

83. Jahrestagung Deutsche Geophysikalische Gesellschaft

05.–09. März 2023 in Bremen



TAGUNGSBAND



ISSN 0344-7251

Deutsche Nationalbibliothek

Bibliographische Daten unter <http://d-nb.info/010965963/about/html>

Redaktion:

Fachbereich Geowissenschaften, MARUM

Universität Bremen

Klagenfurter Strasse 2–4

28213 Bremen

**Herzlich Willkommen zur 83. Jahrestagung
der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft
in Bremen!**

Wir, die Geophysikerinnen und Geophysiker aus Bremen und Bremerhaven, freuen uns, die 83. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft nach immerhin 17 Jahren zum zweiten Mal an der Universität Bremen ausrichten zu dürfen.

Neben den etablierten Themen werden wir, einer guten Tradition folgend, mit den Schwerpunktthemen und den eingeladenen Plenarvorträgen unsere geophysikalischen Forschungsaktivitäten an unseren Standorten vorstellen. Gerade Themen wie „Erneuerbare Energien“, „Geophysik zur Erforschung der sich rasch verändernden Polarregionen“ und „(Marine) Naturkatastrophen“ oder auch das diesjährige DGG-Kolloquium „Mineral Exploration Geophysics“ zeigen die wachsende Bedeutung der Geophysik – auch für die Gesellschaft. Damit bietet die Tagung einen sehr guten Auftakt für den anschließenden „DGG-Zukunftsworkshop“.

Insbesondere mit den Aktivitäten im Rahmen von „Meet & Greet“, dem „Lunchseminar zu Karriereperspektiven“ und dem „Lunch’n’Learn“ in Kooperation mit GSSPE Young Professionals hoffen wir auch gerade jüngere Kolleginnen und Kollegen anzusprechen.

Im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung wird ein „Company Slam“ stattfinden, bei dem sich die auf der Tagung vertretenen Firmen vorstellen können. Im Anschluss wird die Firmenausstellung eröffnet.

Das Programm wird durch einen öffentlichen Abendvortrag und Exkursionen zu verschiedenen Forschungseinrichtungen im Umfeld des Campus der Universität Bremen ergänzt.

***Wir hoffen, Sie zahlreich in Bremen auf der
DGG Tagung 2023 begrüßen zu dürfen.***

*Katrin Huhn, Marta Pérez-Gussinyé, Volkhard Spieß, Tilo v. Dobeneck
und das Tagungsteam*



COMPLETE
INTEGRATED
SOLUTIONS FOR
SEISMIC
MONITORING

FROM OCEAN BOTTOM TO THE MOUNTAINS

Nanometrics provides field-proven, powerful and durable solutions for seismic monitoring in all environments - from ocean bottom to mountain summits, from arctic challenges to desert deployments.

Please learn more on our website <http://nanometrics.ca> and visit us on our booth with IGM GmbH.



**Ingenieurgesellschaft für
Geophysikalische Messtechnik mbH**

Beratung | Service | Vertrieb

www.igm-geophysik.de | info@igm-geophysik.de

INHALTSVERZEICHNIS

Tagungsorganisation

Tagungsort / Veranstalter / Ausrichter / Eventmanagement	6
Lokales Organisationsteam / Kontakte	7

Allgemeine Hinweise	9
----------------------------------	---

Einladung zur DGG-Mitgliederversammlung	11
--	----

Wissenschaftliches Tagungsprogramm

Schwerpunktthemen	13, 15, 17
Session – Themenübersicht	18
DGG-Kolloquium	20

Sponsoren und Firmenaussteller	21
---	----

Hinweise zu Vorträgen und Postern	22
--	----

Veranstaltungen

Eröffnungsveranstaltung	24
Rahmenprogramm	26–27
Sitzungstermine	29

Übersicht Tagungsprogramm	30
--	----

Lagepläne	32–38
------------------------	-------

Programm	Montag, 6. März 2023	40–45
	Dienstag, 7. März 2023	46–52
	Mittwoch, 8. März 2023	53–58
	Donnerstag, 9. März 2023	59–63

Abstracts	S1 – (Marine) Geohazards	64–72
	S2 – Renewable Energy	73–87
	S3 – Geophysics to investigate the rapidly changing polar regions	88–98
	S4 – Tectonics and dynamics of rifts and ridges	99–104
	AG – Archäogeophysik	105–107
	EM – EM / Georadar	108–119
	GF – Geodäsie / Fernerkundung	120–122
	GD – Geodynamik	123–126
	GE – Geoelektrik / IP	117–139
	GO – Geophysik in der Öffentlichkeit	140–144
	UI – Ingenieur- und Umweltgeophysik	145–162
	GR – Gravimetrie	163–164
	MR – Marine Geophysik	165–177
	SM – Seismik	178–185
	SO – Seismologie	186–205
	VU – Vulkanologie	206–207
	MA – Magnetik / Erdmagnetismus	208–212

Autorenindex	213–220
---------------------------	---------

83. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft in Bremen, 05.–09. März 2023

TAGUNGSORT	Universität Bremen Bibliothekstraße 1, 28359 Bremen https://dgg2023.dgg-tagung.de
VERANSTALTER	Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V. Geschäftsstelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover Telefon: +49 (0)511 643 2718 E-Mail: geschaeftsfuehrer@dgg-online.de www.dgg-online.de
AUSRICHTER	Universität Bremen Fachbereich Geowissenschaften & MARUM Adresse: Klagenfurter Straße 2-4; 28213 Bremen www.geo.uni-bremen.de www.marum.de
EVENTMANAGEMENT	WITAGO – Agentur für Kongress- und Eventmanagement Adresse: Quintschlag 37, 28207 Bremen Kontakt: Kerstin Biegemann Telefon: +49 (0)421 48 543 526 (Büro) +49 (0)176 20736349 (vor Ort) E-Mail: dgg2023@witago.com www.witago.com



Mehr als 70 Jahre geophysikalische Dienste in Leipzig

geologische Interpretation
& Modellierung

Datenbearbeitung

Geophysik GGD

Gesellschaft für Geowissenschaftliche Dienste mbH

Consulting

Bornaische Str. 120
04279 Leipzig

Planung & Durchführung
geophysikalischer Feldmessungen

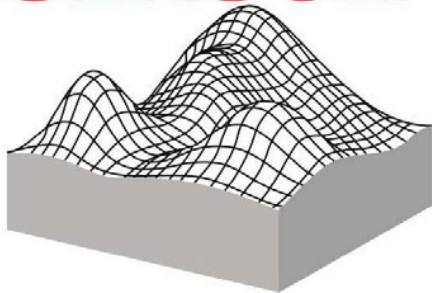
Digitalisierung &
Aufbereitung

www.geophysik-ggd.com

LOKALES ORGANISATIONSTEAM / KONTAKTE

Tagungsleitung	Katrin Huhn Marta Pérez-Gussinyé Volkhard Spieß Tilo von Dobeneck	dgg2023@uni-bremen.de
Wissenschaftliches Programm	Benedict Preu Karsten Gohl Katrin Huhn Marta Pérez-Gussinyé Olaf Eisen Vera Schindwein Stefan Wenau Tilo von Dobeneck Volkhard Spieß Wolfram Geissler	benedict.preu@iwes.fraunhofer.de karsten.gohl@awi.de khuhn@marum.de gussinye@marum.de olaf.eisen@awi.de vera.schindwein@awi.de stefan.wenau@iwes.fraunhofer.de dobeneck@uni-bremen.de vspiess@uni-bremen.de wolfram.geissler@awi.de
Firmenausstellung & Sponsoring	Volkhard Spieß	vspiess@uni-bremen.de
Abstractband & Webseite	Tilo von Dobeneck Heike Piero	dobeneck@uni-bremen.de hpiero@uni-bremen.de
Posterausstellung	Gerhard Bartzke	gbartzke@marum.de
Catering	Yngve Hillbrecht Ricarda Gatter	yhillbrecht@marum.de rgatter@marum.de
Tagungsbüro	Kerstin Biegemann	dgg2023@witago.com
Sonstiges	Katrin Huhn	khuhn@marum.de

SENSOR®



Die SENSOR Dichtungs-Kontroll-Systeme GmbH ist spezialisiert auf dem Gebiet der Detektion und Lokalisierung von Beschädigungen in Abdichtungen.

Unser Service umfasst alles von mobilen Dichtheitsprüfungen, Beratung von Baumaßnahmen mit fest installierten Kontrollsystemen, Angebotserstellung, Lieferung und Installation bis hin zu periodischen wiederkehrenden Kontrollmessungen der Abdichtungen. Unsere Einsatzgebiete sind Deponieabdichtungen, Lagerflächen, Speicherbecken und Flachdächer.

Kontakt:

SENSOR Dichtungs-Kontroll-Systeme GmbH
Haferwende 27a Tel: +49 (0) 421 – 43 68 79 - 43
28357 Bremen info@sensor-dks.com

SUMMIT X One

Unique Flexibility for Seismic Experts

SUMMIT X One, the world's most flexible seismic acquisition system – combines the advantages of cableless and cable systems and represents the latest generation of DMT's long-standing SUMMIT product line of field seismographs.

System benefits:

- For 2D/3D seismic surveys
- Most flexible field deployment
- Fully scalable system
- Fast data transmission with online data control
- Highest productivity
- Easy field logistics
- Continuous recording
- Only one battery for up to 50 single channels

„Set up and field handling with SUMMIT X One is very easy, flexible and fast. The system is reliable and data quality is of highest standard ...“

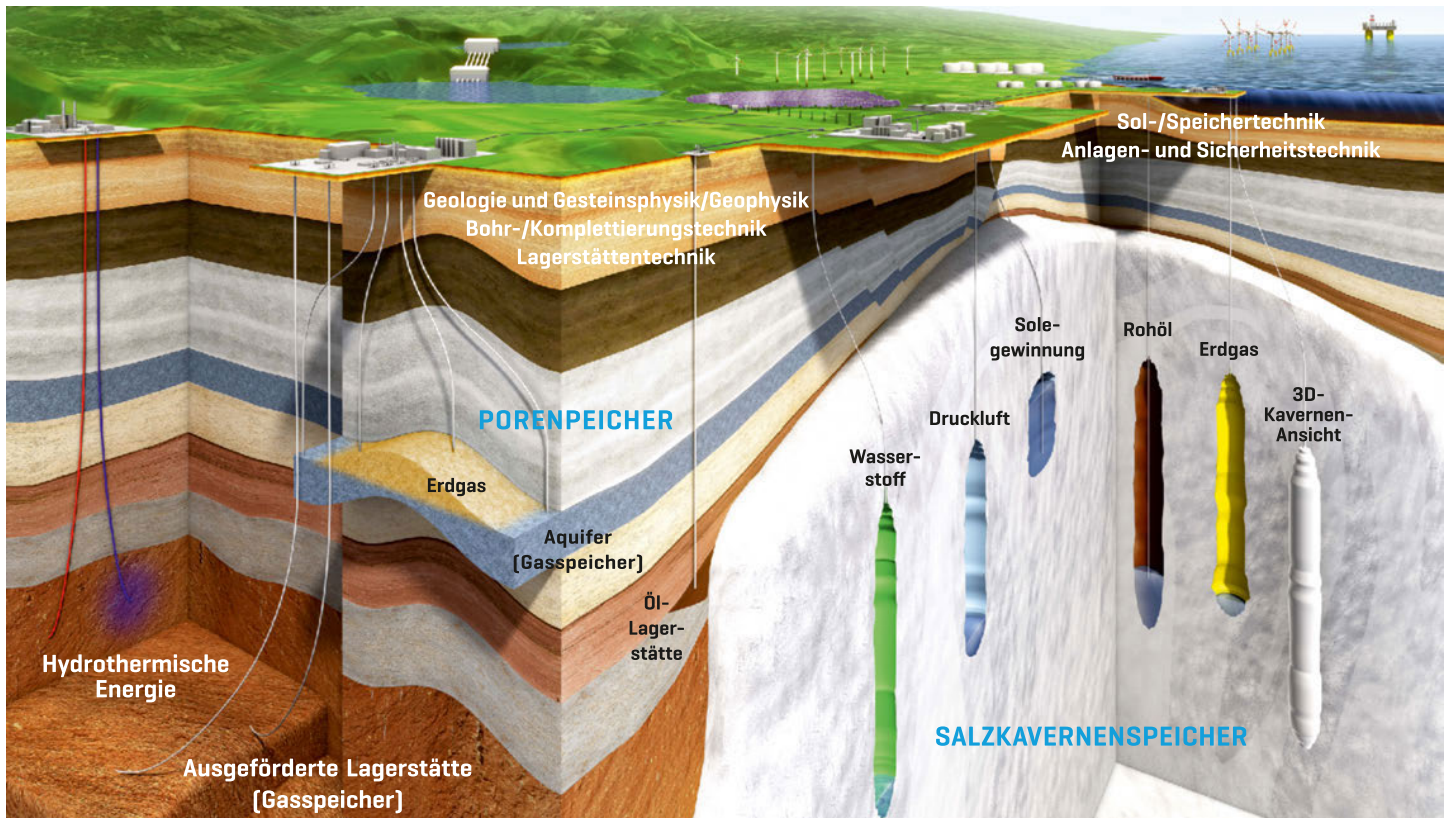
John Whiteford (Whiteford Geoservices Ltd)

dmt-group.com



TUVNORDGROUP

INNOVATIVE ENERGY STORAGE.



