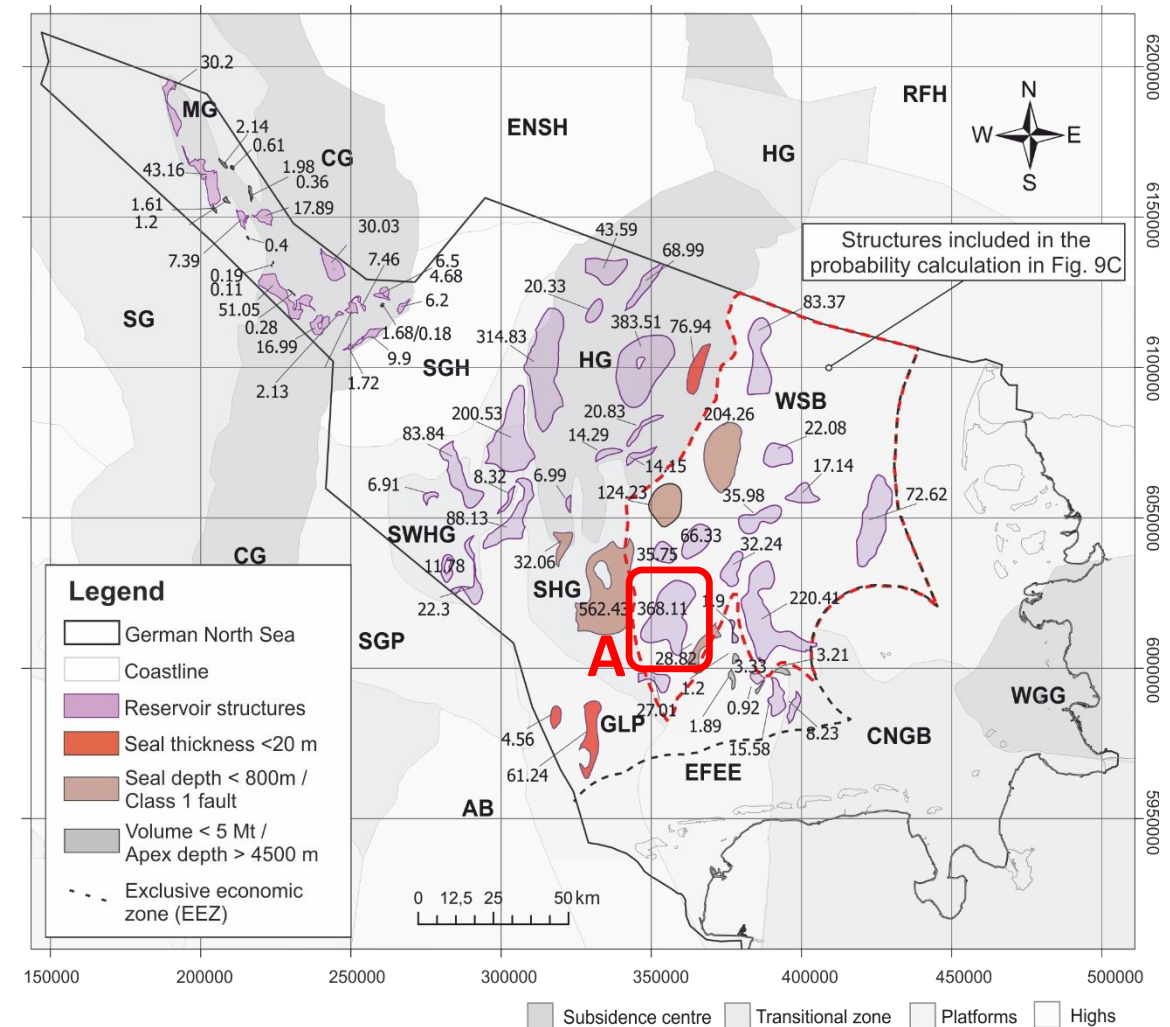


# GEOSTOR – Phase 2

- > All research will be focused on **study area A**, a potential storage site in the German EEZ
- > Cooperation with potential storage site operators

## Research topics

- > Baseline study (seismicity, leakage pathways, benthic biota)
- > Assessment of leakage risks
- > Investigation of geotechnical risk
- > Development of a concept for environmental risk assessment
- > Development of monitoring techniques and strategies
- > Assessment of possible limit values for pressure, induced seismicity and leakage



# GEOSTOR II

## Biodiversität und funktionelle Diversität benthischer Endo- und Epifaunagemeinschaften im Arbeitsgebiet A - Baseline und Sensitivität



Projektleitung: Prof. Dr. Ingrid Kröncke

Wissenschaftliche Mitarbeiterin: Vanessa Fromme

Senckenberg am Meer, Abt. Meeresforschung, Südstrand 40,  
26382 Wilhelmshaven

SPONSORED BY THE



## TP1, AP1-1: Biodiversität benthischer Organismen und Lebensgemeinschaften

Es wird die Biodiversität und funktionelle Diversität der Endo- und Epifaunagemeinschaften im Arbeitsgebiet A untersucht

- Mehrere Probenahmen in 2024 und 2025 mit FK Senckenberg
- 24 Stationen zur Beprobung der Endofauna (0,1 m<sup>2</sup> van Veen Greifer)
- 5 Transekte zur Beprobung der Epifauna (2 m Baumkurre)
- Morphologische Bestimmung der Arten im Labor und an Bord
- Statistische multivariate Analyse: Variabilität der Gemeinschaften auf räumlicher und saisonaler Ebene, funktionelle Diversität der Gemeinschaften
- Rote Liste Arten und Eingewanderte Arten werden identifiziert

## Endofauna Probenahme und -bearbeitung



Van Veen Greifer (0,1 m<sup>2</sup>)

