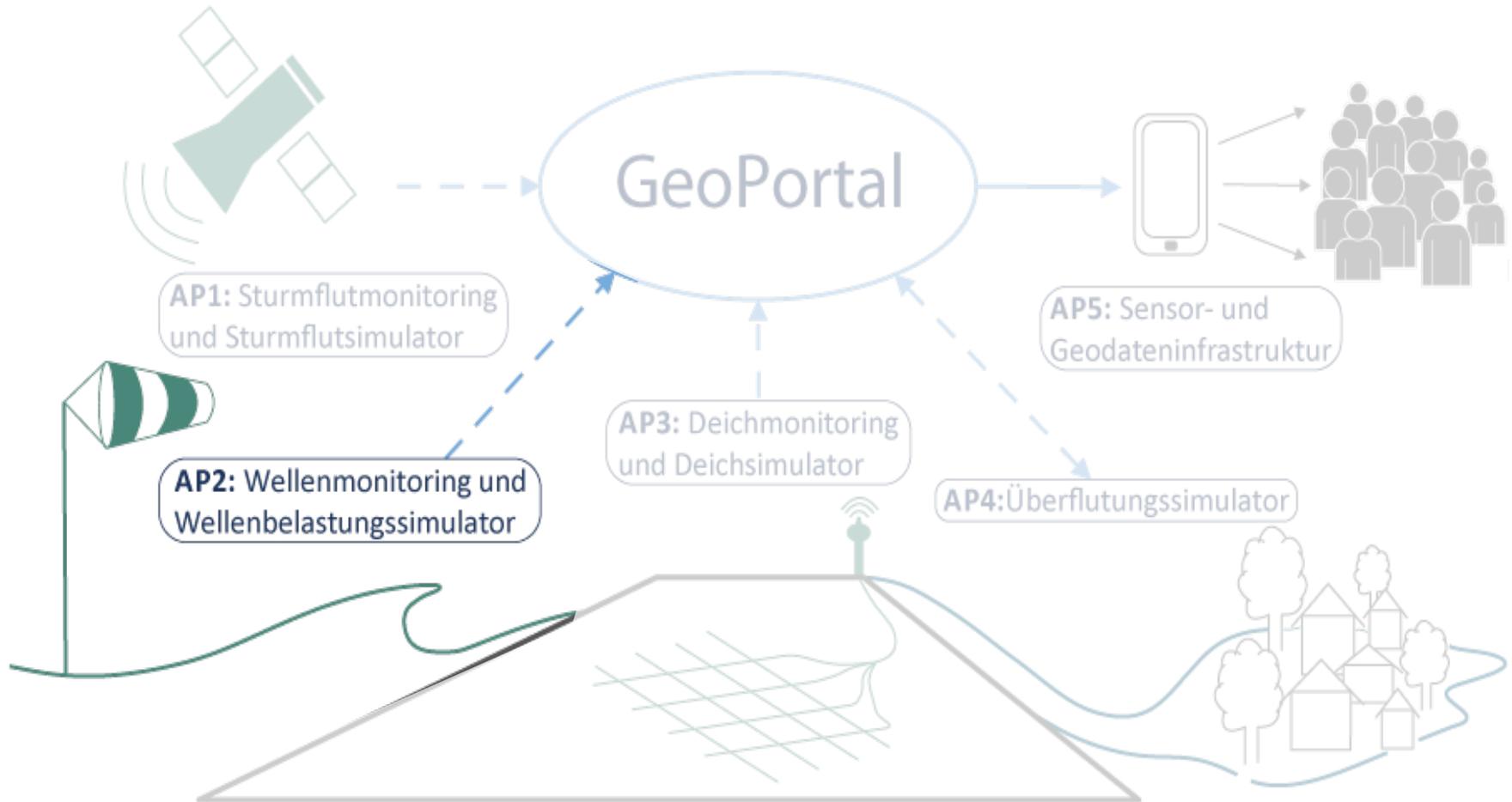
Windstaumodell



Tidevorhersage



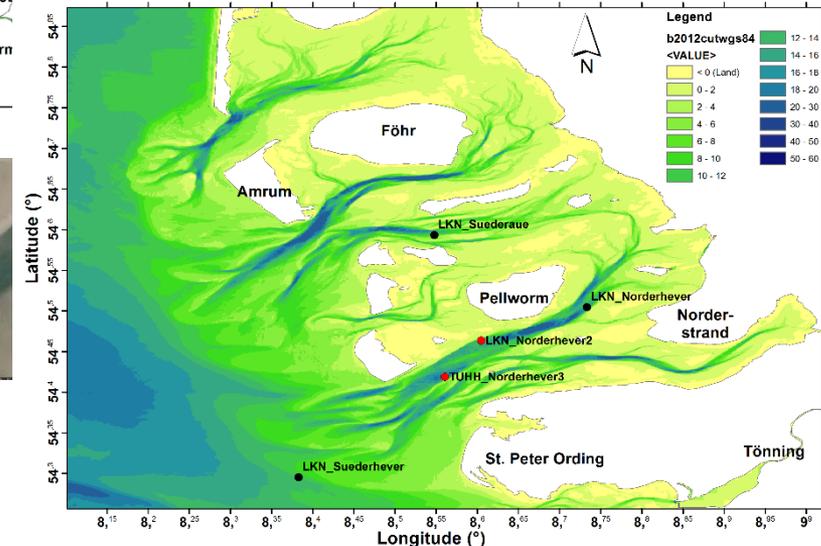
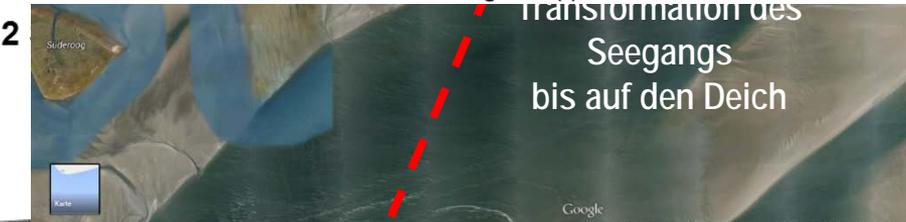
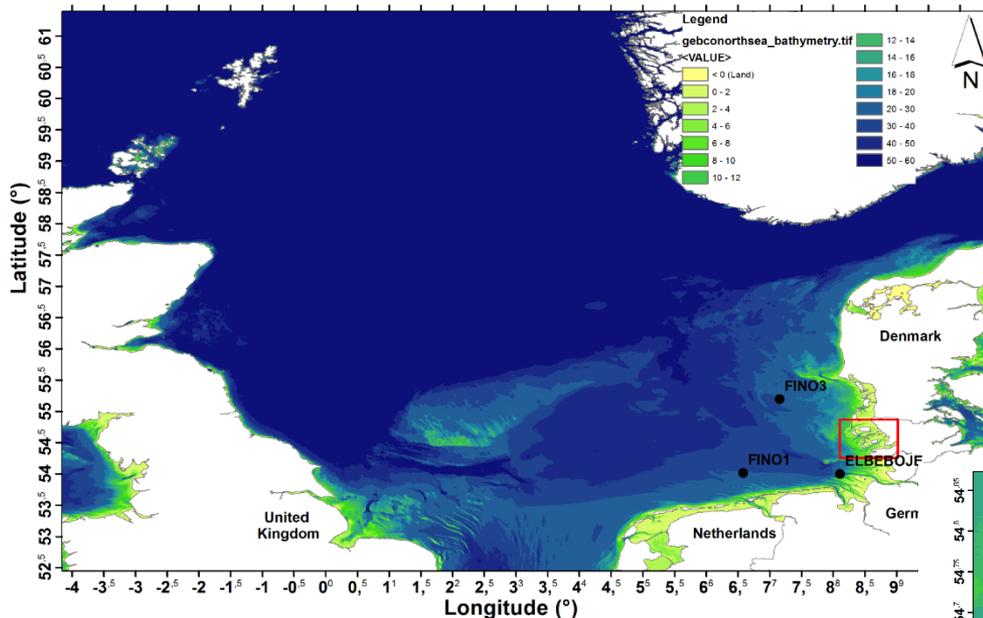
**Absolute Wasserstandsvorhersagen
für das gesamte Gebiet
der Deutschen Bucht**