ALLGEMEINE HINWEISE

Tagungsgebühren

	Early Bird (bis 20.01.23)	Pre-Registration (bis 24.02.23)	Late & On-Site (ab 25.02.2023)
DGG-Mitglied, normal	165 €	200 €	260 €
DGG-Mitglied, Junior/innen*	25 €	45 €	80 €
AGS, AEF, DPG oder DMG Mitglied, normal	165 €	200 €	260 €
AGS, AEF, DPG oder DMG Mitglied, Junior/innen*	25 €	45 €	80 €
Nichtmitglieder, normal	215 €	250 €	310 €
Nichtmitglieder, Junior/innen*	40 €	60 €	95 €
Senior / Schullehrer/innen*	80 €	95 €	150 €
Gesellschaftsabend			
Nicht-Junior/innen	60 €	60 €	60 €
Junioren*	35 €	35 €	35 €
Begleitperson	60 €	60 €	60 €
Tageskarte	180 €	180 €	180 €

*Junior/innen sind am 05.03.2023 jünger als 30 Jahre und Senior/innen älter als 65 Jahre.

Der Differenzbetrag zwischen **Mitgliedern und Nichtmitgliedern** wird bei einem Beitritt zur DGG auf den Jahresbeitrag angerechnet. Der Beitrag für **Schullehrer/innen** gilt nur für Lehrkräfte an Schulen, jedoch nicht an Hochschulen.

Internetzugang

Während der DGG-Tagung wird permanent kostenloser WLAN Zugang möglich sein. Es werden zwei Verbindungsmöglichkeiten bereitgestellt:

- 1) Die Universität Bremen ist Mitglied im weltweiten universitären EDUROAM Netz. Jeder, der in seiner Heimatuniversität einen EDUROAM-Zugang hat, kann sich bei uns mit seinen normalen Benutzerdaten mit dem Internet verbinden. Dies ist die einfachste und bevorzugte Variante.
- 2) Für alle anderen (oder falls es Login-Probleme geben sollte) stehen WLAN-Voucher im Tagungsbüro zur Verfügung.

Kinderbetreuung

Bei Bedarf stehen am Tagungsort Räumlichkeiten zur Kinderbetreuung in unmittelbarer Nähe zu den Veranstaltungsorten zur Verfügung. Bei Bedarf wenden Sie sich bitte spätestens einen Tag im Voraus an Katrin Huhn (khuhn@marum.de).

NEU



LG-1 Galileo Land Gravimeter



- Robuster aber leichter Detektor mit Quartz-Kern
- Präzise Drift- und Temperaturkompensation
- Weltweiter Arbeitsbereich
- Quick Leveling System
- Abnehmbare Kontrolleinheit
- 8 GB Datenspeicher
- Built-in GPS und Bluetooth



Atom-1C und Atom-3C Seismik System



TYPISCHE ANWENDUNGEN

- UBC Vs30/ IBC Vs100 Site Classification
- Messungen tiefer geologischer Strukturen
- Stratigraphische und Lithologische Studien
- Grundbau
- Mikrozonierungsstudien (H/V Methode)

DAS ATOM-3C IST EIN MESSSYSTEM MIT:

- 24-bit AD-Wandlung
- 3 Kanäle
- GPS-Controlled Timing
- 8 GB interner Speicher
(bis zu 32 GB aufrüstbar)
- Sample Rate wählbar
- 560 Stunden Datenaufzeichnung
mit 8 GB Speicher
- WIFI integriert



WIR BIETEN:

Produkte für Seismik, Geoelektrik, Magnetik, Elektromagnetik, Gravimetrie, Georadar, NMR, Cosmic Ray, Ultraschall, uvm.
von den Herstellern Geometrics, GF Instruments, Geosym, Oyo Geospace, Quaesta Instruments, GSSI, Olson Instruments, Impulse Radar, Robertson, Vista Clara.

Allied Associates Geophysical GmbH, Geophysikalische Messgeräte
Tel. +49 (0) 2861 - 80 85 648, www.allied-germany.de

EINLADUNG ZUR DGG-MITGLIEDERVERSAMMLUNG

Dr. Katrin Schwalenberg, Geschäftsführerin, geschaeftsfuehrer@dgg-online.de

Im Namen des Vorstands der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) e.V. laden wir alle Mitglieder der DGG im Rahmen unserer 83. Jahrestagung zur **Mitgliederversammlung** am

Mittwoch, den 08. März 2023, von 17:00 bis ca. 19:00

im Großen Hörsaal, Hörsaalgebäude (HS 2010) auf dem Campus der Universität Bremen, Universitäts-Boulevard 15, 28359 Bremen ein.

TAGESORDNUNG

- TOP 1: Begrüßung, Feststellung der fristgerechten Einberufung und der Beschlussfähigkeit
- TOP 2: Genehmigung der Tagesordnung
- TOP 3: Genehmigung des Protokolls der Mitgliederversammlung vom 09. März 2022, online
- TOP 4: Bericht des Präsidenten
- TOP 5: Bericht der Geschäftsführung
- TOP 6: Bericht des Schatzmeisters
- TOP 7: Bericht der Kassenprüferinnen und Kassenprüfer sowie Entlastung des Schatzmeisters
- TOP 8: Bericht zum Geophysical Journal International
- TOP 9: Berichte der „Rote Blätter“- und der GMIT-Redaktionen
- TOP 10: Kurzberichte der Leiterinnen und Leiter der DGG-Komitees: Publikationen, PRO - Public Relations & Outreach, Jahrestagungen, Ehrungen, Firmen, Mitglieder, Studierende, Studienfragen, Kooperationen, Chancengleichheit, 100-Jahre DGG
- TOP 11: Kurzberichte der Sprecherinnen und Sprecher der DGG-Arbeitskreise: Angewandte Geophysik, Endlager-Geophysik, Elektromagnetische Tiefenforschung, Induzierte Polarisation, Seismik, Hydro- und Ingenieur-Geophysik, Dynamik des Erdinneren, Vulkanologie, Geschichte der Geophysik, Geothermie, Geodäsie/Geophysik, Seismologie, Marine Geophysik
- TOP 12: Neues vom Dachverband Geowissenschaften (DVGeo) und den geowissenschaftlichen Gesellschaften
- TOP 13: Aussprache
- TOP 14: Entlastung des Vorstands
- TOP 15: Wahlen zum Vorstand
- TOP 16: Protokollarische Feststellung des Vorstands
- TOP 17: Wahl der Kassenprüferinnen und Kassenprüfer
- TOP 18: Anträge und Beschlüsse
- TOP 19: Verschiedenes



Ingenieurunternehmen für integrierte
Planungs- und Bauleistungen
+ Beratung + Planung + Projektrealisierung

Vertriebspartner der Guideline Geo | ABEM



Guideline Geo is a world-leader in geophysics
and geo-technology offering sensors, software,
services and support necessary to map and
visualize the subsurface.

ABEM

MALÅ



Terrameter LS2
Resistivity and
IP surveying

Terraloc Pro 2
Seismic surveying

WalkTEM 2
TDEM surveying

**Easy Locator
Widerange**
GPR for utility locating

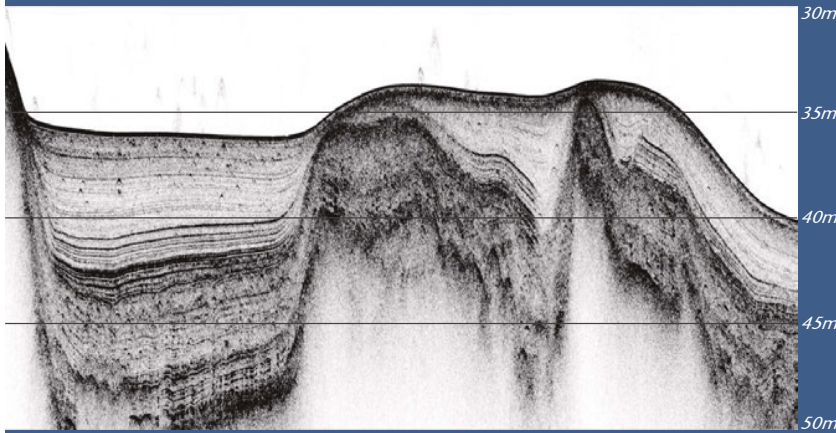
Ground Explorer
Flexible GPR solution

Mira HDR
Large scale 3D
GPR mapping

CDM Smith Consult GmbH
Ingersheimer Str. 10 | D-70499 Stuttgart
+49 711 83076-28 | stuttgart@cdmsmith.com

GUIDELINE GEO AB (PUBL)
Hemvärnsgatan 9 | SE-171 54 Stockholm, Sweden
+46 8 557 613 00 | sales@guidelinegeo.com

www.innomar.com



Data Example from a Norwegian Fjord (Innomar "standard" SBP, 10kHz)

Innomar Parametric Sub-Bottom Profilers

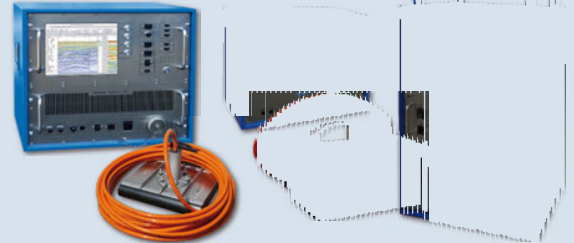
- ▶ Discover sub-seafloor structures and buried objects
- ▶ Acquire unmatched hi-res sub-seabed data with excellent penetration
- ▶ Cover all depth ranges from less than one meter to full ocean depth
- ▶ Highly portable equipment for fast and easy mobilisation
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Used worldwide for various applications by industry, authorities, science

Innomar Technologie GmbH • Schutower Ringstr. 4 • 18069 Rostock • Germany

▶ Shallow-Water Solutions



▶ High-Power Solutions



▶ Remotely Operated Solutions



Innomar



WISSENSCHAFTLICHES TAGUNGSPROGRAMM

SCHWERPUNKTTHEMEN

S1: (Marine) Naturgefahren – von der Beobachtung zur Langzeitüberwachung und Modellierung – neueste methodische Entwicklungen in der Geophysik

*Katrin Huhn (MARUM, Uni Bremen),
Wolfram Geissler (AWI Bremerhaven),
Andrey Babeyko (GFZ Potsdam)*

Erdbeben, vulkanische Aktivitäten und damit oft einhergehende großvolumige, gravitative Massenbewegungen gehören zu den zerstörerischen Naturgefahren auf unserer Erde. Treten diese Ereignisse im Marinen auf, haben sie zudem das Potenzial, Tsunamis auszulösen, deren Auswirkungen wiederum selbst weit entfernte Küsten bedrohen können. Gerade aufgrund dieses kaskadierenden Verhaltens müssen diese Georisiken mit einem multi-hazard/multi-risk-Ansatz untersucht werden.