- 2 Replikate pro Station
- 1 Greifer für Sediment und TOC



Spülen und Sieben

- Maschenweite 1 mm



Fixierung

- 4 % gepufferte Formol-Mischung
- Transport und Lagerung



Spülen und Anfärben mit Bengalrosa



Sortieren, Bestimmen, Zählen und Wiegen



## Epi fauna Probenahme und -bearbeitung



2 m Baumkurre Schleppen gegen die Strömung bei 1,5 – 2 kn für 5 min

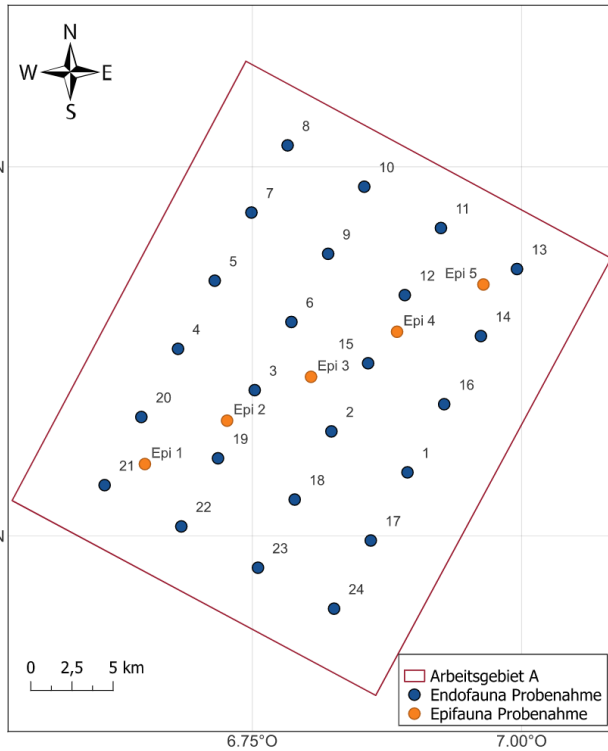


Sortieren der Organismen nach Größe (> 2 mm, > 5 mm)



Bestimmen, Zählen und Wiegen der Organismen > 5 mm an Bord

## Stationskarte



## **TP2, AP2-1: Sensitivität benthischer Organismen**

Anhand einer umfangreichen Literaturrecherche wird die Sensitivität benthischer Organismen gegenüber Versauerung der Sedimente durch CO<sub>2</sub> Leckagen analysiert

- Auswirkungen von CO<sub>2</sub> Leckagen auf gesamte Endofaunagemeinschaften (aus experimentellen Ansätzen)
- Artspezifische Sensitivität der identifizierten Organismen gegenüber Versauerung und Versalzung (aus z.B. Kammer-Experimenten)
- Besonders sensitive Organismen identifizieren (→ Monitoring)

## **TP3, AP3-3: Integriertes Monitoring Konzept**

Mitarbeit an der Entwicklung eines integrativen Monitoring-Konzepts

- verschiedene Expositionsszenarien recherchieren → Grenzwerte für benthische Organismen bestimmen
- besonders sensitive Arten aus TP2, AP2-1 für ein Monitoringkonzept für die Betriebsphase vorschlagen

# GEOSTOR II

## Erdgas und Formationswasserfreisetzung Experimentale Leckagestudien

Dr. Matthias Haeckel

Dr. Christian Deusner, Dr. Elke Kossel

GEOMAR

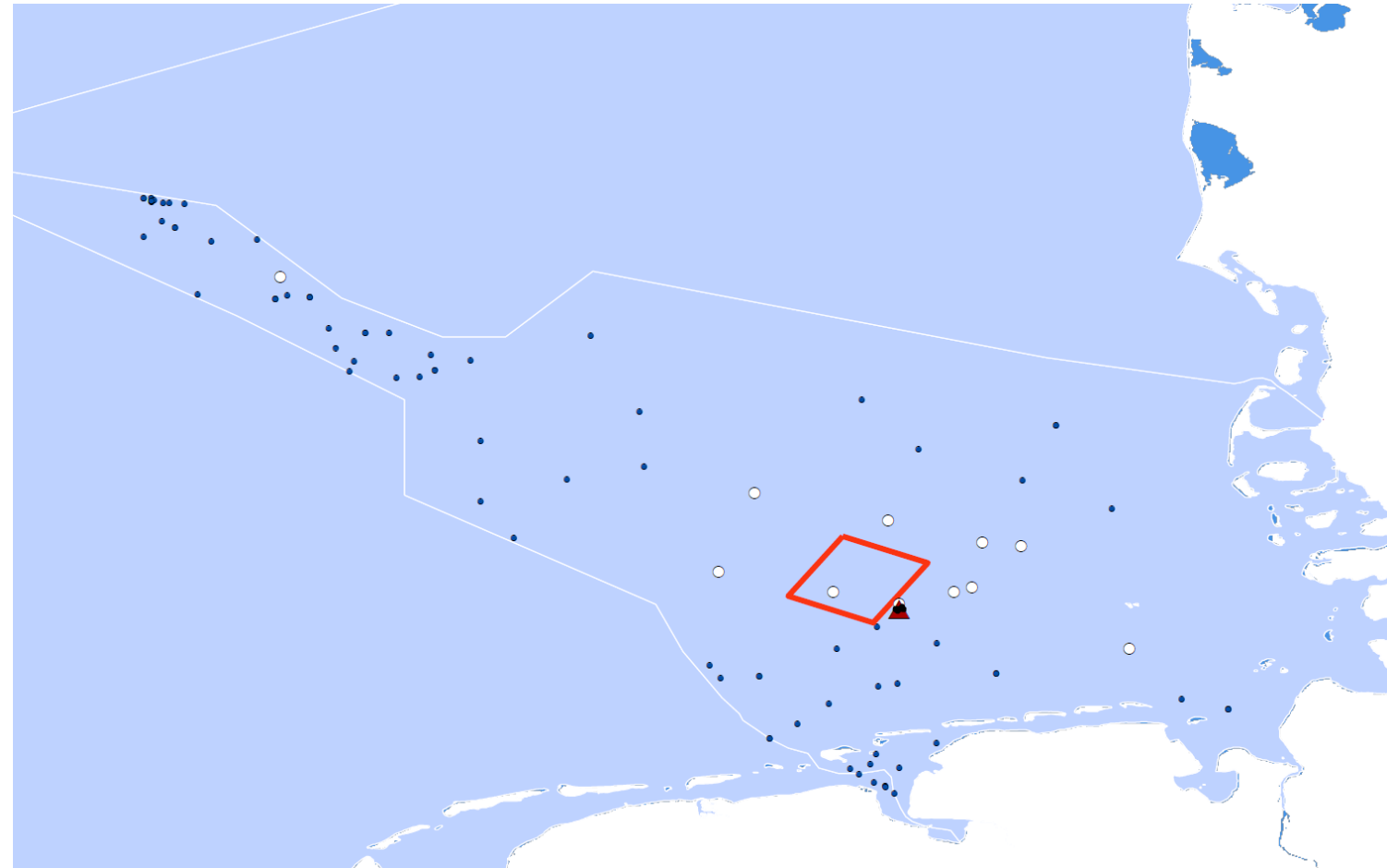


SPONSORED BY THE



# AP1-4: Erdgas- und Formationswasser-Freisetzung

- Die Fahrtplanung der Schiffsleitstelle für FS ALKOR war vor Projektbeginn schon soweit fortgeschritten, so dass eine Fahrt in 2025 nicht mehr möglich war.
- Das Antragssystem bei der GPF wurde Ende letzten Jahres in ein DFG-SPP umgewandelt. Ein Fahrtantrag wird zur nächst-möglichen Frist am 30. Juni 2025 eingereicht.
- Die Verschiebung der Fahrt nach 2026 hat keine Auswirkungen auf die Projektarbeiten.