- Numerische Modellierung (nowcast und forecast) der **Seegangsbedingungen** auf der Nordsee (Wave Monitor)

llbasierten Ansatzes zum now-
chst phasenaufgelöst) auf einen

nen Messkette für einen



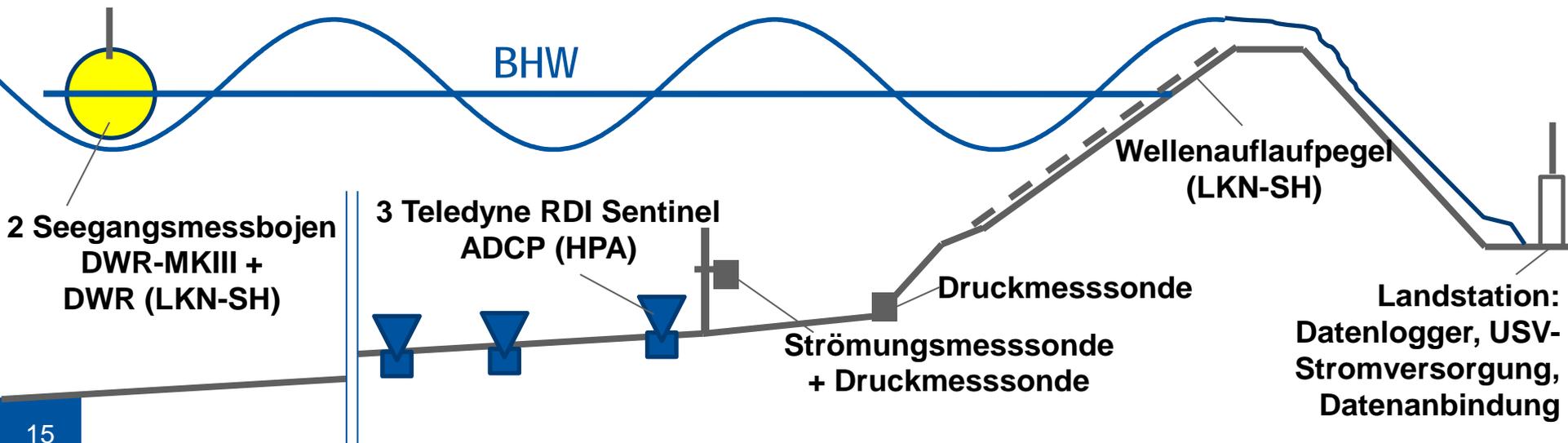
2



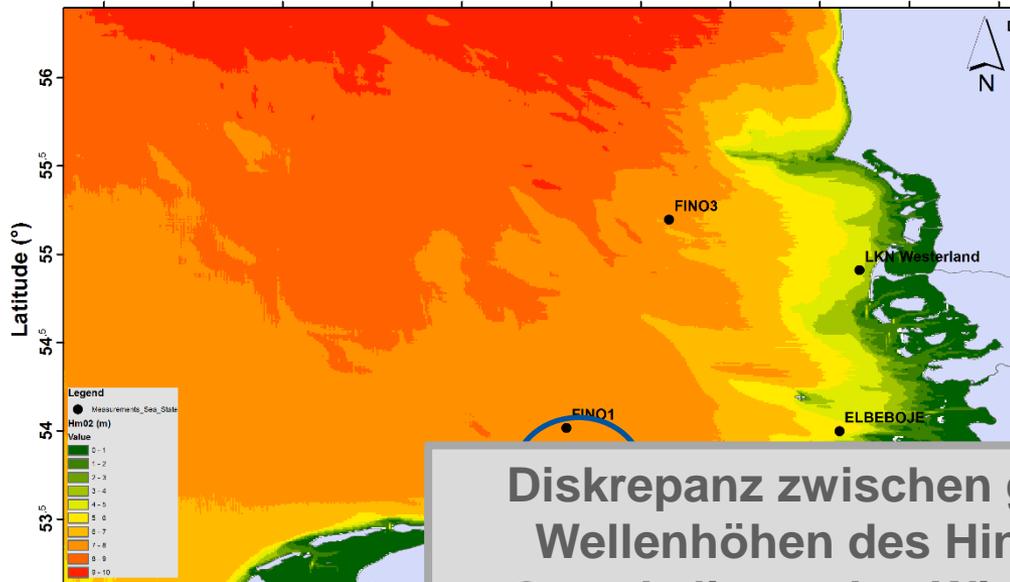
→ Seegang in Tiefwasserverhältnissen

→ Seegang im Übergangsbereich vor und auf dem Deich

→ Maximale Wellenaufhöhe R_{max}



Significant Wave Height Without Wave Boundary Parameter 06.12.2013 00:00:00

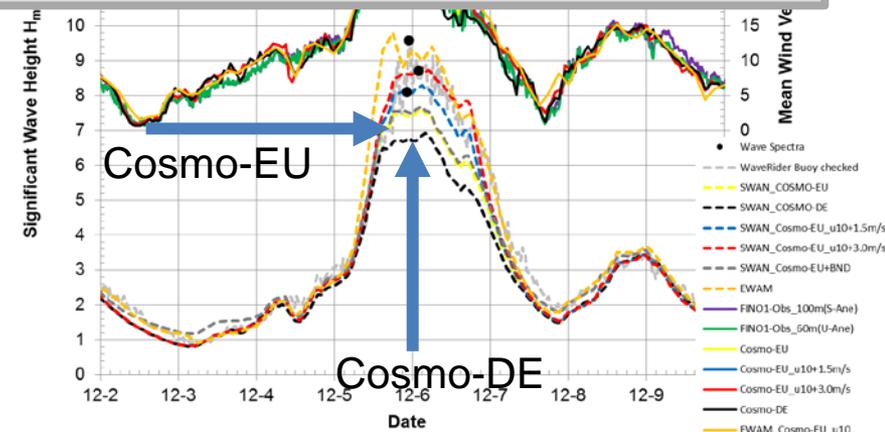