In den letzten Jahrzehnten wurde eine Vielzahl von Studien mit einem breiten methodischen Spektrum durchgeführt, die alle darauf abzielten ein grundlegendes Prozessverständnis von Naturgefahren, d.h. ihre jeweiligen Auslösemechanismen und deren Zusammenspiel zu gewinnen, um so potenzielle Vorläufer identifizieren und (Multi-)Gefahrenfolgen vorhersagen zu können. Die dabei angewandten Methoden reichen von der geophysikalischen Vermessung und Charakterisierung des Untergrundes über Bohrloch- und insitu Messungen sowie satellitengestützten Beobachtungen bis hin zu analogen und numerischen Modellierungen. Dabei besonders hervorzuheben sind die neuesten methodischen Entwicklungen im Bereich der Langzeitüberwachungssysteme und deren gekoppelter Einsatz mit numerischen Prozesssimulationen.

Dieser Schwerpunkt möchte nun Beiträge sowohl aus dem marinen als auch dem terrestrischen Bereich zusammenbringen, um gemeinsam unser Verständnis zum Zusammenspiel natürlicher Naturgefahren, ihrer jeweiligen Dynamik und ihrer Folgen zu verbessern und voranzutreiben. Dies schließt Beiträge, von der geophysikalischen Feldbeobachtung, dem Einsatz von Labortechniken, Überwachungs- und Frühwarnsysteme bis hin zu analogen und numerischen Modellierungen ein – um nur einige zu nennen.

Plenarvortrag:

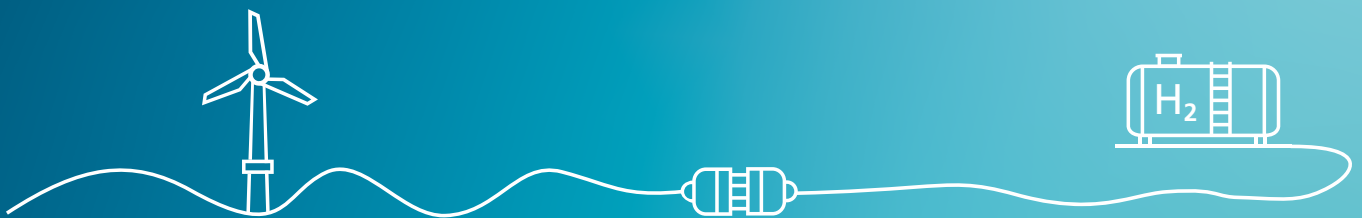
Hélène Hébert (*National coordinator of French Tsunami Warning Center*):

Tsunami science for the sake of efficient warning and preparedness

Montag, 14:00 Uhr, Großer Hörsaal HS2010

Studierendenjob oder Berufseinstieg

Entwickle mit uns zusammen neue Technologien für Windenergie und Wasserstoff



Wir suchen dich!

Das sind wir ...

Unsere großen Themen am Fraunhofer IWES sind Wind- und Wasserstofftechnologien. Bei uns betreiben mehr als 300 Wissenschaftler*innen und Angestellte sowie über 100 Studierende aus über 30 Ländern an neun Standorten anwendungsnahe Forschung und Entwicklung. Wir sichern Investitionen in technologische Weiterentwicklungen durch Validierung ab, verkürzen Innovationszyklen, beschleunigen Zertifizierungsvorgänge und erhöhen die Planungsgenauigkeit durch innovative Messmethoden.

Wohin willst du dich entwickeln?

Wir unterstützen dich auf deinem individuellen Karriereweg. Sei es persönlich, fachlich oder methodisch, wir finden die passenden Qualifizierungsmaßnahmen für dich. Mit unserem Programm »TALENTA« unterstützen wir beispielsweise gezielt die Karriereentwicklung von (Nachwuchs-) Wissenschaftler*innen durch Qualifizierungsangebote und den nötigen Freiraum für die eigene Weiterentwicklung. Du hast Interesse, eigenständig zu promovieren? Wir stehen dir dabei tatkräftig zur Seite! Du willst dich in weitere Themenfelder einbringen und eigenverantwortlich Themen vorantreiben? Bei uns gestaltest du deinen Aufgabenbereich aktiv mit.

Was wir dir bieten ...

Wenn du nicht gerade offshore unterwegs bist, kannst du mit

unserem Gleit- und Kernarbeitszeitsystem deinen Arbeitsalltag flexibel gestalten. Zusätzlich hast du bei uns die Möglichkeit, mobil zu arbeiten. Du weißt in Notfällen nicht, wo du deine Kinder unterbringen sollst? Wir unterstützen dich dabei mit einer Notfallbetreuung. Mitarbeitendenrabatte für Veranstaltungen, Kleidung, Urlaub & Co. kommen dir gelegen? Bei uns kannst du aus einem vielfältigen Angebot wählen und diese ganz einfach für dich per App nutzen.

Wir setzen auf Vielfalt und Chancengleichheit!

Unsere offene Institutskultur, die gegenseitige Toleranz und der Respekt tragen dazu bei, dass sich jede Person bei uns von Anfang an wohlfühlt. Dies fördern wir beispielsweise gezielt durch unser Onboarding-Programm für neue Mitarbeitende sowie durch die Sensibilisierung und Weiterbildung rund um die Themen Vielfalt und Chancengleichheit. Denn wir glauben fest daran, dass Diversität entscheidend zu unserem Erfolg beiträgt. Komm auch du zu uns und überzeuge dich selbst!

Du willst noch mehr erfahren?

Wenn du jetzt noch mehr Informationen über das IWES, unsere Forschungsaspekte und zukünftige Kolleg*innen haben willst, besuche gerne unsere Karriereseite:
www.iwes.fraunhofer.de/de/jobs_karriere



S2: Erneuerbare Energien – Beiträge der Geophysik an Land und auf See

Volkhard Spieß (Uni Bremen),

Stefan Wenau und Benedict Preu (IWES Fraunhofer)

Ein zentrales Thema unserer Zeit ist die Energiewende, und damit die Energie-gewinnung aus exogenen und endogenen Prozessen, die direkt auf und um den Erdkörper wirken. Sonneneinstrahlung, die davon angetriebenen atmosphärischen und ozeanischen Strömungs- und Niederschlagssysteme sollen einen wichtigen Beitrag leisten, aber auch die Geothermie aus der flachen Erdkruste.

Hierzu liefern die Geophysik, aber auch die Nachbardisziplinen Meteorologie und Ozeanographie wichtige Beiträge, sowohl beim Prozessverständnis, bei der Modellierung des Energieertrags, aber auch bei der Strukturabbildung, der Standortwahl und der Charakterisierung des Baugrunds. So kommen beispielsweise bei der Erkundung von Windparks eine Vielzahl von geophysikalischen Verfahren zum Einsatz, und die seismische Interpretation und Inversion bilden zusammen mit geologischen und geotechnischen Erkundungen die Schnittstelle zur Quantifizierung des Baugrunds und der ingenieurseitigen Auslegung von Gründungen. Auf See hat inzwischen der stetig wachsende Bedarf eine methodische wie technische Weiterentwicklung für Arbeiten in geringen Wassertiefen in Gang gesetzt, die zugleich auch eine wachsende Zahl qualifizierter Geophysiker und Naturwissenschaftler verlangt.

Unter diesem Schwerpunktthema laden wir daher Wissenschaftler aus Forschung und Industrie nicht nur aus der Geophysik, sondern aus den vielen assoziierten Arbeitsfeldern der Geowissenschaften, Physik und Technik ein, über mögliche Techniken und Anwendungsfelder zu berichten und die Bedürfnisse zukünftiger Entwicklungen zu formulieren.

Plenarvortrag:

Maarten Vanneste (*Norwegian Geotechnical Institute*)

Geophysical solutions and state-of-the-art data integration for offshore wind developments

Dienstag, 14:00 Uhr, Großer Hörsaal HS2010

MARITIME MANAGEMENT SERVICE

FOR RESEARCH AND SPECIAL PURPOSE VESSELS



Hafenstrasse 12 · D-26789 Leer · Germany
E-Mail: research@briese.de · www.briese.de
Tel.: +49 (0) 491 - 92 520 160

BRIESE RESEARCH

Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG is an international operating shipping company. With a fleet of more than 130 sea going vessels of various types, each equipped to the highest technical standards, Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG provides qualified marine transport services and is responsible for the management of the German research vessels ALKOR, ELISABETH MANN BORGESE, HEINCKE, LITTORINA, MARIA S. MERIAN, METEOR, SENCKENBERG and SONNE.

OUR SERVICES

full management of research and special purpose vessels

chartering and brokerage of research/supply/ special purpose vessels/ offshore supply and accommodation vessels

consulting services and realization in the areas of shipbuilding, repair & conversion

an interface for partners from shipping and science

the selection and recruitment of qualified and experienced crew

design, creation and realization of logistic models.

FUGRO

Fugro is the world's leading **Geo-data specialist**. We **unlock insights** from **Geo-data**. Through integrated data acquisition, analysis and advice, Fugro supports clients in mitigating risks during design, construction and operation of their assets, both **on land and at sea**.

We contribute to a **safe and liveable world** by delivering solutions in support of the energy transition, sustainable infrastructure and climate change adaptation.

fugro.com



S3: Die Geophysik zur Erforschung der sich rasch verändernden Polarregionen

Vera Schlindwein und Karsten Gohl (AWI Bremerhaven)

Die arktischen und antarktischen Eisschilde und das Meereis ziehen sich mit alarmierender Geschwindigkeit zurück. Trotz dieser dramatischen Beobachtungen ist unser heutiges Wissen über die Dynamik der Eisschilde sowie die Wechselwirkung zwischen den Eisschilden und ihrer subglazialen Topographie und der Rolle der tieferen festen Erde immer noch relativ spärlich. Ebenso sind die physikalischen Prozesse, die die Entwicklung des arktischen Meereises bestimmen, nicht vollständig verstanden. Daher sind umfassende Datensätze und deren multi-disziplinäre Analysen dringend erforderlich, um die physikalischen Eigenschaften der festen Erde, der Sedimente und der Kryosphäre der Polarregionen und ihre Rolle bei klimatischen Veränderungen auf verschiedenen Zeitskalen zu bewerten.

In diesem Schwerpunkt sind Beiträge willkommen, die auf einer Vielzahl von terrestrischen, glaziologischen, marinen, flugzeug- und satellitengestützten geophysikalischen Datensätzen in den Polarregionen basieren. Zu den Analyse- und Modellierungsmethoden gehören Seismologie, Kryoseismologie, Reflexions- und Refraktionsseismik, Potenzialfeldmethoden, geothermischer Wärmefluss, EM-Methoden, Kernmessdaten, Fernerkundung und geodätische Messungen.

Plenarvortrag:

Christoph Mayer (*Bayrische Akademie der Wissenschaften München*)

Glaciers in Central Asia, the great unknown

Mittwoch, 14:00 Uhr, Großer Hörsaal HS2010

S4 Tektonik und Dynamik von Dehnungs- und Spreizungsrücken

Marta Pérez-Gussinyé (Uni Bremen),

Vera Schlindwein und Karsten Gohl (AWI Bremerhaven)

Das Driften der Kontinente ist ein grundlegender Prozess der Plattentektonik, bei dem sich die kontinentale Lithosphäre dehnt und ausdünnert, was zum Auseinanderbrechen und zur Bildung neuer ozeanischer Spreizungsrücken führt. Das Verständnis der verschiedenen Prozesse, die zum Rifting und zur Spreizung beitragen, ist von grundlegender Bedeutung, um das Potenzial dieser Gebiete für unerschlossene Ressourcen zu ermitteln, die zurzeit für die Green Economy notwendig sind. Dies schließt auch Untersuchungen der Beziehung zwischen Tektonik, Sedimentation, Magmatismus und hydrothermalen Zirkulation mit ein. Der Schwerpunkt möchte Beiträge zu allen Aspekten von der Entstehung von Rifts über ihre Umwandlung in Spreizungsrücken bis zur anschließenden Tektonik und Dynamik der stetigen Ausbreitung des Meeresbodens zusammenbringen. Dabei sind Beiträge aus einem breiten Spektrum von Disziplinen von den Feldbeobachtungen bis zur Modellierung willkommen.