# AP2-6: Experimentelle Leckagestudien

- Komplementäre *Hochdruck-Durchfluss-Experimente*, um *Gesteins-Fluid-Wechselwirkungen und Permeabilitätsveränderungen im Nordsee-Untergrund* zu analysieren, die mögliche CO<sub>2</sub>-Leckagerisiken beeinflussen können.
- u.a. Analyse von Mineralauflösung / -fällung in *mikrofluidischen Versuchszellen* und Permeabilitätsanalysen im Verlauf von Bildung und Veränderung von Rissstrukturen in einer neuen *Fracture-Zelle*
- zeitlich und räumlich hochauflösende Daten (vorrangig mittels *μ-CT*, *MRI* und *Raman-Mikroskopie*) zum mechanischen, hydraulischen und chemischen Verhalten der Formations- und Barrieregesteine in Kontakt mit CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>-reichen Fluiden oder salinen Porenwässern unter relevanten Untergrundbedingungen (u.a. Druck, Temperatur, Lasten)

## Proben aus dem Nordsee-Untergrund

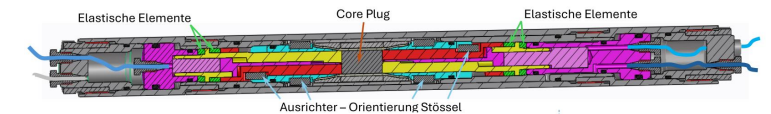


Sandstein / Tonstein  
Volpriehausen Formation

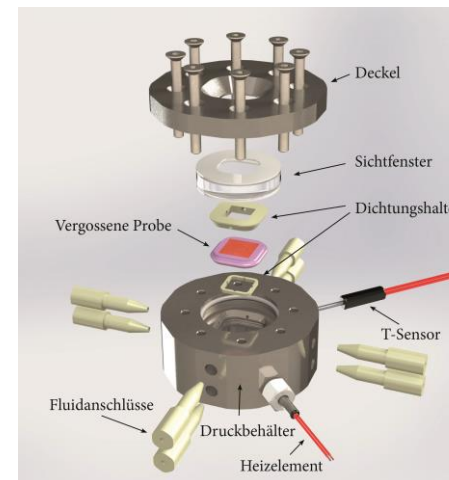
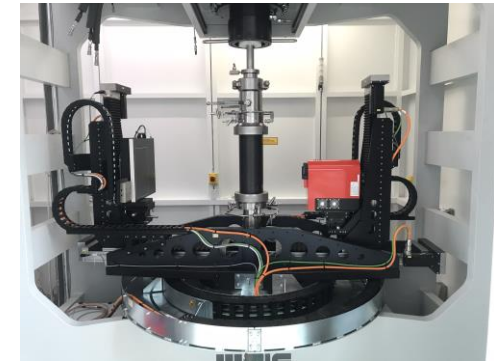


verschiedene Kernproben  
(u.a. Sandstein Rotliegend)