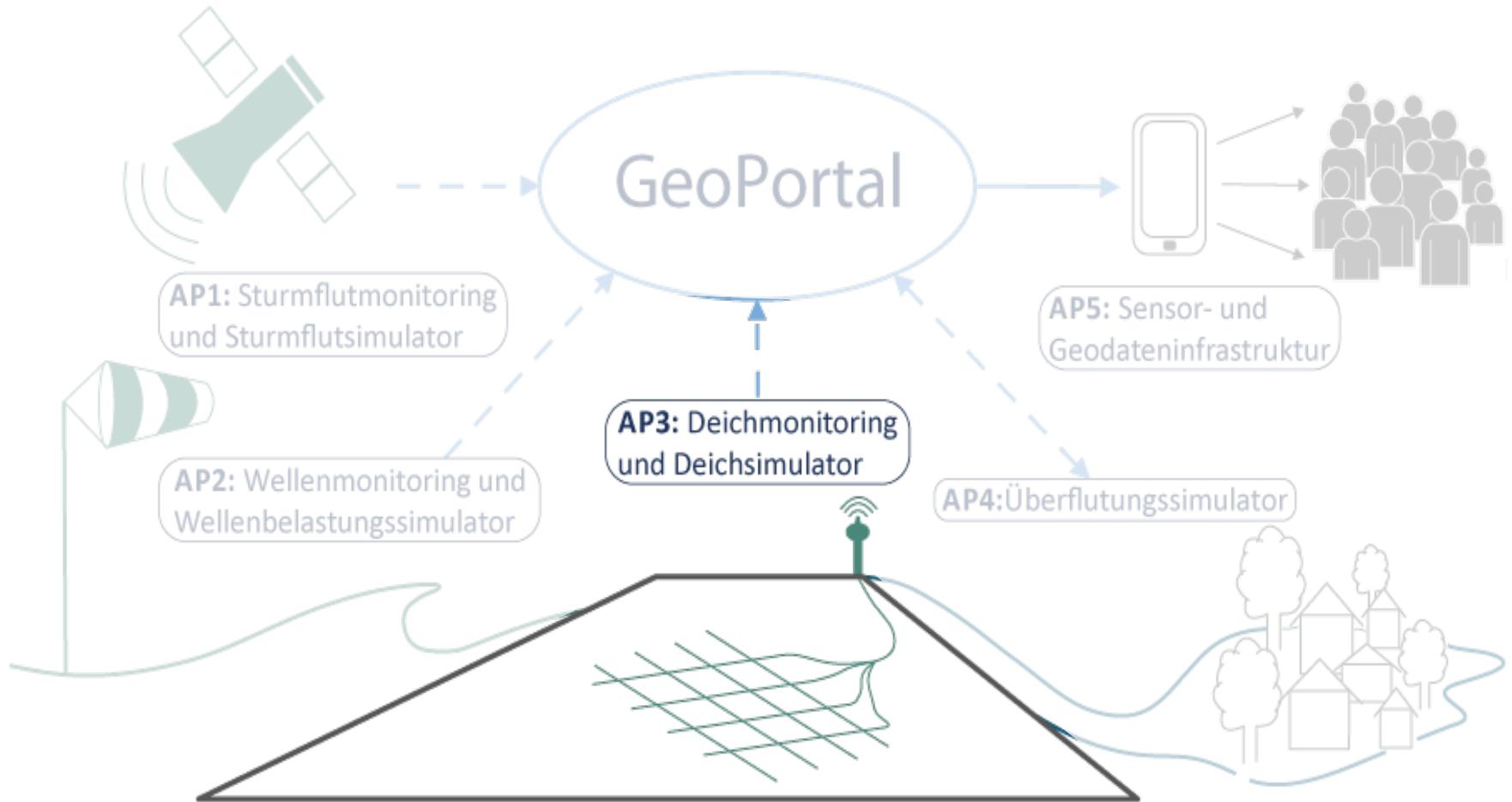
Verteilung der signifikanten Wellenhöhen in der Deutschen Bucht während des Sturms Xaver (06.12.2013 00UTC)

Eingangsdaten Wind: COSMO-EU Assimilationsanalysen (DWD)

Diskrepanz zwischen gemessenen und berechneten Wellenhöhen des Hindcasts resultiert aus dem zu Grunde liegenden Windfeld (Assimilationsanalysen)

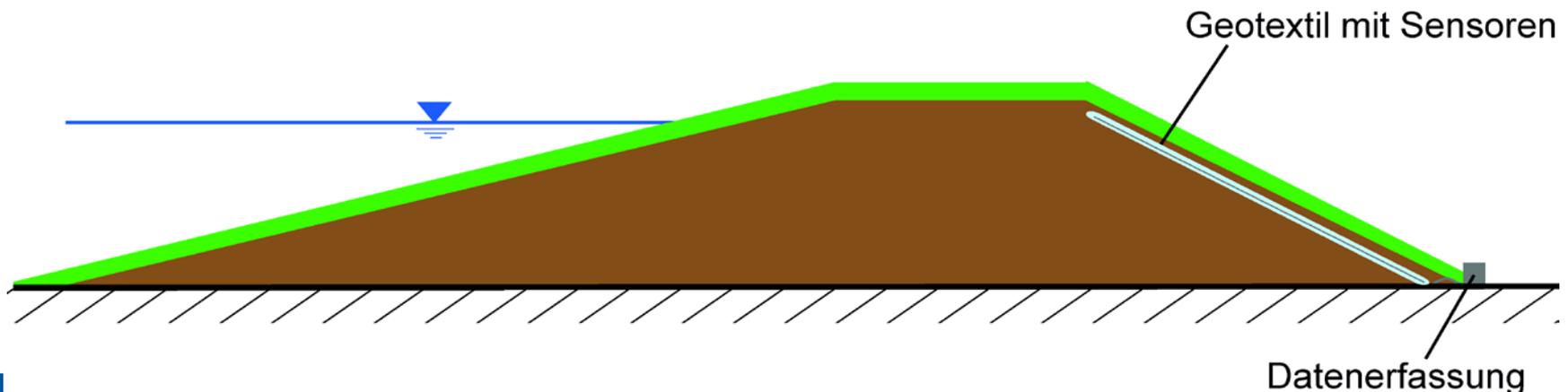
Bsp.: Windgeschwindigkeit und sign. Wellenhöhe an der Forschungsplattform FINO1 während des Sturms Xaver