Plenarvortrag:

Sascha Brune (*GFZ Potsdam & Universität Potsdam*):

Geodynamics of Continental Rifting

Donnerstag, 14:00 Uhr, Großer Hörsaal HS2010

SESSION – THEMENÜBERSICHT

S1: (Marine) Naturgefahren - von der Beobachtung zur Langzeitüberwachung und Modellierung
- neueste methodische Entwicklungen in der Geophysik

S2: Erneuerbare Energien – Beiträge der Geophysik an Land und auf See

S3: Die Geophysik zur Erforschung der sich rasch verändernden Polarregionen

S4: Tektonik und Dynamik von Rift- und Spreizungsrücken

AG: Archäogeophysik

EM: EM / Georadar

GF: Geodäsie / Fernerkundung

GD: Geodynamik

GE: Geoelektrik / IP

GO: Geophysik in der Öffentlichkeit

UI: Ingenieur- und Umweltgeophysik

GT: Geothermie / Radiometrie

GR: Gravimetrie

MR: Marine Geophysik

SM: Seismik

SO: Seismologie

GP: Glaziologie

VU: Vulkanologie

MA: Magnetik / Erdmagnetismus

Take SENSYS equipment for your
GEOMAGNETIC
exploration and surveys

Smart on air
MagDrone

Bold on ground
MAGNETO MX

SENSYS[®]
Magnetometers & Survey Solutions

#sensysmag | www.sensys.de | info@sensys.de | +49 33631 59650

We take energy forward

We are Baker Hughes, an energy technology company. Together, we're making energy safer, cleaner, and more efficient for people and the planet.

Energy for today and tomorrow.

The energy sector is changing, faster than ever before. The energy trilemma – solving for energy security, sustainability, and affordability – is rebalancing our priorities and creating a **NEW PATH FORWARD** for the industry.

We believe we can meet those objectives together. As **DEMAND FOR ENERGY** increases, we're demanding more from energy, making it more sustainable, more reliable, more abundant, and more accessible.

Our portfolio is enriched by digitization, artificial intelligence and automation capabilities that enable remote operations, reduce risk, and drive decarbonization efforts. At our technology center in **CELLE**, **GEOPHYSICISTS** play an important role as part of a multi-discipline team to develop innovative products and services for our customers.

Let's drive the energy transition and your career forward.



To learn more, follow us on Twitter (@bakerhughesco)
or visit us at bakerhughes.com

<https://careers.bakerhughes.com/global/en>

Baker Hughes 

DGG-KOLLOQUIUM

Das DGG-Kolloquium beschäftigt sich in diesem Jahr mit dem Thema „**Mineral Exploration Geophysics**“. Das Kolloquium findet am Mittwoch, den 08. März 2023, als Teil der Tagung am Tagungsort parallel zu den anderen Sessions statt.

Das Kolloquium wird vom Arbeitskreis Angewandte Geophysik organisiert. Das Kolloquium findet im großen Hörsaal HS2010 im Hörsaalgebäude statt.

PROGRAMM

- 09:00–09:40 Uhr Hendrik Müller, Katrin Schwalenberg, Udo Barckhausen, Thomas Kuhn (alle BGR):
Erkundung polymetallischer Massivsulfide im Indischen Ozean: Herausforderungen für die marine Magnetik und Elektromagnetik in der Tiefsee
- 09:40–10:20 Uhr Michael Becken (U Münster) und die DESMEX Projektgruppe:
DESMEX: luftgestützte elektromagnetische Tiefenexploration für die Lagerstätten erkundung
- 12:00–12:30 Uhr Markus Schiffler¹, Ronny Stolz^{1, 2}, Matthias Schmelz¹, Vyacheslav Zakosarenko^{1, 3}, Michael Schneider³, Jens Kobow³, Matthias Meyer³, Glenn Chubak⁴, Jonathan Rudd⁴, Michael Becken⁵
(¹ Leibniz-IPHT, Jena; ² TU Ilmenau; ³ Supracon, Jena; ⁴ DIAS Geophysical, Saskatoon, Kanada; ⁵ U Münster):
Entwicklungstrends quantenbasierter Sensorsysteme für die luftgestützte magnetische Exploration
- 12:30–13:00 Uhr Felix Hloušek¹, Stefan Buske¹, Lena Bräunig¹, Michal Malinowski², Alireza Malehmir², Magdalena Markovic³, Lukasz Sito⁴, Paul Marsden⁵, Emma Bäckström⁵, Musa Manzi⁶, Mpofana Sihoyiya⁶, Suvi Heinonen², Gardar Gislason², Emilia Koivisto⁷, Marek Wojdyla⁴
(¹ TU Bergakademie Freiberg; ² Geological Survey of Finland; ³ Uppsala U; ⁴ Geopartner Ltd.; ⁵ Nordic Iron Ore AB; ⁶ U Witwatersrand; ⁷ U Helsinki):
Mineralische Rohstoffexploration mittels fokussierender pre-stack Migrationsverfahren – Methoden und Anwendungsbeispiele

SPONSOREN UND FIRMENAUSSTELLER

Wir bedanken uns bei Ihnen!

Allied Associates Geophysical GmbH

Baker Hughes

Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG

CDM Smith Consult GmbH + GuidelineGeo ABEM MALA

DB Engineering & Consulting GmbH

DEEP.KBB GmbH

DiGOS Potsdam GmbH

DMT GmbH & Co. KG

Eastern Atlas GmbH & Co. KG

European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE)

Fraunhofer IWES

Fugro Germany Marine GmbH

GEOSYM GmbH

Geotomographie GmbH

Geophysik GGD mbH

GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH

Ingenieurbüro Gerald Müller GmbH (IGM) & Nanometrics

Innomar Technologie GmbH

Leibnitz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Mobile Geophysical Technologies (MGT)

Patzold, Köbke Engineers GmbH & Co. KG (PKE)

Reederei F. Laeisz GmbH

SENSOR-DKS Bremen

SENSYS - Sensor und Systemtechnologie GmbH

TEEC GmbH

HINWEISE ZU VORTRÄGEN UND POSTERN

TAGUNGSPROGRAMM

Alle Abstracts sowie ein Online-Tagungsprogramm inkl. eines Online-Sitzungsplaners stehen Ihnen auf der Tagungswebseite zur Verfügung: <http://dgg2023.dgg-tagung.de>

Ein kostenloses Pocket-Tagungsprogramm (ohne Abstracts) wird bei der Anmeldung vor Ort im Tagungsbüro in gedruckter Form ausgehändigt.

POSTER

Für die Poster werden Stellwände im A0 Portrait-Format sowie Befestigungsmaterial im Ausstellungsraum bereitgestellt. Pro Poster steht eine Posterstellwand zur Verfügung. Alle Poster werden für die gesamte Dauer der Tagung im Raum GW2 B3009 ausgestellt. Die Anwesenheit einer/r Autor*in wird während der zugeordneten Posterausstellung erwartet. Während dieser Zeit finden keine Vorträge statt.

VORTRÄGE

Die Vortragszeit beträgt **15 Minuten zzgl. 5 Minuten** für die Diskussion. Die Präsentationen müssen auf einem geeigneten Datenträger (USB-Stick) im Format PDF oder Microsoft Powerpoint vorliegen. In den Hörsälen steht Vortragstechnik mit Laptops bereit, auf welche die Dateien aufgespielt werden müssen. Die Technik und Assistenz stehen täglich ab 8.00 Uhr zur Verfügung. Falls Sie Videos abspielen möchten, empfehlen wir dringend, die Präsentation auf dem Laptop im Hörsaal zu testen.

AUSZEICHNUNGEN

Die drei besten Poster und Vorträge von jungen Erstautor*innen (bis 31 Jahre) werden prämiert. Die Ausgezeichneten erhalten ihre Urkunde bei der Abschlussveranstaltung am Donnerstag.





Geotomographie
Seismic Borehole Equipment
for P-, SH- and SV-Waves

**NEW
SV Source**



Besuchen Sie uns
an unserem Stand
auf der DGG2023
in Bremen

www.geotomographie.de



**Anregung, Aufzeichnung und
Übertragung seismischer Daten -
Alles aus einer Hand!**

DiGOS ist Ihr Ansprechpartner für zuverlässige und felderprobte Datenerhebung und Telemetrie. Unsere Lösungen stehen für einfache und sichere Handhabung, Präzision, geringen Strombedarf und hohe Produktqualität. Über 2500 DATA-CUBE³ werden erfolgreich in mehr als 40 Ländern für seismische oder artverwandte Messungen eingesetzt.

DiGOS

**OUR PEOPLE WORK FOR A SAFER
AND GREENER ENVIRONMENT!**

Werden Sie Teil eines professionellen sowie familiären Teams aus engagierten Geowissenschaftlern und Ingenieuren, die unsere Umwelt ein Stück sicherer machen und mit Kompetenz die Energiewende aktiv unterstützen!



Unsere Tätigkeitsfelder/Kompetenzen:

- Hydrografische Vermessung
- Geophysikalische Vermessung
- Kampfmittel Vermessung
- Baugrunderkundung
- ROV Arbeiten
- AUV Arbeiten



www.pk-engineers.de

PKE
Patzold Köbke Engineers

Interested in...



Seismic Data
Processing

Oil & Gas

Geophysics,
Science & IT

Research &
Development

AI -
Applications
... in
Geophysics
and beyond

Energy
transition
Projects

Consulting

www.teec.de
info@teec.de

VERANSTALTUNGEN

ERÖFFNUNGSVERANSTALTUNG

Die feierliche Eröffnungsveranstaltung findet am

Montag, den 6. März 2023, von 16.00 Uhr bis ca. 17.30 Uhr

im Großen Hörsaal HS2010 im Hörsaalgebäude (Keksdose; Boulevard 9/10)
auf dem Campus der Universität Bremen statt.

Programm:

Begrüßung durch die Tagungsleitung	Prof. Dr. Katrin Huhn
Grußwort des Rektorats der Universität Bremen	Prof. Dr. Michal Kucera
Grußwort der Dekanin des Fachbereichs Geowissenschaften	Prof. Dr. Simone Kasemann
Grußwort des Direktors des MARUM	Prof. Dr. Michael Schulz
Rede des Präsidenten der DGG	Prof. Dr. Thomas Bohlen
Eröffnung der Tagung	

Verleihung der Ehrungen und Preise 2023

Günter-Bock-Preis für hervorragende Publikation	Jonas Preine (U Hamburg)
Studierenden Preis	Lukas Ninnemann (TU BA Freiberg)
Kurzvortrag des diesjährigen Günter-Bock-Preisträgers	Jonas Preine (U Hamburg)
<i>Vortragstitel: "This Rift is on Fire: Volcano-Tectonic Evolution of the Christiana-Santorini-Kolumbo volcanic field"</i>	
<i>Musikalische Begleitung</i>	Christopher Spintge

im Anschluss

Company Slam

Moderation	Prof. Dr. Volkhard Spieß
------------	--------------------------

Eröffnung der Firmenausstellung

im Foyer GW2 mit Getränken und Brezeln



ERKUNDUNGEN

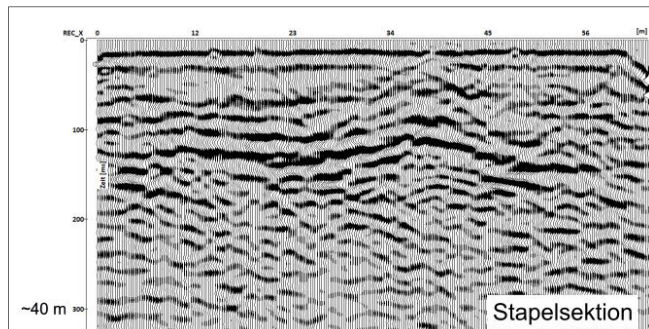
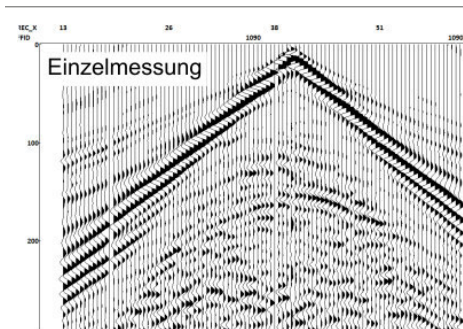
mit dem Electrodynamic Vibrator System EIViS VII

- Gesamtgewicht:** ca. 130 kg
- Gewicht:** ca 32 kg (Quelle)
- Nutzfrequenzbereich:** 20 - 240 Hz
- Spitzenkraft:** ca. 1100 N
- Energieversorgung:** 12 V DC
- Eindringungstiefe:** ca. 150 m
VSP: ca. 200 m für S-Wellen
> 500 m für P-Wellen

PLANUNG UND DURCHFÜHRUNG
SEISMISCHER MESSUNGEN

BEARBEITUNG UND INTERPRETATION
DER SEISMISCHEN DATEN

OBERFLÄCHENNAH
UND HOCHAUFLÖSEND



GEOSYM GmbH GEOPHYSICAL MEASUREMENT SYSTEMS
Forstgrund 16 | D-30629 Hannover | +49 511 582105 | info@geosym.de | www.geosym.de

RAHMENPROGRAMM

Begrüßungsabend

Der Begrüßungsabend wird am Sonntag, den **5. März 2023, ab 18 Uhr** in der Gasthausbrauerei Schüttinger, Hinter dem Schütting 12-13, 28195 Bremen, im Stadtzentrum stattfinden. Eine Anmeldung ist nicht erforderlich. Registrierte Teilnehmer*innen, die sich für den Begrüßungsabend angemeldet haben, erhalten dort ihre Tagungsunterlagen.