## Fracture Zelle



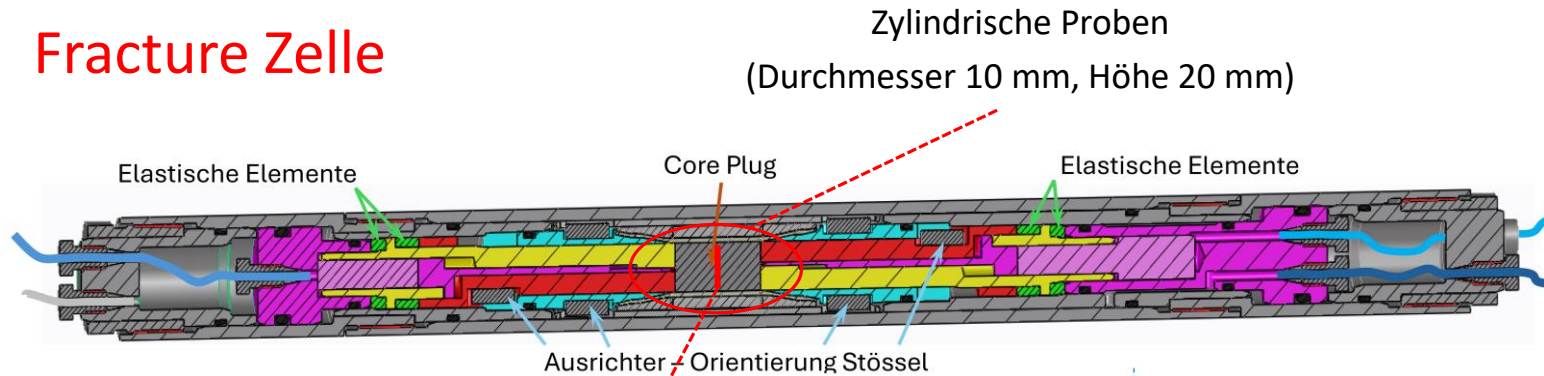
## Synchro-CT



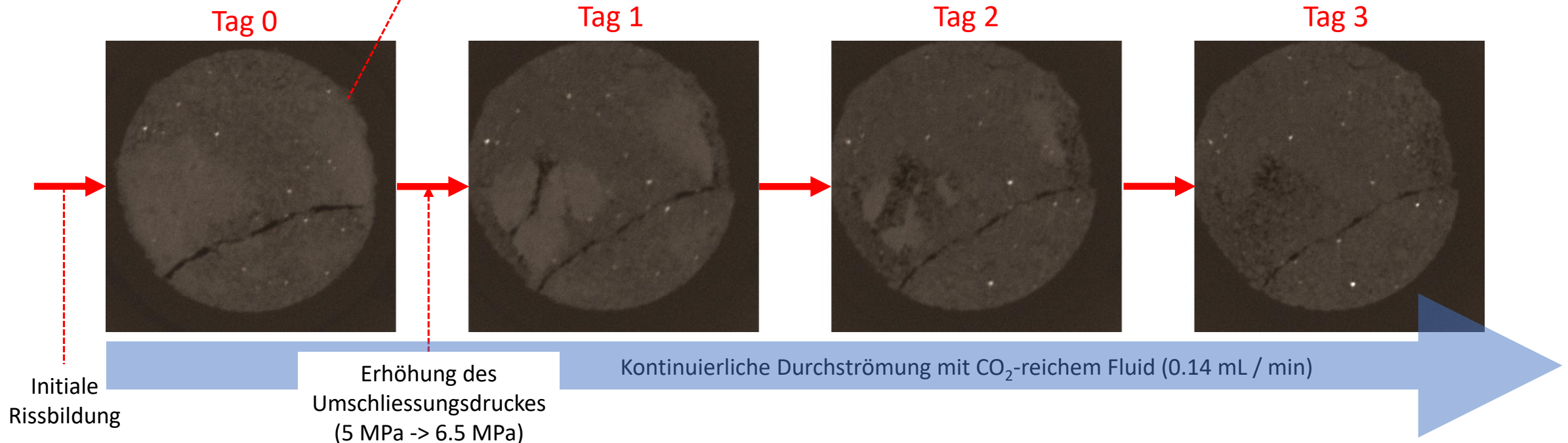
Mikrofluidik-Zelle

# AP2-6: Experimentelle Leckagestudien

## Fracture Zelle



- Hochdruck-Durchfluss-Versuche mit in-situ Rissbildung
- Charakterisierung der Veränderung von Porosität und Permeabilität durch Transport-Reaktionsprozesse und Laständerungen
- Quantifizierung von Gesteins-Fluid-Wechselwirkungen