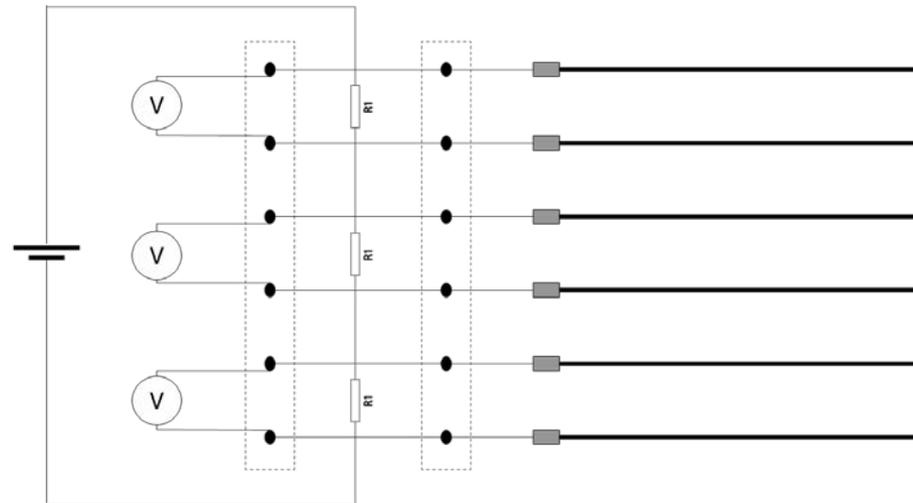
Problem: Bestehende Frühwarnsysteme für Sturmfluten berücksichtigen lediglich den Wasserstand und **nicht** die aktuelle **Widerstandsfähigkeit des Deichbauwerks**. Es kann jedoch bereits **vor Erreichen des Bemessungshochwassers** zu einem Deichversagen kommen.

Lösung: Intelligente Geotextilien – eingebaut unterhalb der Deckschicht der landseitigen Böschung – geben Aufschluss über den **Zustand des Deiches** und ermöglichen so im Katastrophenfall eine frühzeitige Warnung.



Funktionsweise der intelligenten Geotextilien:

- Carbonrovings (Carbonfaserbündel) werden auf Geotextil gestickt
- Einbau von Referenzwiderständen → Anlegen einer konstanten Stromstärke → Messung der Spannungsänderung
- Geplant sind zwei unterschiedliche Sensortypen:
 - 1. Wasserstandsensoren: Spannungsmessung zwischen jeweils zwei Rovings
 - 2. Deformationssensoren: Spannungsmessung entlang eines Rovings



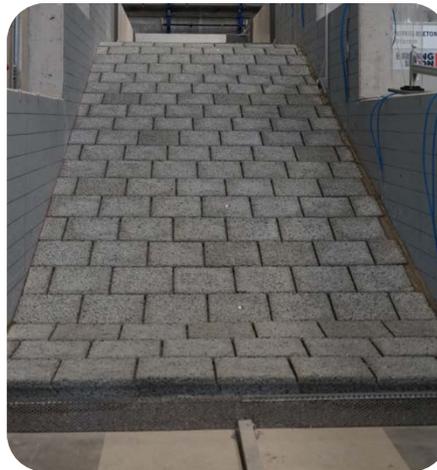
Prototyp und Schaltbild der Wasserstandsensoren