Studentischer Abend

Der studentische Abend findet am Montag, den **6. März 2023 ab ca. 19:30 Uhr** im großen Hörsaal Geo1550 und um Foyer des Geo-Gebäudes statt. Er wird durch die Studierenden des Studiengangausschusses des Fachbereich Geowissenschaften organisiert und durch die DGG sowie Sponsoren unterstützt.

Gesellschaftsabend

Der traditionelle Gesellschaftsabend der DGG findet am Dienstag, den **7. März 2023 ab 20:00 Uhr** (Einlass ab 19.30 Uhr) im Bremer Ratskeller (Innenstadt; Am Markt) statt. Das Abendessen (Buffet) sowie ein Freigetränk und ein Kaffee sind im Preis für den Gesellschaftsabend enthalten (60 € p. P.). Zur Teilnahme am Gesellschaftsabend ist eine gesonderte Anmeldung bei der Registrierung erforderlich.

„Meet & Greet“-Frühstück für Wissenschaftlerinnen

Zum siebenten Mal wird das „Meet & Greet“-Frühstück für Wissenschaftlerinnen in diesem Jahr stattfinden. Ziel der Veranstaltung ist es, eine Plattform für den gegenseitigen Austausch anzubieten. Studentinnen und junge Wissenschaftlerinnen erhalten die Gelegenheit, beruflich fortgeschrittene Geophysikerinnen zu treffen und im persönlichen Gespräch verschiedene berufliche Werdegänge kennenzulernen.

Das Frühstück findet am **Dienstag, den 7. März 2023 von 8:00 bis 9:00 Uhr** im Raum GW2 B2890 statt. Für die Teilnahme ist eine gesonderte Anmeldung bei der Registrierung erforderlich. *(Die Veranstaltung ist bereits ausgebucht).*

Impulsreferat: **Dr. Gesa Netzeband** (Geschäftsführerin DGMK)

Öffentlicher Abendvortrag

Der öffentliche Abendvortrag der DGG findet am **Mittwoch, den 8. März 2023, 20:00–21:00 Uhr** im Haus der Wissenschaft in der Bremer Innenstadt in der Sandstrasse 4/5 statt. Zur Teilnahme am Gesellschaftsabend ist eine gesonderte Anmeldung bei der Registrierung erforderlich. Der Vortrag wird von **Prof. Dr. Christian Haas** (Universität Bremen / Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven) mit folgendem Titel gehalten: *Warum schmilzt das Eis am Nordpol? –Wichtige Antworten durch Geophysik im Arktischen Ozean*

Weitere Interessenten können den Vortrag auch live online verfolgen.

Der Zoom-Link zum Vortrag wird zeitnah auf der Tagungswebseite zur Verfügung gestellt:

<https://dgg2023.dgg-tagung.de/deutsch/veranstaltungen/%C3%B6ffentlicher-abendvortrag>

RAHMENPROGRAMM

Lunch'n Learn

Am Donnerstag, **den 9. März 2023, findet von 13:00–14:00 Uhr** im Raum GW2 B2890 ein GSSPE Young Professionals Lunch'n'Learn statt. Ziel dieser Veranstaltung ist die Vernetzung junger Geowissenschaftler*innen, um den Austausch sowohl auf der professionellen als auch der persönlichen Ebene zu fördern. Es werden Impulsvorträge von **Dr. Anna Swiatek** und **David Fischer** (beide Baker Hughes) gehalten. Dazu gibt es einen Mittagsimbiss. Die Teilnahme ist auf 30 Personen begrenzt, die Teilnehmer*innen sollten unter 36 Jahre alt sein. *(Das Event ist bereits ausgebucht).*

Lunchseminar Karriereperspektiven

Am Mittwoch, **den 8. März 2023, findet von 13:00–14:00 Uhr** im Raum GW2 B2890 zum vierten Mal das Lunchseminar „Karriereperspektiven“ statt.

Dr. Julia Wolf (DB Engineering), Dr. Johannes Roggenhafen (Reederei F. Laeisz), Dr. Michelle Wagner-Friedrichs und Dr. Benedict Preu (beide IWES Fraunhofer) sowie Dr. Oliver Ritzmann (Fraunhofer IEG) stellen exemplarisch ihre Werdegänge im Bereich der Geophysik vor und stehen für Fragen zur Verfügung.

Es ist eine Anmeldung bei der Registrierung erforderlich.

Abschlussveranstaltung

Die Abschlussveranstaltung mit Preisverleihung findet **am Donnerstag, 9. März 2023, von 15:00–16:00 Uhr** im großen Hörsaal HS2010 im Hörsaalgebäude (Keksdose) statt. Die besten Poster und Vorträge von jungen Erstautor*innen werden in diesem Rahmen prämiert.

Exkursionen

Interessierte können am Mittwoch, **den 8. März 2023, von 15:00–17:00 Uhr** an einer der unten aufgeführten Exkursionen teilnehmen. Die Exkursionen finden parallel statt.

Zur Teilnahme ist eine gesonderte Anmeldung im Tagungsbüro erforderlich.

Bitte tragen Sie sich vor Ort in die entsprechende Liste ein.

Die Anzahl der Teilnehmer/innen ist pro Führung begrenzt.

Treffpunkt ist 15:00 Uhr (im Anschluss an den Plenarvortrag) vor dem Tagungsbüro GW2 B2860. Sie werden von dort von unseren Tagungsscouts zu den jeweilige Institutionen geführt.

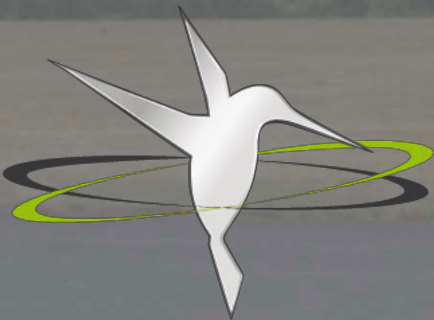
- **MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften**
www.marum.de
- **OHB Bremen**
www.ohb.de/unternehmen
- **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt**
www.dlr.de
- **ZARM – Zentrum für Angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation inkl. des Fallturm**
www.zarm.unibremen.de

PARADIGM SHIFT IN EARTH OBSERVATION



www.mgt-geo.com

CELLE | GERMANY



MOBILE GEOPHYSICAL
TECHNOLOGIES GMBH

SITZUNGSTERMINE

DGG-Vorstandssitzungen (auf Einladung)

Dienstag, 07.03.2023, 09:00–12:00 Uhr, Raum GW2 B2900

Donnerstag, 09.03.2023, 16:00–16:30 Uhr; Raum HS2010 (Großer Hörsaal)

Weitere Sitzungstermine

DGG Komitee Studienfragen: Montag, 06.03.2023, ca. 17:30–19:30 Uhr, Raum GW2 B3850

DGG Komitee Chancengleichheit: Montag, 06.03.2023, 13:00–14:00 Uhr, Raum GW2 B3850

DGG AK IP: Montag, 06.03.2023, 15:00–16:00 Uhr, Raum GW2 B2890

DGG AK Geothermie: Montag, 06.03.2023, 15:00–16:00 Uhr, Raum GW2 B3770

DGG AK Endlager Geophysik: Dienstag, 07.03.2023, 16:00–18:00 Uhr, Raum GW2 B2900

DGG AK EM: Dienstag, 07.03.2023, 17:00–18:00 Uhr, Raum GW2 B2890

DGG AK Kampfmitteldetektion: Dienstag, 07.03.2023, 17:00–18:00 Uhr, Raum GW2 B2880

DGG AK Seismologie: Dienstag, 07.03.2023, 17:00–18:00 Uhr, Raum GW2 B3850

BDG Ausschuss: Dienstag, 07.03.2023, 15:00 – ca. 17:00 Uhr, Raum GW2 B3850

Für weitere Treffen der Arbeitskreise und Komitees der DGG stehen weitere Seminarräume während der Tagung zur Verfügung.

Die Verantwortlichen werden gebeten, den Bedarf unter Angabe des Termins, der erwarteten Personenzahl und ggf. technischer Ausstattung bei Katrin Huhn anzumelden. → *E-Mail*



ÜBERSICHT TAGUNGSPROGRAMM

■ Sonntag, 5. März 2023

ab 18.00 Uhr: Begrüßungsabend in der Gasthausbrauerei Schüttinger +
Tagungsunterlagen für angemeldete Teilnehmer*innen

■ Montag, 6. März 2023

ab 08.00 Uhr	Registrierung
09:00 – 11:00 Uhr	Vorträge
11.00 – 12.00 Uhr	Posterausstellung + Kaffeepause
12.00 – 13.00 Uhr	Vorträge
13.00 – 14.00 Uhr	Mittagspause
14.00 – 15.00 Uhr	Plenarvortrag <i>Hélène Hébert</i>
15.00 – 16.00 Uhr	Posterausstellung + Kaffeepause
16.00 – 17.30 Uhr	Eröffnungsveranstaltung mit Company Slam
17.30 – 19.00 Uhr	Eröffnung Firmenausstellung
ab 19.30 Uhr	Studentischer Abend

■ Dienstag, 7. März 2023

08:00 - 09:00 Uhr	Meet & Greet
09:00 – 11:00 Uhr	Vorträge
11.00 – 12.00 Uhr	Posterausstellung + Kaffee
12.00 – 13.00 Uhr	Vorträge Geologiedatengesetz
13.00 – 14.00 Uhr	Mittagspause
14.00 – 15.00 Uhr	Plenarvortrag <i>Maarten Vanneste</i>
15.00 – 16.00 Uhr	Posterausstellung + Kaffee
16.00 – 17.40 Uhr	Vorträge
ab 19:30 Uhr	Gesellschaftsabend im Ratskeller Bremen

■ Mittwoch, 8. März 2023

09.00 – 13:00 Uhr	Kolloquium „Mineral Exploration Geophysics“
09:00 – 11:00 Uhr	Vorträge
11.00 – 12.00 Uhr	Posterausstellung + Kaffeepause
12.00 – 13.00 Uhr	Vorträge
13.00 – 14.00 Uhr	Mittagspause + Lunchseminar
14.00 – 15.00 Uhr	Plenarvortrag <i>Christoph Mayer</i>
15.00 – 17.00 Uhr	Posterausstellung + Kaffee
15.00 – 17.00 Uhr	Exkursionen
17.00 – 19.00 Uhr	Mitgliederversammlung
20.00 – 21.00 Uhr	Öffentlicher Abendvortrag: Christian Haas

■ Donnerstag, 9. März 2023

09:00 – 11:00 Uhr	Vorträge
11.00 – 12.00 Uhr	Posterausstellung + Kaffee
12.00 – 13.00 Uhr	Vorträge
13.00 – 14.00 Uhr	Mittagspause + Lunch´n´Learn
14.00 – 15.00 Uhr	Plenarvortrag <i>Sascha Brune</i>
15.00 – 16.00 Uhr	Abschlussveranstaltung mit Prämierung der besten Poster und Vorträge



Promoting scientific talents



Become a member of our LIAG family!