# GEOSTOR II

Seismizität

Natürliche Mikroseismizität und anthropogener Lärm

Seismisches Monitoring-Konzept



Prof. Christian Weidle

Prof. Thomas Meier

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

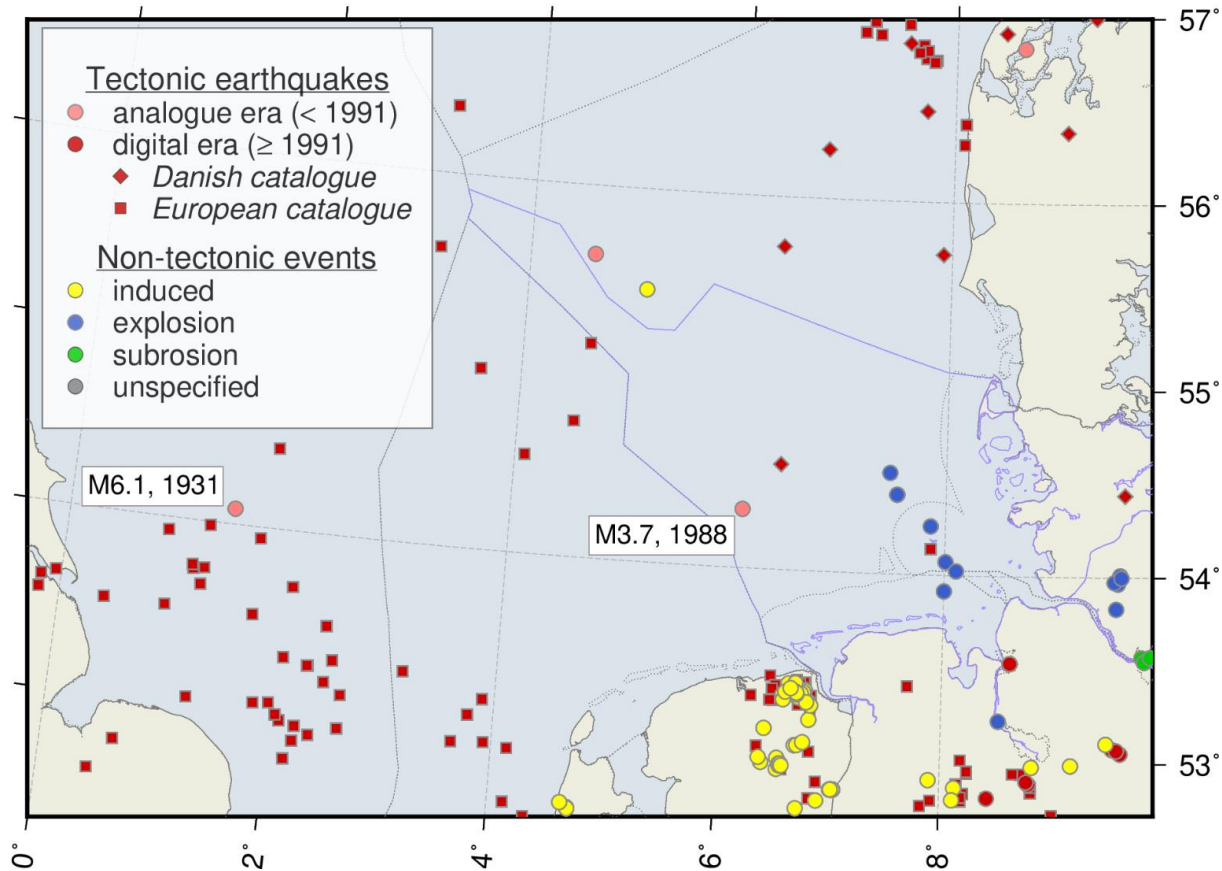


SPONSORED BY THE

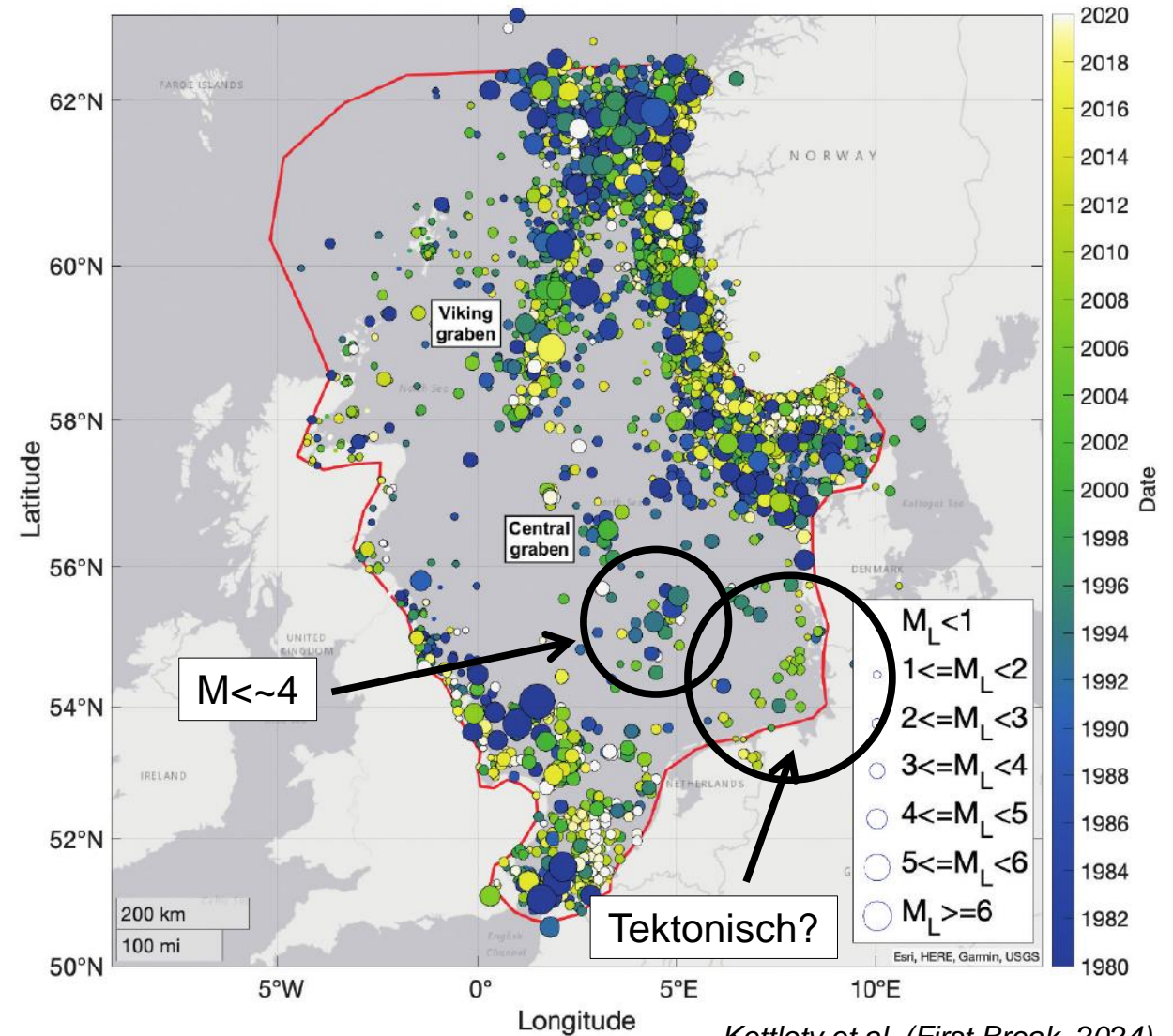


# AP 1.2 Natürliche und anthropogene Seismizität

German National Seismic Event catalogue, 800 - 2022

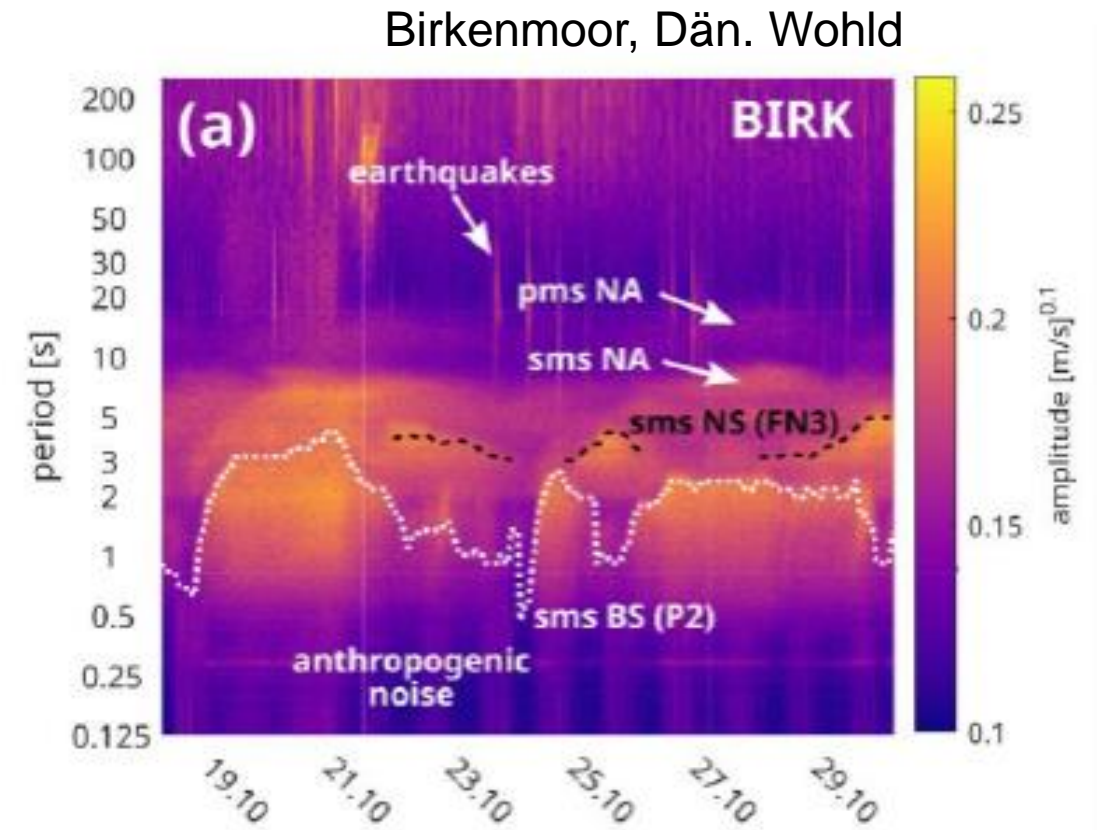
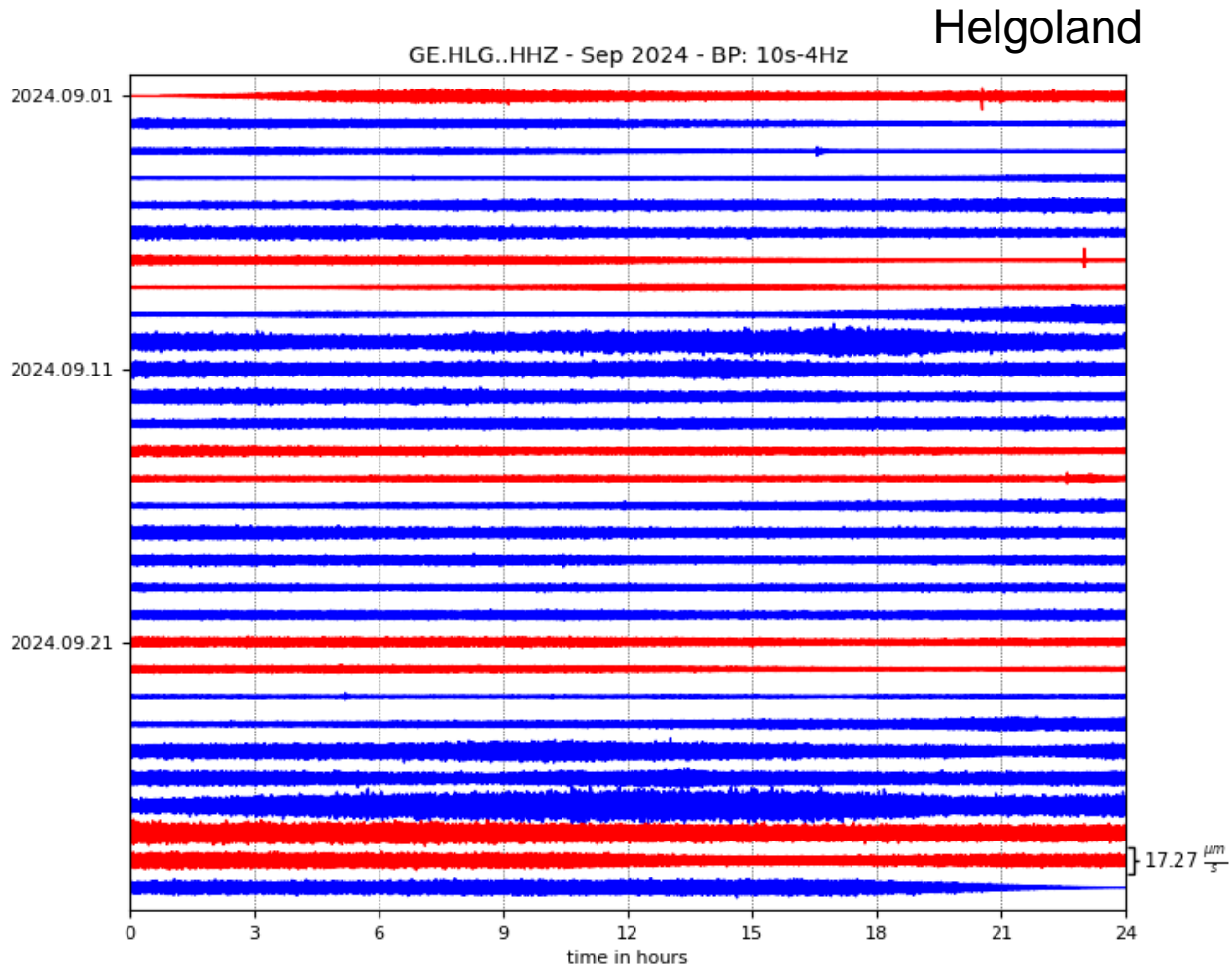


SHARP unified earthquake catalogue for North Sea



# AP 1.3 Natürliche Mikroseismizität und anthropogener Lärm

>Charakterisierung des zeitlich variablen seismischen Rauschens



# AP 3.2 Seismisches Monitoring-Konzept

Synthese der anderen AP's (→ *K.U.M.*) in Bezug auf seismisches Monitoring

- >(erwartbare) regionale & lokale Hintergrundseismizität
- >lokale Standortbedingungen (Rauschpegel, Detektionsschwelle)
- >technologische Entwicklung (Seismometrie)