Modellphysikalische Untersuchungen

mikroskalig

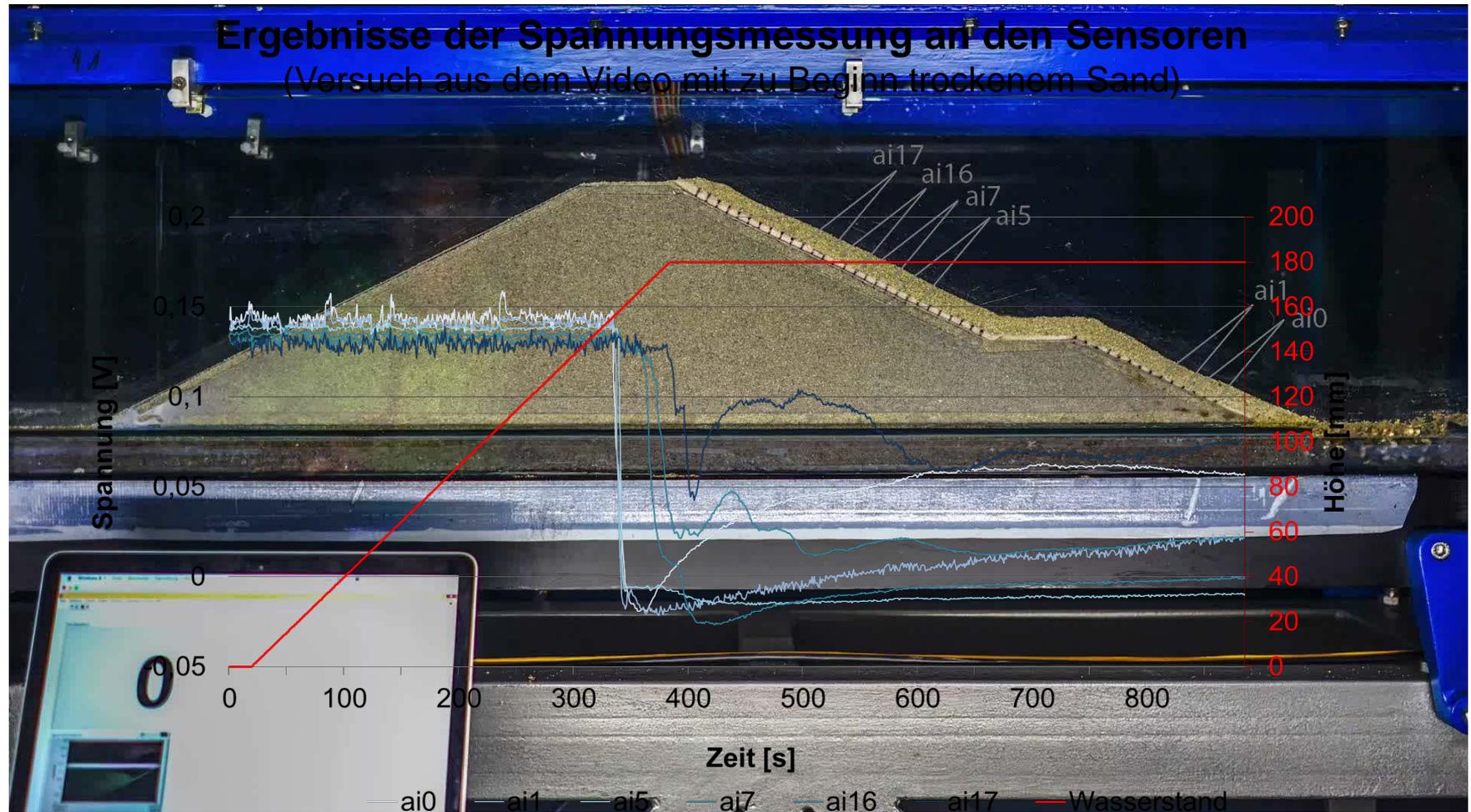


makroskalig



In situ

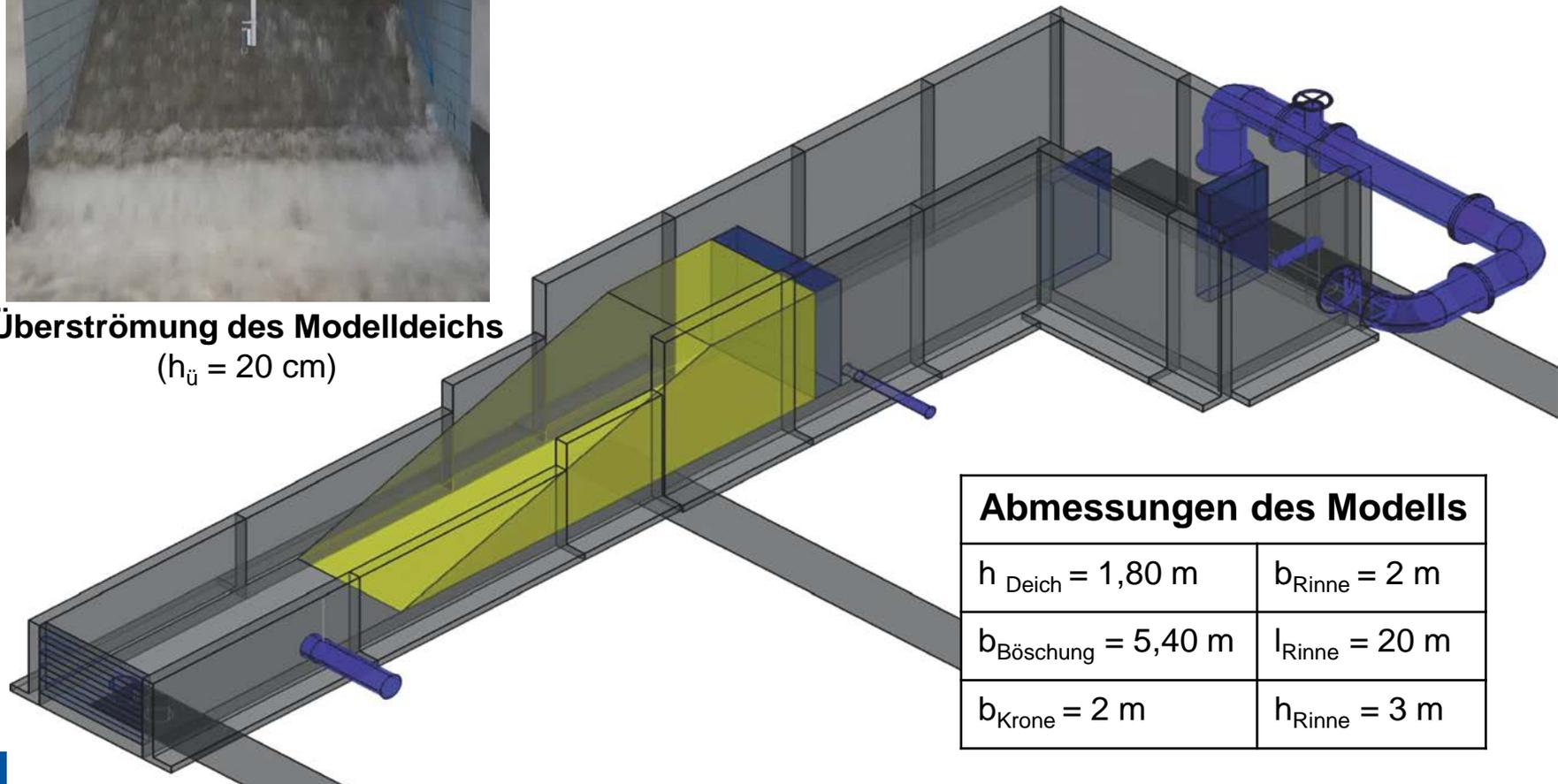






Überströmung des Modelldeichs
($h_{\ddot{u}} = 20 \text{ cm}$)