- Exciting topics of societal importance
- A great combination of geophysical tools and methods
- A creative and non-hierarchical working space
- Interesting external and internal trainings in our LIAG graduate school
- Flexible working hours
- Spatial and technical integration into the Geozentrum Hannover
- Extensive social and recreational infrastructure of the state capital of Lower Saxony



Apply for open positions or do your master's thesis at LIAG!

More information on our website: www.leibniz-liag.de/institut/karriere



Umwelt & Geo-Services

Wir gehen den Dingen auf den Grund

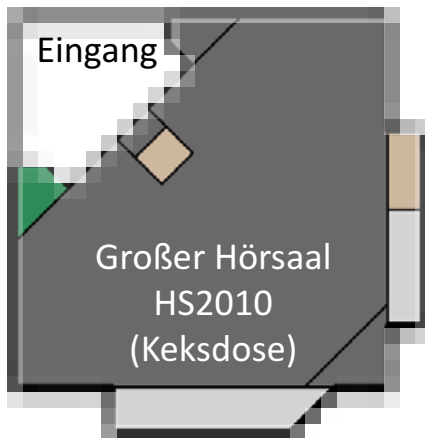
Damit Ihre Projekte in jeder Hinsicht auf sicherem Grund stehen, ist nicht nur die Erhebung von georeferenzierten Bestandsdaten für Ihre Bauprojekte Teil unserer Arbeit, sondern auch die Beratung zu allen Umweltfragen. Unsere Fachteams unterstützen Sie bei der Umsetzung und Abwicklung Ihrer Projekte und setzen dabei auf innovativ erhobene Daten.

DB Engineering & Consulting

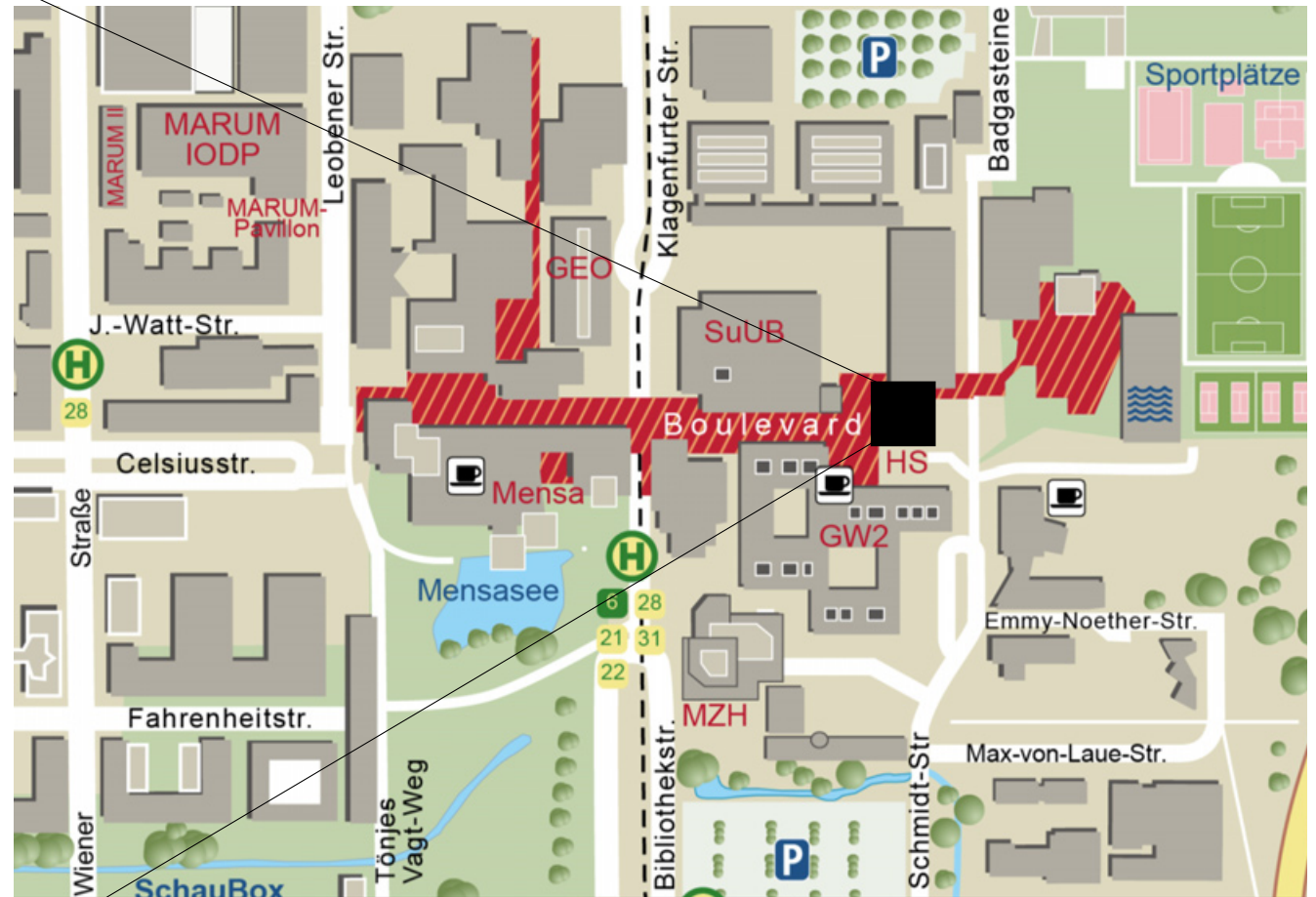


Hörsaalgebäude HS, Großer Hörsaal HS2010 (Universitäts-Boulevard 15)

Hörsaalgebäude (HS, Keksdose)

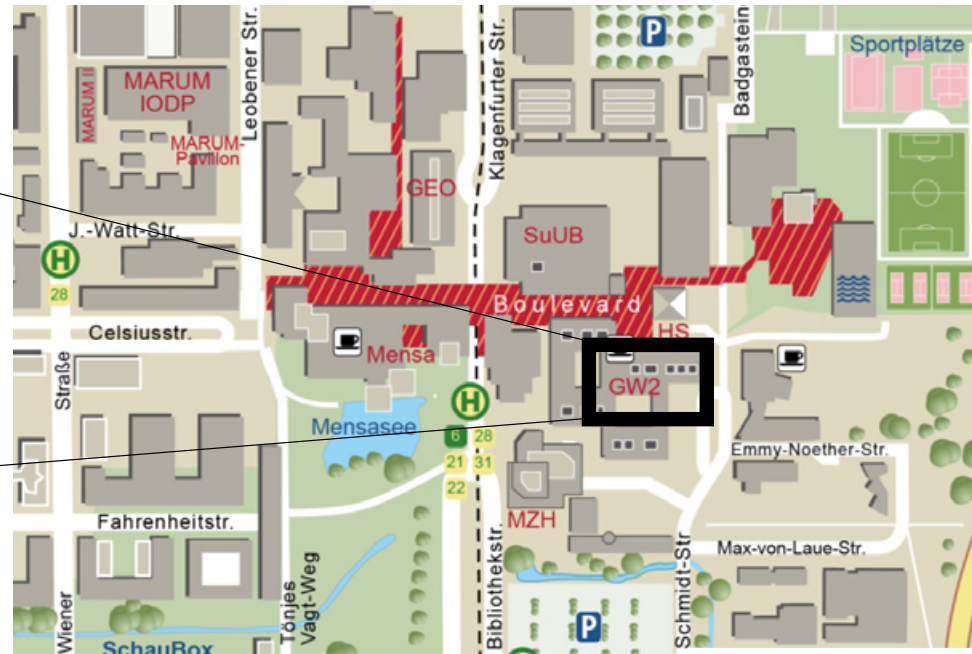


Plenarvorträge,
Eröffnungsveranstaltung,
Mitgliederversammlung,
DGG Kolloquium, etc.

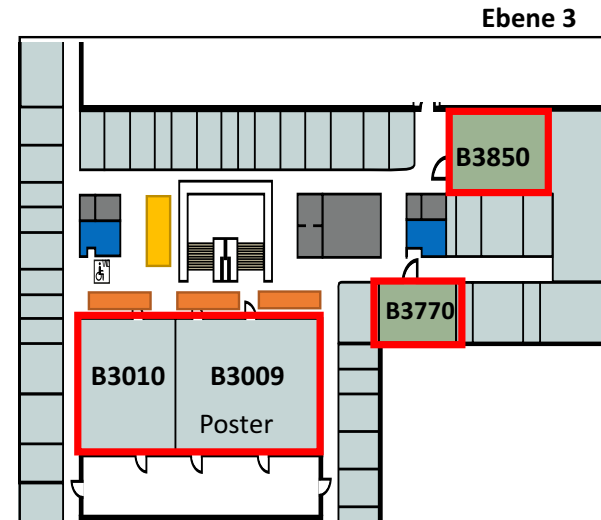
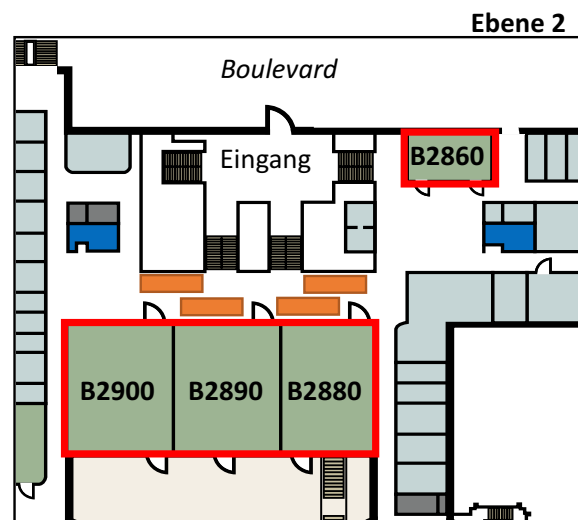
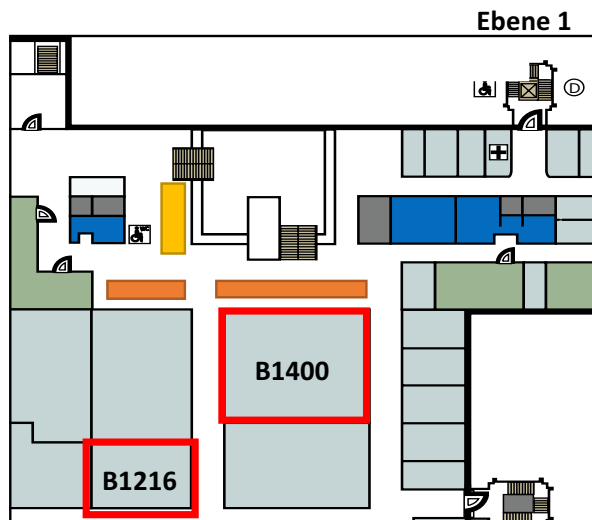


Tagungsgebäude GW2 (Universitäts-Boulevard 11/13)