Ableitung von Empfehlungen für passiv-seismisches Monitoring

- >Instrumentierung (techn. Spezifikation, Geometrien)
- >Auswerteverfahren

# GEOSTOR II

## Passive seismic monitoring

Dr. Florian Schmid

Arne Schwenk

K.U.M. Umwelt- und Meerestechnik Kiel GmbH



SPONSORED BY THE



## AP 3.1 Entwicklung + Prototyping von Sensorknoten

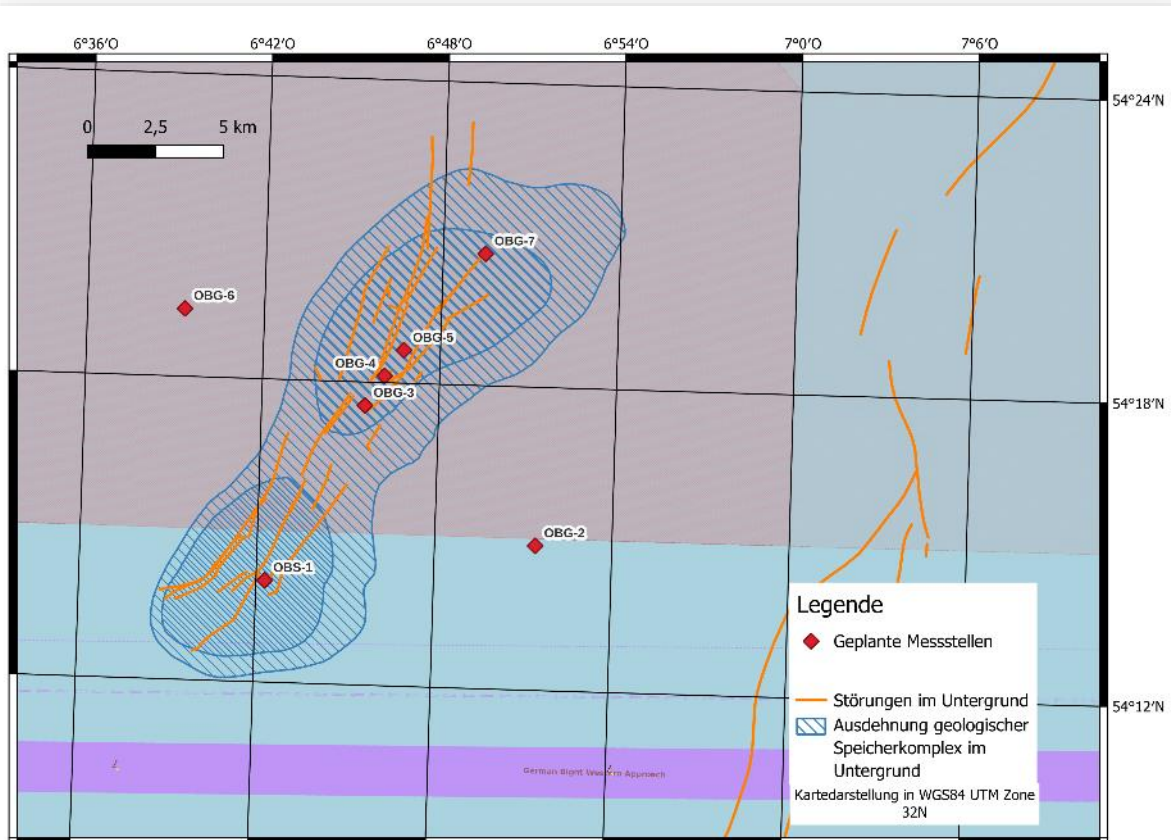
- **M1** - 12/2024: Elektronische Steuerung von Sensor fertig entwickelt und Bereit für Labortests ✓
- **M2** - 02/2025: Labortests mit neuem Sensor + elektronischer Steuerung abgeschlossen. ✓ ~2 Monate verspätet
- **M3** - 02/2025: Gehäuse für Sensorknoten fertig entwickelt und Validierung abgeschlossen. ✓ ~2 Monate verspätet
- **M4** - 03/2025: Sieben Prototypen Sensorknoten sind gefertigt und stehen bereit zum Feldtest in der Nordsee ✓ ~2 Monate verspätet

## AP 1.3 Baseline natürliche Seismizität, „seismic noise“ + Feldtest von 7 Sensorknoten Prototypen in der Nordsee

- **M4** - 03/2025: Sieben Prototypen Sensorknoten sind gefertigt und stehen bereit zum Feldtest in der Nordsee ✓ ~2 Monate verspätet
- **M5** - 10/2025: Offshore Test mit Sieben Prototypen der neuen Sensoren abgeschlossen
- **M6** – 07/2027: Auswertung des Offshore Test mit mehreren Prototypen der neuen Sensoren ist abgeschlossen und fertig dokumentiert
- **M7** – 07/2027: Untersuchung der Einflüsse von natürlichen und anthropogenen Einflüssen auf die Qualität seismischer Daten ist abgeschlossen
- **M8** – 07/2027: Konzept für Echtzeit Datenübertragung finalisiert und Dokumentiert

## Karte mit geplanten Seismometer/Geophon Stationen

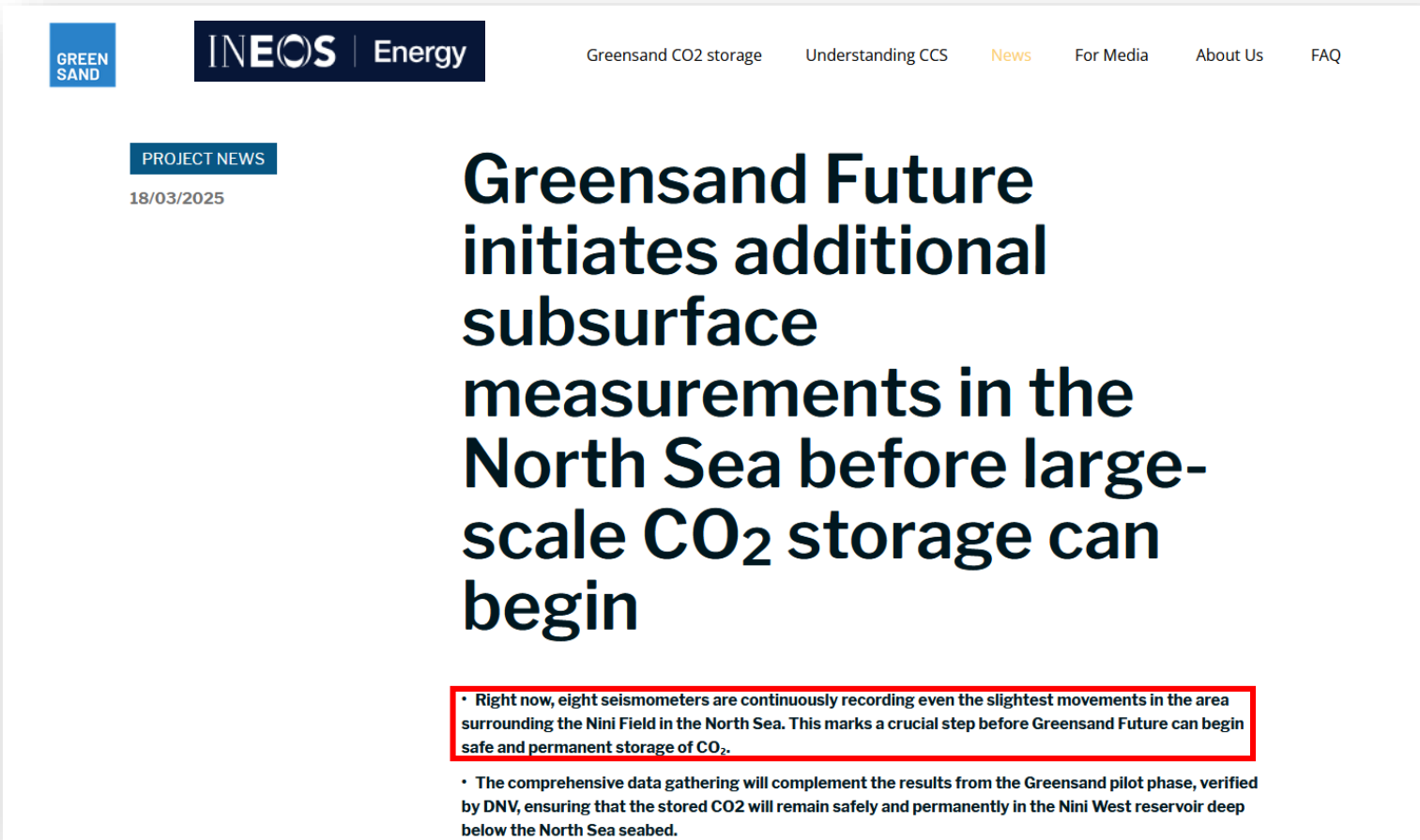
- BSH Antrag gestellt in 03/2025
- Bisher keine Rückmeldung zum Antrag
- Deployment geplant für August 2025
- Einholen geplant für 2026 mit RV Alkor