3D-Ansicht gesamten Versuchstands

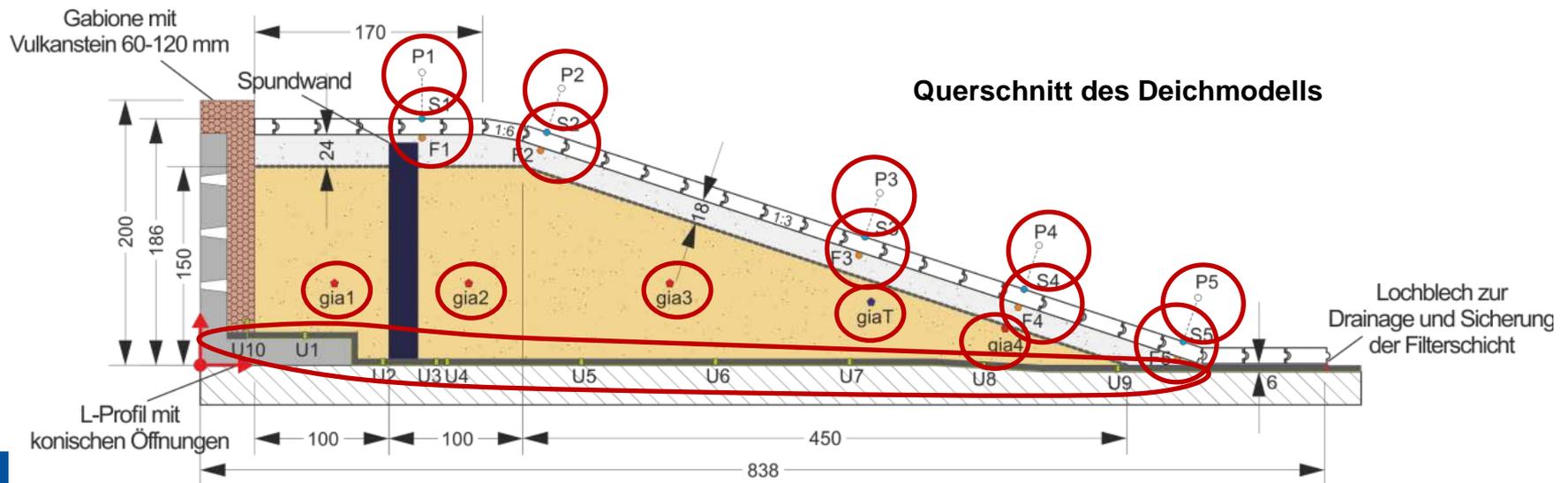


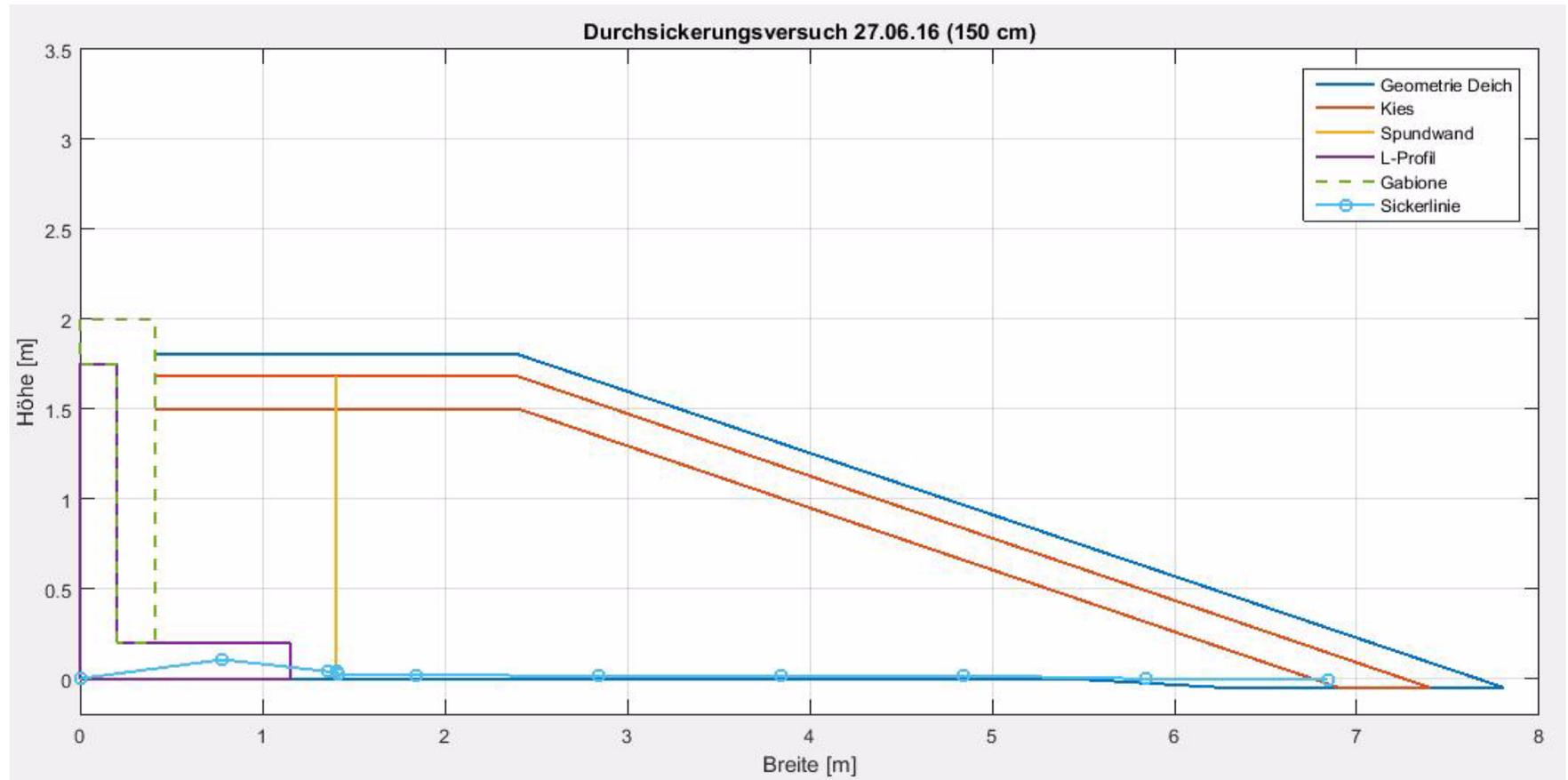
Abmessungen des Modells	
$h_{\text{Deich}} = 1,80 \text{ m}$	$b_{\text{Rinne}} = 2 \text{ m}$
$b_{\text{Böschung}} = 5,40 \text{ m}$	$l_{\text{Rinne}} = 20 \text{ m}$
$b_{\text{Krone}} = 2 \text{ m}$	$h_{\text{Rinne}} = 3 \text{ m}$

Erfassung der Vorgänge mittels herkömmlicher Messtechnik an insgesamt 35 Stellen in und auf dem Deich

Hierzu zählen:

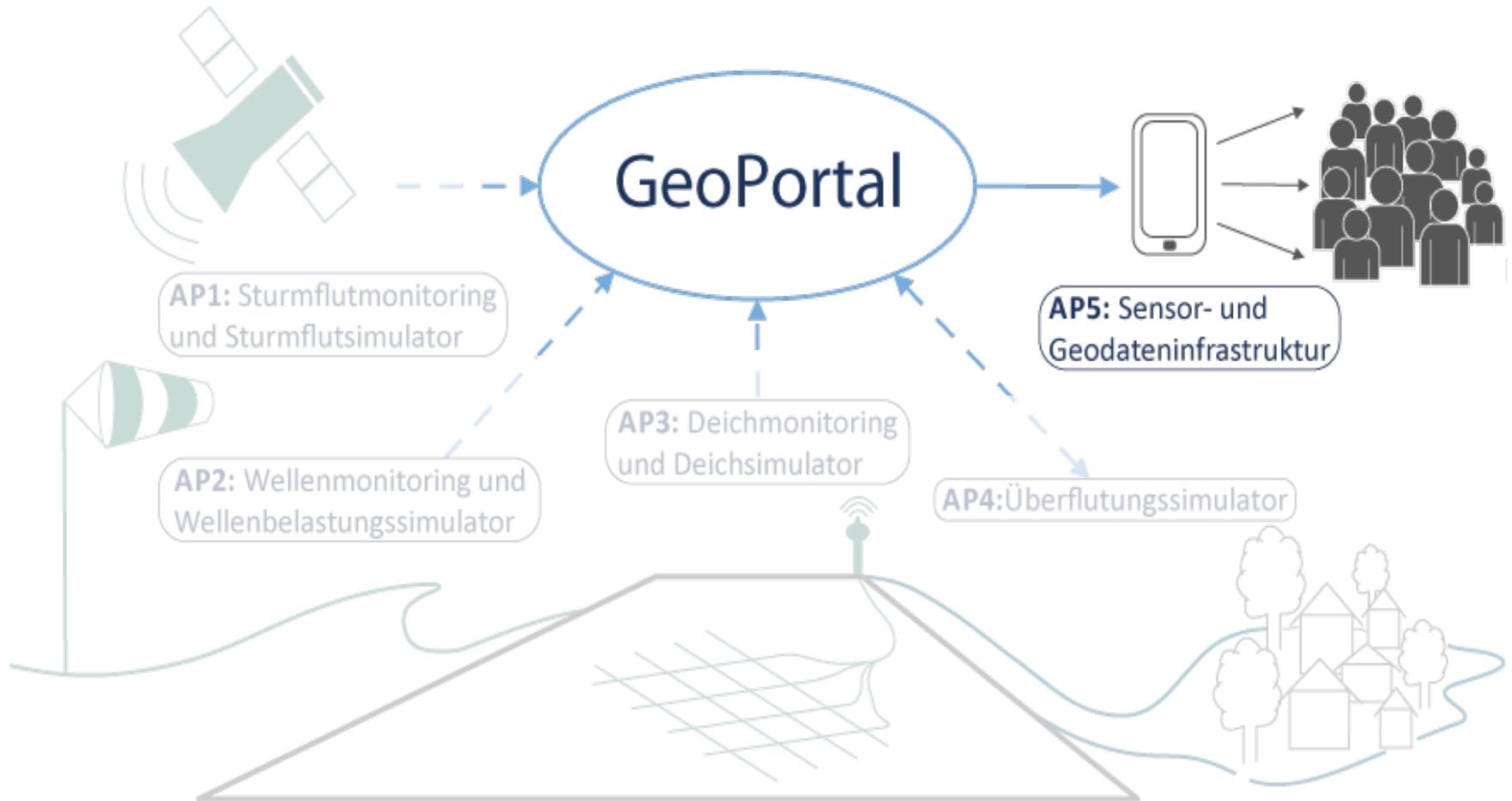
- ✓ Druckmessschläuche an der Sohle
- ✓ Bodenfeuchte- und Bodentempersensoren
- ✓ Druckmessdosen in und unter dem Deckwerk
- ✓ Ultraschallsonden und Strömungspropeller über dem Deckwerk