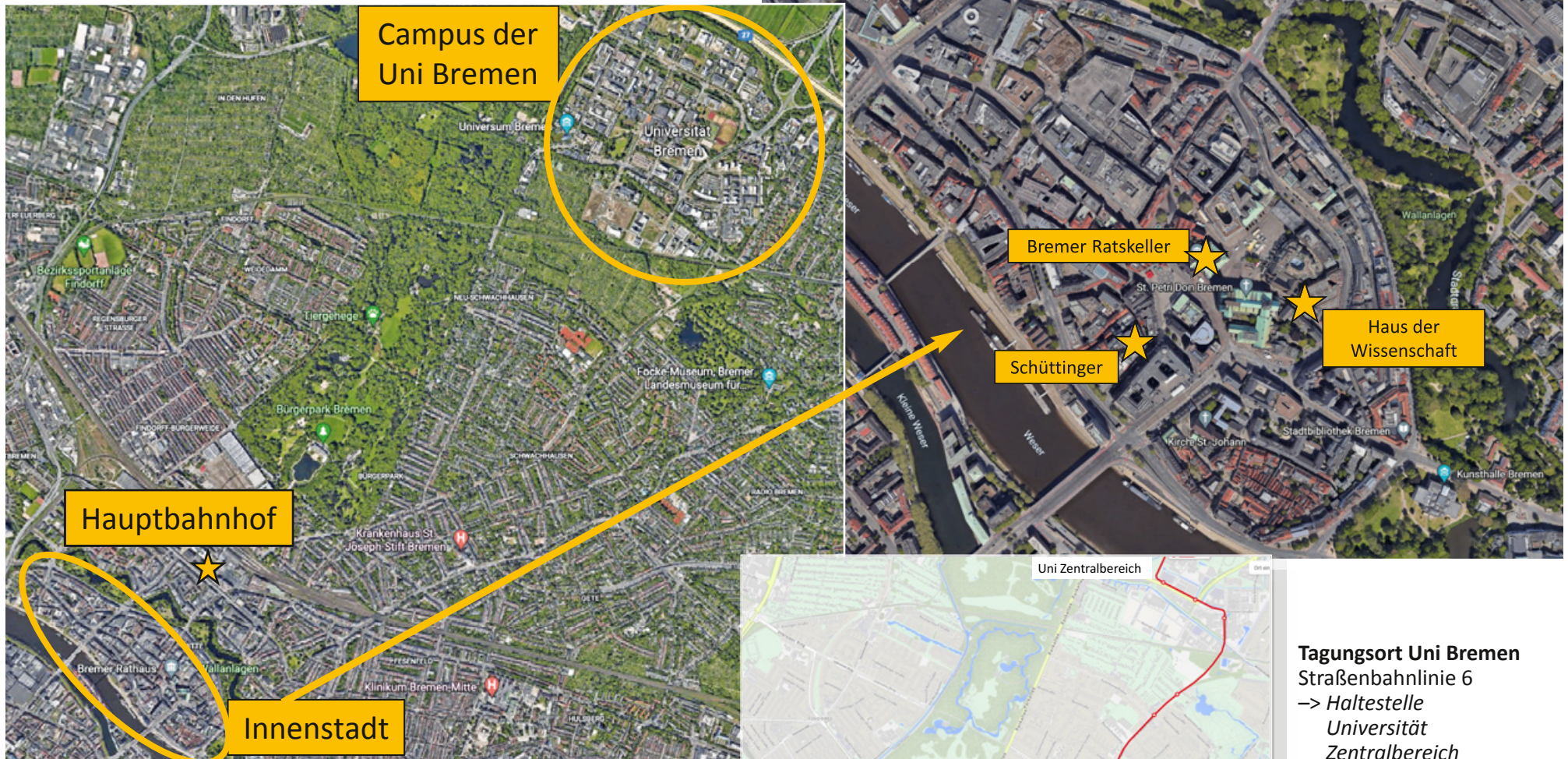
Geisteswissenschaften (GW2)



- Vorträge, etc.
- Kaffee
- Firmen



VERANSTALTUNGSORTE in Bremen



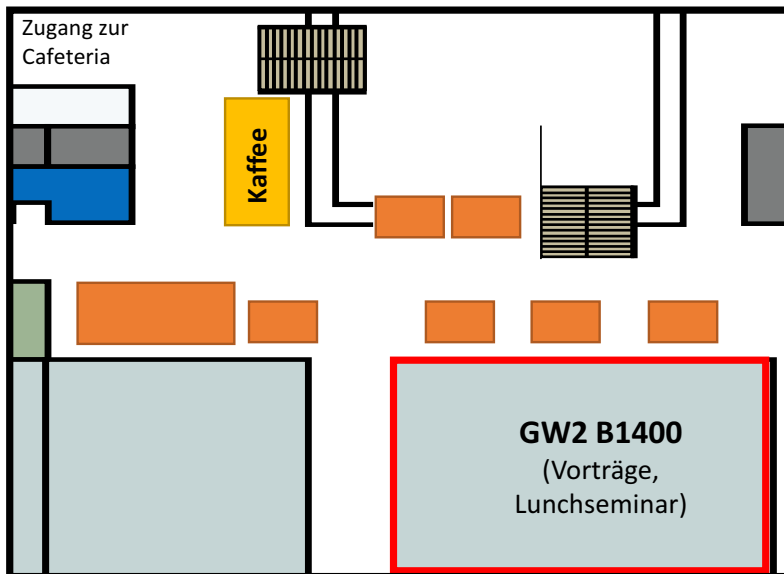
- **Universität Bremen**
Bibliothekstraße 1, 28359 Bremen
- **Bremer Ratskeller** Am Markt, 28195 Bremen
Zugang: Rechts neben den Bremer Stadtmusikanten
- **Schüttinger Gasthausbrauerei**
Hinter dem Schütting 12-13, 28195 Bremen
- **Haus der Wissenschaft Bremen**
Sandstraße 4/5, 28195 Bremen

Tagungsort Uni Bremen
Straßenbahnlinie 6
→ Haltestelle
Universität
Zentralbereich

**Gesellschaftsabend,
öffentlicher Abendvortrag**
Straßenbahnlinie 6
→ Haltestelle
Domsheide

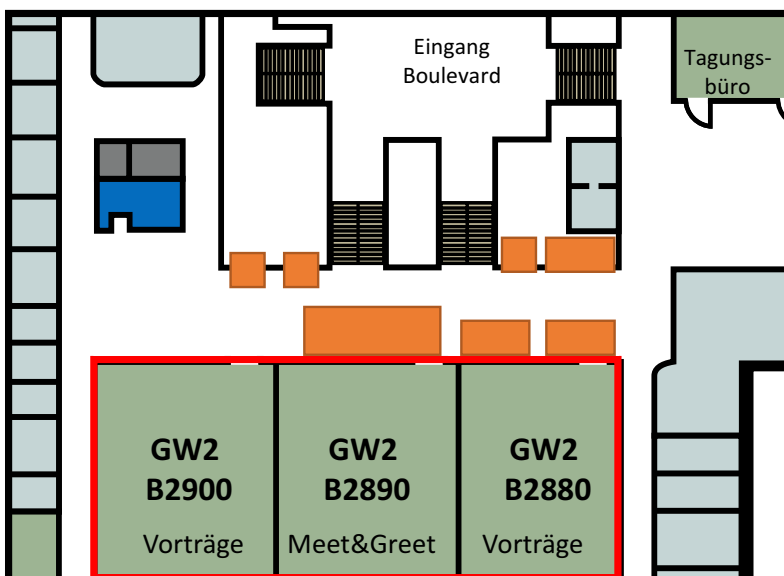
FIRMENAUSSTELLUNG

im Tagungsgebäude GW2 (Universitäts-Boulevard 11/13)



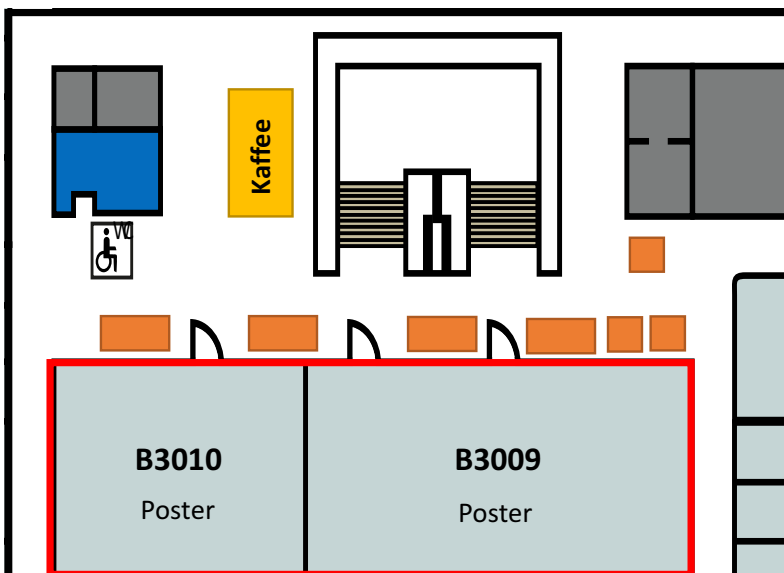
Ausstellung in Ebene 1:

- IWES Fraunhofer
- EAGE
- PKE GmbH & Co. KG
- Reederei F. Laeisz
- Fugro Germany
- Innomar Technologie
- SENSYS GmbH



Ausstellung in Ebene 2:

- IGM & Nanometrics
- GEOSYM GmbH
- Allied Associates Geophysics
- DEEP.KBB
- Geotomographie
- DiGOS
- SENSOR-DKS



Ausstellung in Ebene 3:

- DB Engineering
- CDM + Guideline
- DMT
- LIAG
- Eastern Atlas
- GGD
- TEEC

Straßenbahnlinie 6: Universität/Zentralbereich <—> Flughafen
 Tickets können in der Bahn gekauft werden; Bezahlung: bar, EC-Karte

6	Universität/Zentralber.													
	Flughafen Tram													
	Montag bis Freitag						Samstag			Sonntag*				
● Universität-Nord														
● Universität/Zentralber.														
● Universität-Süd 1														
● Lise-Meitner-Str. 2														
● Berufsbildungswerk 3														
● Riensberg 4														
● Wätjenstr. 5														
● Emmastr. 6														
● H.-H.-Meier-Allee 7														
● Joseph-Haydn-Str. 8														
● Brahmstr. 9														
● Am Stern 11														
● Blumenthalstr. 12														
● Hauptbahnhof_F 14														
● Herdentor 15														
● Schlüsselkorb 17														
● Domsheide_B 20														
● Wilh.-Kaisen-Brücke 21														
● Theater am Leibnizplatz 23														
● Gastfeldstr. 25														
● Schleiermacherstr. 26														
● BSAG - Zentrum 27														
● Neuenlander Kämpe 29														
● Flughafen 30														
● Flughafen-Süd 32														
4							04 24 44							
5	04	24	44				04	24	44					
6	04	14	24	34	42	52	04	24	44	45				
7	02	12	22	32	42	52	04	24	44	15 45				
8	02	12	22	32	42	52	04	24	44	15 45				
9	02	12	22	32	42	52	04	22	32	42	52	15 44		
10	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
11	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
12	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
13	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
14	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
15	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
16	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
17	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
18	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
19	02	12	22	32	42	52	02	14	24	34	44	54	04 24 44	
20	02	14	24	34	44	54	04	24	44					
21	04	24	44				04	24	44	04 24 44				
22	04	24	44				04	24	44	04 24 44				
23	04	24	44				04	24	44	04 24 44				
0	10						10			10				

6	Flughafen													
	Universität Tram													
	Montag bis Freitag						Samstag			Sonntag*				
● Flughafen-Süd														
● Flughafen														
● Neuenlander Kämpe 1														
● BSAG - Zentrum 2														
● Schleiermacherstr. 3														
● Gastfeldstr. 5														
● Theater am Leibnizplatz 7														
● Wilh.-Kaisen-Brücke 8														
● Domsheide_C 10														
● Schlüsselkorb 12														
● Herdentor 13														
● Hauptbahnhof_E 16														
● Blumenthalstr. 18														
● Am Stern 19														
● Brahmstr. 20														
● Joseph-Haydn-Str. 21														
● H.-H.-Meier-Allee 22														
● Emmastr. 23														
● Wätjenstr. 24														
● Riensberg 25														
● Berufsbildungswerk 27														
● Lise-Meitner-Str. 28														
● Universität-Süd 29														
● Universität/Zentralber. 30														
● Universität-Nord 32														
4							44							
5	04	24	44				04	24	44	08 ^b				
6	02	12	22	32	42	52	04	24	44	10 43				
7	02	12	22	32	42	52	04	24	44	13 43				
8	02	12	22	32	42	52	04	24	44	13 43				
9	02	12	22	32	42	52	04	22	32	42	52	13 44		
10	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
11	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
12	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
13	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
14	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
15	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
16	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
17	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
18	02	12	22	32	42	52	02	12	22	32	42	52	04 24 44	
19	02	12	22	32	42	52	02	14	24	44	04 24 44			
20	02	14	24	44				04	24	44	04 24 44			
21	04	24	44				04	24	44	04 24 44				
22	04	24	44				04	24	44	04 24 44				
23	04	24	44 ^a				04	24	44 ^a	04 24 44 ^a				
0														