## Gehäuse der neue entwickelten Instrumente

- Max. Resilienz gegen Grundschleppnetz Fischerei war maßgeblich in der Entwicklung
- Das System kann mit unterschiedlichen Sensoren bestückt werden und soll später auch verkabelt werden können für Echtzeit Datenübertragung
- Elektronische Komponenten derzeit in Fertigung
- 1. Nasstest im Mai 2025





**GREEN SAND** | **INEOS Energy** | Greensand CO2 storage | Understanding CCS | News | For Media | About Us | FAQ

**PROJECT NEWS**  
18/03/2025

## Greensand Future initiates additional subsurface measurements in the North Sea before large-scale CO<sub>2</sub> storage can begin

- Right now, eight seismometers are continuously recording even the slightest movements in the area surrounding the Nini Field in the North Sea. This marks a crucial step before Greensand Future can begin safe and permanent storage of CO<sub>2</sub>.
- The comprehensive data gathering will complement the results from the Greensand pilot phase, verified by DNV, ensuring that the stored CO<sub>2</sub> will remain safely and permanently in the Nini West reservoir deep below the North Sea seabed.

- K.U.M. Liefert Daten und Auswertung für **Greensand Future**
- Eingesetzt Instrumente sind noch herkömmliche Ozeanboden Seismometer
- In dem Auftrag konnten wir Know-How aus **GEOSTOR** anwenden
- Wir gehen davon aus, dass Know-How aus dem Engagement in **Greensand Future** in **GEOSTOR-2** fließen wird



# GEOSTOR II

dynamic reservoir model



Prof. Sebastian Bauer

Dr. Ali Al-Sayah

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

SPONSORED BY THE



- **The derivation of risk-minimizing injection strategies**
  - Variation of well positions and well injection rates
  - Consideration of the long-term fate and mobility of the CO<sub>2</sub> phase
- **Investigation of leakage scenarios along potential pathways**
  - fault zone (on top of anticline)
  - boreholes (near borehole effects)

Quantification of possible scenarios and leakage rates for formation brine and CO<sub>2</sub> on the basis of permeabilities derived from geological models as well as the geomechanical history (cooperation AG Wuttke)
- **Investigation of intervention methods**
  - stopping / reversing CO<sub>2</sub> phase migration to leakage points
  - reduction of leakage rates

To achieve these aims,

- An updated dynamic reservoir model for the selected reference site in working area A (Henni) will be developed, taking into account the additional geological features from the final geological model of GEOSTOR phase 1.
- Numerical reservoir simulation of two-phase flow will be applied to simulate the leakage and intervention scenarios
- In cooperation with AG Wuttke, up-scaled local permeabilities in the faults zone and the near well zone will be developed from basic geomechanical considerations and detailed simulations

Current work

- Hired experienced CO<sub>2</sub> modeller: PhD. Ali Alsayah (since 02/2025)
- Setting up refined reservoir model

# GEOSTOR

## Auswirkungen von Meeresbodenbewegungen auf Infrastrukturen & Wegsamkeiten um Bohrungen und in natürlichen Störungen

Prof. Dr. Frank Wuttke, Dr.-Ing. Hendrawan Aji  
CAU Kiel



SPONSORED BY THE



Related work packages: AP2.2 - AP2.5; AP3.2

A. Improvement on the induced seismicity simulation including fault zones and soil-foundation-structure interaction on offshore wind turbines and development of offshore windfarms as a potential monitoring tool [M2.4; M2.7; M3.6]. → *induced seismicity / infrastructure*

> **Status:**

- > Refinement of the Kelvin-Voigt (viscoelastic) material properties for the seismic wave simulation based on a recent data (*Hunfeld et al. 2021* and *Allmark et al. 2018*) in addition to the previous ones.
- > New area of simulation to improve the accuracy of ground motions and the dynamic analysis of offshore wind turbines.
- > Re-examination of the data on the offshore wind turbines from various studies.
- > Refinement on the slip-tendency analysis using experimental data of friction coefficients from *Samuelson and Spiers (2012)*.

Continue ...

... Continued

B. Extended analysis of the geotechnical risks to the infrastructures as a result of the CO<sub>2</sub> injection [**M2.3; M2.7**]. → ***uplift and structural dynamics / infrastructure***

> ***Status:***

- > Literature study on the elastic material properties based on small strain data by *Hunfeld et al.* (2021) with conversion to large strain properties according to *Canady* (2011) and *Blake et al.* (2020).
- > Development of geological model for the simulation of ground surface deformation (seafloor upheaval).

C. Determination of the change in rock permeability at fault zones and boreholes (due to the fracturing and drilling processes) [**M2.5**]. → ***permeability change / faults and borehole***

> ***Status:***

- > Development of preliminary model using the finite discrete element method (FDEM) for the simulation of drilling process.
- > Development of preliminary model using finite element and lattice element method for the simulation of fault formation.
- > Calibration of material properties of numerical models for fault slip simulation to synchronize numerical model with laboratory data.

# Workshop zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)



## Zielsetzung

Definition der Kernelemente einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) für ein zukünftiges CO<sub>2</sub>-Speicherprojekt im Gebiet A unter Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen (KSpG, UVPG,...) und lokalen Umweltbedingungen

## Mögliche Termine

04. Nov., 25. Nov., 26. Nov. 2025 11:00 - 17:00 Uhr

## Ort

GEOMAR, Kiel (Hybridveranstaltung)

## Teilnahme

GEOSTOR-Konsortium, GEOSTOR-Beirat, externe Gäste,...

## Programm

Vorträge: GEOSTOR, UBA, Northern Lights,...

Diskussion der Kernelemente einer Umweltverträglichkeitsprüfung im Gebiet A

# Thank you for your attention!



<https://geostor.cdrmare.de/en>



SPONSORED BY THE