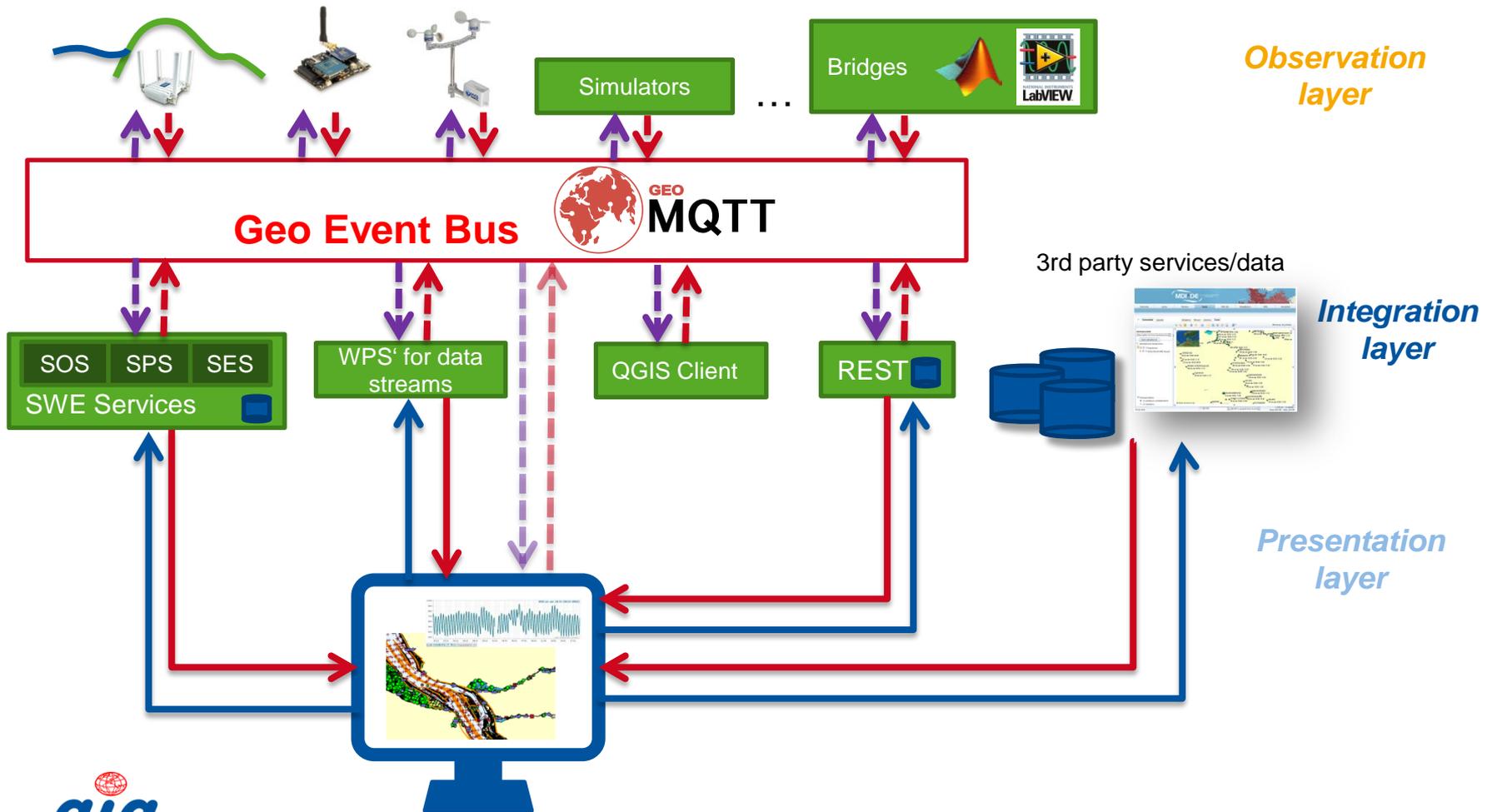




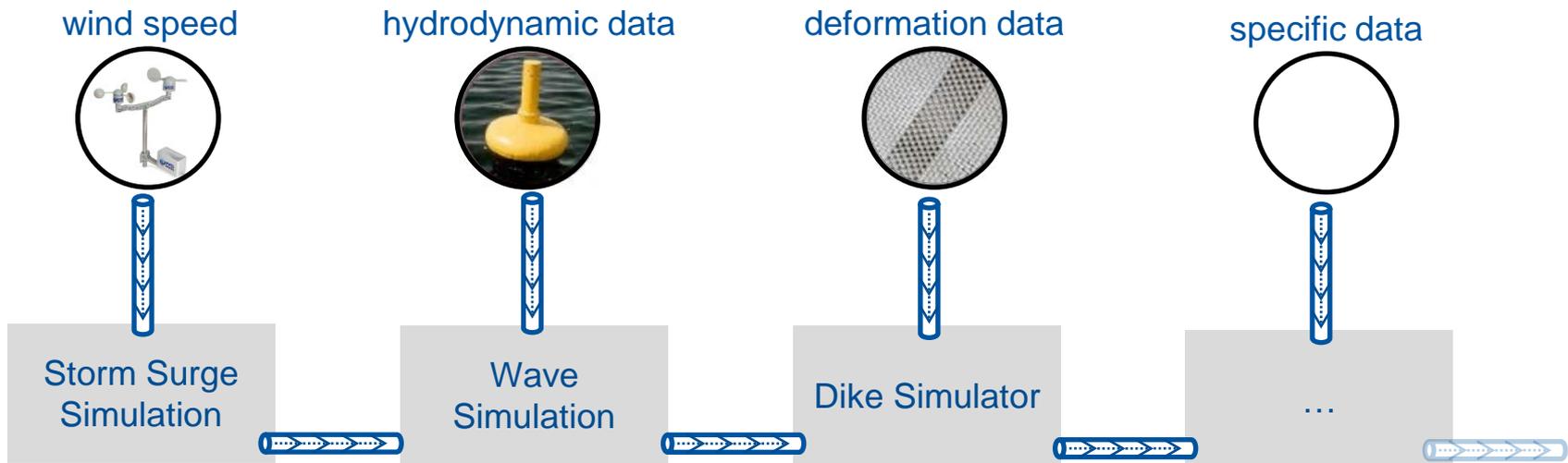
Auswertung der Sickerlinie im großmaßstäblichen Modell (Video, Einstauhöhe: 150 cm)

- ✓ Kleinmaßstäbliche Versuche zeigen: **Messprinzip** funktioniert
- ✓ **Wasserstandensensoren** können eintretendes Sickerwasser im trockenen Sand zuverlässig detektieren
- ✓ Probleme gibt es derzeit bei der Detektion der Sickerlinie im **erdfeuchten Sand**, hierzu sind **Anpassungen an der Schaltung** nötig
- ✓ **Großmaßstäbliches Modell** ist aufgebaut und ein Messkonzept mit **konventioneller Messtechnik** zur Verifizierung der Sensoren entwickelt
- ✓ Tests im **Referenzzustand** sind erfolgreich absolviert und das Modell steht für den Einsatz der **großmaßstäblichen Geotextilien** bereit





- Event-basierte Prozessierungsketten in Echtzeit
- Verkettung von Simulatoren der anderen Arbeitspakete
- Umsetzung durch Erweiterung vom Web Processing Service (WPS) Standard
- Beispiel:



Erster Prototyp zum Testen vorhanden:

EarlyDike

Basiskarte:

WMS Layer

- Layers: ETOPO1 Hillshade
 Sichtbarkeit
- DWD GeoServer WMS: Fachlayer: Klima: Klimamonitoring; Referenzkarten: Mittlere jährliche Windgeschwindigkeiten in [0,1 m/s] von 10 m bis 100 m (in 10 m Stufen) über Grund für 1981-2000, GRID Felder (1 km)
 Sichtbarkeit
- BSH WMS PredictionModel WaterLevelNN: DayAfterTomorrow: UTC_23:00
 Sichtbarkeit
- BSH WMS PredictionModel WaterLevelNN: DayAfterTomorrow: UTC_17:00
 Sichtbarkeit
- BSH (Gruppe): Bathymetrie der Nordsee (Aquadistanz 10m)
 Sichtbarkeit
- Bathymetry Contours
 Sichtbarkeit
- MARNET Data: Air: Relative Humidity
 Sichtbarkeit
- MARNET Data: Air: Atmospheric Pressure
 Sichtbarkeit
- MARNET Data: Air: Wind velocity
 Sichtbarkeit
- MARNET Data: Air: Temperature
 Sichtbarkeit
- Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer: szos108
 Sichtbarkeit
- WMS des Landwirtschaft- und Umweltatlas Schleswig-Holstein: :pegel
 Sichtbarkeit

Map Geografisch (LonLat)

Name: giaSOS/featureOfInterest/dike_001/m1
 giags_soil_temperature: 3.01 Cel
 Time: 2015-12-09T11:40:15.000Z
 giags_soil_moisture: default
 8.826262839734555, 54.12664034703225

giaSOS/featureOfInterest/dike_001/m1 giags_soil_temperature
 Source: http://134.130.159.12:8080/52n-sos-webapp/service

Wert (°C)

Zeit

WFS Layer

- OpenGeo Demo Web Feature Service: Countries
 Sichtbarkeit
- OpenGeo Demo Web Feature Service: Populated Places
 Sichtbarkeit
- German waterways: German Water Levels
 Sichtbarkeit
- DWD GeoServer WFS: FLUESSE_A
 Sichtbarkeit
- DWD GeoServer WFS: FLUESSE_L
 Sichtbarkeit
- WFS LKN: szos108
 Sichtbarkeit
- WFS des Landwirtschaft- und Umweltatlas Schleswig-Holstein: :pegel
 Sichtbarkeit

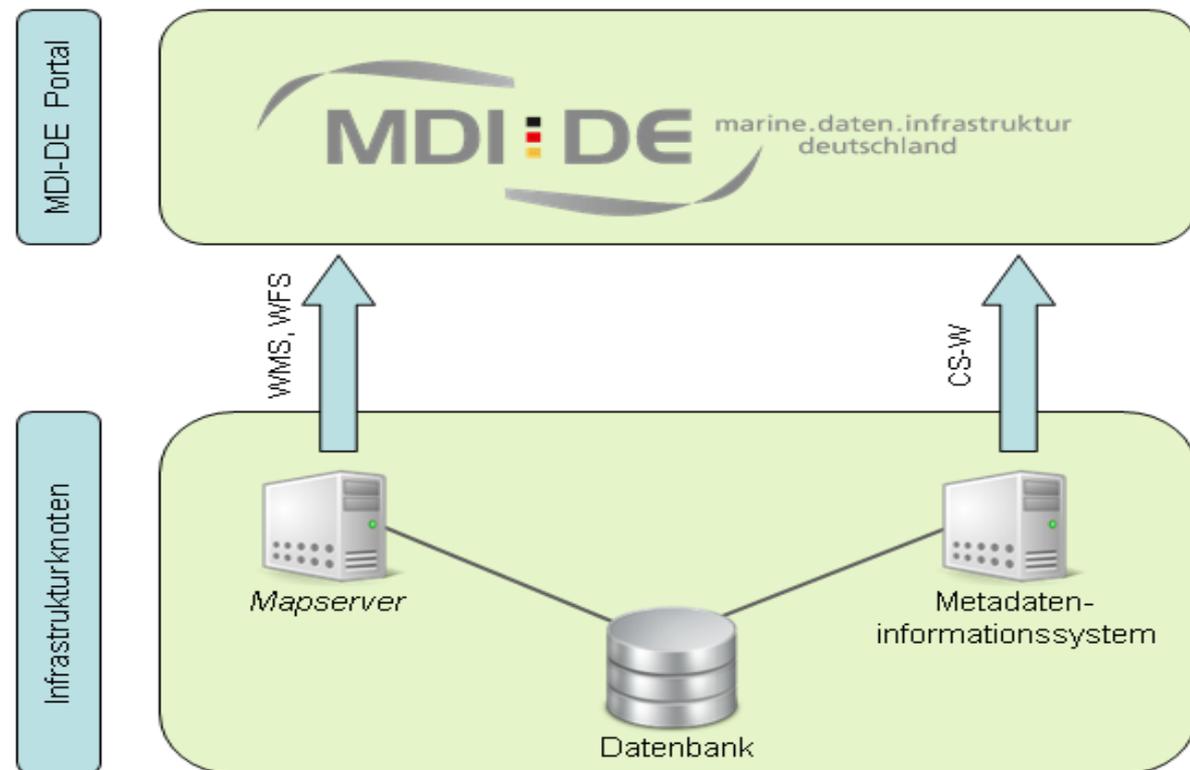
SOS Layer

- SOS 52north
 Sichtbarkeit

Monitors and Simulators

Storm Surge Monitor and Simulator	Start
Wave Monitor and Simulator	Start
Dike Monitor and Simulator	Start
Flood Simulator	Start

- Anbindung von EarlyDike an die Marine Dateninfrastruktur Deutschland (MDI-DE)
 - Geodienste
 - Metadaten



21. KFKI-Seminar, 10. November 2016, Bremerhaven

EarlyDike[®]

Entwicklung eines sensor- und risikobasierten
Frühwarnsystems für Seedeiche



Vielen Dank an:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