Essen auf und in der Nähe des Campus der Universität Bremen

- **Uni-Mensa**, täglich 11:30–14:45 Uhr; Café Zentral, täglich 9–16 Uhr; \$
www.stw-bremen.de/de/mensa/uni-mensa
- **Cafeteria im GW2** direkt im Tagungsgebäude, täglich 9:30–14:30 Uhr;
Backshop ab 7:45 Uhr; \$; www.stw-bremen.de/de/cafeteria/gw2
- **Bäckerei & Café Behrens & Meyer**, täglich 7–16 Uhr, \$,
https://behrens-meyer.de/filialen
- **Café UNIQUE**, täglich 9–16 Uhr, Mittagstisch, \$; https://unique-hb.de
- **Zum Platzhirsch**, täglich 11–21 Uhr, Mittagstisch, \$\$,
https://restaurant-zum-platzhirsch.de
- **Haus am Wald**, täglich 9–21 Uhr, \$\$, http://hausamwalde-bremen.de
- **Del Bosco im Hotel Munte**, Mo bis Fr 12–22 Uhr, \$\$,
www.hotel-munte.de/essen-und-trinken/restaurant-del-bosco
- **Restaurant TRESOR**, Mi-So 11:30–21:30 Uhr, Mittagstisch, \$\$\$,
https://tresor-gastro.de



Programm

- Mo, 06. März 2023 S. 40–45
- Di, 07. März 2023 S. 46–52
- Mi, 08. März 2023 S. 53–58
- Do, 09. März 2023 S. 59–64

VORTRÄGE GW2 - B1400

- 09:00–11:00 S1-A (Marine) Geohazards – from observation to long-term monitoring and modelling – newest methodological developments in geophysics**
Moderation: A. Babeyko
- 09:00–09:20 S1-A.01 **Slow slip, stick slip, continuous slip - the spectrum of underwater flank movements measured by the Etna GeoSEA array**
M. URLAUB, P. Victor, A. Bonforte, H. Kopp
GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Dynamik des Ozeanbodens, Deutschland
- 09:20–09:40 S1-A.02 **Imaging Near-Surface Migration Paths of Volcanic Gases on Vulcano Island (Italy) with IP Tomography, 3D Thermal Mapping and Drone Photogrammetry**
J. Börner, P. Irmisch, V. Unnithan, M. Scheunert, M. Sonntag, S. Weit, R. Herold, L. Schmitt
Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Deutschland
- 09:40–10:00 S1-A.03 **Volcano-tectonic deformation of the submarine flank of Cumbre Vieja volcano, La Palma**
L. Rollwage, J. Geersen, F. Gross, C. Böttner, H. Sudhaus, S. Krastel, C. Sippl, M. Urlaub
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- 10:00–10:20 S1-A.04 **Analyse kleiner synseismischer Versätze an Verwerfungszonen in InSAR Daten**
T. May, H. Sudhaus
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- 10:20–10:40 S1-A.05 **On the relation of coseismic surface displacement and synseismic slip on secondary faults observed with InSAR**
H. Sudhaus
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- 10:40–11:00 S1-A.06 **Volcanic Island Sector Collapse: Reconstruction of volcanic activity and implications for subsequent mass movements from marine records drilled with MeBo70 offshore Montserrat (Lesser Antilles)**
K. Sass, S. Kutterolf, T. Freudenthal, S. Watt, C. Berndt, S. Krastel, K. Huhn
MARUM – Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B1400

- 12:00–13:00 S1-B (Marine) Geohazards – from observation to long-term monitoring and modelling – newest methodological developments in geophysics**
Moderation: K. Huhn
- 12:00–12:20 S1-B.01 **EWICA: Early-warning and rapid impact assessment with real-time GNSS in the Mediterranean**
A. Babeyko, M. Ge, X. Jiang, W. Xie, M. Metz, A. Strollo, A. Heinloo, R. Zaccarelli, M. Ohrnberger, L. Lehmann, A. Avallone, S. Lorito, Y. A. Rahmawan
Helmholtz Zentrum Potsdam GFZ, Potsdam, Deutschland
- 12:20–12:40 S1-B.02 **Space weather hazards: Establishing a network of space weather researchers and stakeholders in Austria (SWAP)**
R. Leonhardt, R. Bailey, G. Achleitner, D. Albert, T. Amerstorfer, P. Beck, R. Egli, S. Krauss, M. Latocha, C. Möstl, R. Nakamura, M. Reiss, P. Schachinger, M. Schönhuber, S. Schweitzer, B. Süsser-Rechberger, M. Temmer, A. Veronig
GeoSphere Austria, Conrad Observatorium, Wien, Österreich
- 12:40–13:00 S1-B.03 **What GEBCO can do for us: A comparison of shoreline-crossing DEMs of volcanic islands**
E. Klein, M. Urlaub, S. Krastel
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, FB4, Kiel, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2880

09:00–11:00 EM-A Elektromagnetik / Georadar

Moderation: C. Haas

- 09:00–09:20 EM-A.01 **Recent advances in airborne EM induction surveying of sea ice**
C. Haas, S. Hendricks, T. Krumpen, M. Neudert, J. Rohde
Alfred Wegener Institute, Sea Ice Geophysics, Bremerhaven, Deutschland
- 09:20–09:40 EM-A.02 **Transient Electromagnetic Exploration for Paleoclimate Research of the Auru Clay Pan, Namibia**
H. Nienhaus, P. Yogeshwar, W. Mörbe, B. Tezkan, C. Büttner, S. Buske, B. Lushetile, M. Melles
Institut für Geophysik and Meteorologie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland
- 09:40–10:00 EM-A.03 **Feasibility study of drone-based semi-airborne electromagnetics for hydrogeophysical characterization**
M. Ronczka, R. Rochlitz, F. Oppermann, T. Günther
Leibniz Institute for Applied Geophysics, S2, Hannover, Deutschland
- 10:00–10:20 EM-A.04 **A new 3D inversion toolbox for MT and AFMAG data using custEM and pyGIMLI**
M. Schiffler, R. Rochlitz, T. Günther, R. Stolz
Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Quantensysteme, Jena, Deutschland
- 10:20–10:40 EM-A.05 **Multidimensional Interpretation of Controlled-Source Radio-Magnetotelluric (CSRMT) of a waste-site in Cologne, Germany**
S. Fadavi Asghari, A. Shlykov, M. Smirnova, A. Saraev, P. Yogeshwar, B. Tezkan
Institute of Geophysics and Meteorology, Cologne, Deutschland
- 10:40–11:00 EM-A.06 **Three-Dimensional Inversion of Magnetotelluric Data from the Tarawera Dome Complex, New Zealand**
P. Semper, T. Bertrand, G. Caldwell, W. Heise, M. Scheunert, K. Spitzer
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2880

12:00–13:00 EM-B Elektromagnetik / Georadar

Moderation: O. Eisen

- 12:00–12:20 EM-B.01 **Realistische Simulationen der Kampfmitteldetektion mittels Georadar**
J. Igel, T. Hiller, S. Stadler, S. Schennen
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland
- 12:20–12:40 EM-B.02 **Considerations for the application of the full-waveform inversion to high-frequency GPR data: A numerical study**
D. Hoven, H. Vereecken, A. Klotzsche
Forschungszentrum Jülich, Agrosphäre IBG-3, Jülich, Deutschland
- 12:40–13:00 EM-B.03 **High resolution salt tracer monitoring using time-lapse GPR Full-waveform inversion**
P. Haruzi, J. Schmäck, J. van der Kruk, H. Vereecken, J. Vanderborght, A. Klotzsche
Forschungszentrum Jülich, Agrosphäre IBG-3, Jülich, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2900

09:00–11:00 SO-A SO - Seismologie

Moderation: V. Schlindwein

- 09:00–09:20 SO-A.01 **Isotropic source terms during the 2020 volcano-tectonic unrest on the Reykjanes Peninsula revealed by probabilistic moment tensor inversion**
P. Büyükkapınar, S. Cesca, S. Heimann, D. Kühn, J. Á. López Comino, T. Dahm
University of Potsdam, Potsdam, Deutschland
- 09:20–09:40 SO-A.02 **GNSS-basierte Bodenbewegungsraten und Deformation in Mitteleuropa - Vergleich mit seismischen Mantelanomalien, Vulkanismus und Seismizität**
 Z. Deng, T. Dahm, S. Hainzl
Deutsches GeoForschungszentrum, Potsdam, Deutschland
- 09:40–10:00 SO-A.03 **A 1-D depth- and frequency-dependent intrinsic and scattering S-wave attenuation model of the Earth's crust: Insights and applications using the Leipzig-Regensburg fault zone, Germany as an example**
M. van Laaten, U. Wegler
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland
- 10:00–10:20 SO-A.04 **3-D seismic modeling of "calabash-resonances": conduit-guided-wave excitation by magma-chamber wavefield capturing**
F. Limberger, G. Rumpker
Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften, Frankfurt am Main, Deutschland
- 10:20–10:40 SO-A.05 **The impact of seismic noise produced by wind turbines on seismic borehole measurements**
F. Limberger, G. Rumpker, M. Lindendorf, H. Deckert
Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften, Frankfurt am Main, Deutschland
- 10:40–11:00 SO-A.06 **Characterizing the rotational ground motion background noise level on Earth**
A. Brotzer, H. Igel, E. Stutzmann, J.-P. Montagner, F. Bernauer, C.-J. Lin, J. Wassermann, F. Vernon, K. U. Schreiber
Ludwig-Maximilians Universität München, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Geophysik, München, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2900

12:00–13:00 SO-B Seismologie

Moderation: V. Schlindwein

- 12:00–12:20 SO-B.01 **Determination of the frequency response of seismometers using a traceable on-site calibration approach**
M. Schwardt, L. Klaus, T. Bruns, L. Ceranna
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover, Deutschland
- 12:20–12:40 SO-B.02 **A comprehensive three-component ambient-noise beamforming toolbox: application for mapping sudden velocity increases from multi-mode Rayleigh waves**
C. Finger, K. Lörer
Fraunhofer IEG, Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie, Bochum, Deutschland
- 12:40–13:00 SO-B.03 **Surface Wave Dispersion Curve Inversion using Mixture Density Networks**
S. Keil, J. Wassermann
Ludwig-Maximilians-Universität München, Geophysik, München, Deutschland

14:00–15:00 S1-K.01 Tsunami science for the sake of efficient warning and preparedness

Moderation: K. Huhn

H. HÉBERT

Atomique Energie Commission C.E.A., Arpajon, Frankreich

POSTER GW2 - B3009

08:30–16:30 S1, EM, SO Posters may stay on display during all conference days**11:00–12:00 and 15:00–16:00: Poster sessions S1, EM, SO***Authors are invited to attend and to present their posters on site*

- S1-P.01 **Assessing PS-InSAR ground motion data toward stability monitoring of coastal flood protection dikes**
D. Hoogestraat, H. Sudhaus, A. Omlin
Christian Albrechts Universität Kiel, Geophysik, Kiel, Deutschland
- S1-P.02 **Accelerating low-frequency ground motion simulation for finite fault sources using neural networks**
L. Lehmann, M. Ohrnberger, M. Metz, S. Heimann
Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Allgemeine Seismologie, Potsdam, Deutschland
- S1-P.03 **High-resolution μ CT imaging and characterisation of weak layers of submarine landslides**
R. Gatter, M. B. Murthy, K. Huhn
MARUM - Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen, Bremen, Deutschland
- S1-P.04 **Erfassung von Bodenverschiebungsraten entlang aktiver Verwerfungen des Nordwest Himalajas mit Hilfe von InSAR-Zeitreihen**
O. Stein, H. Sudhaus, R. Thiede
Geowissenschaften, Satelliten- und Aero-geophysik, Kiel, Deutschland
- EM-P.01 **3D GPR zur Erkundung von Torfvorkommen: Strategien zur Datenaufzeichnung, -bearbeitung und -interpretation**
P. Koyan, J. Tronicke, T. Klose, J. Guillemoteau
Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Potsdam, Deutschland
- EM-P.02 **Numerical simulation and analysis of directional borehole radar for fracture detection**
J. Ni, X. Han, S. Liu, C. Yin, A. Hördt
Jilin University, College of Geo-exploration Science and Technology, Changchun, China, Volksrepublik
- EM-P.03 **Structurally-constrained FD-EMI data inversion with GPR reflection data using a Minimum Gradient Support regularizer**
T. Klose, J. Guillemoteau, G. Vignoli, P. Koyan, J. Walter, A. Herrmann, J. Tronicke
University of Potsdam, Institute of Geosciences, Potsdam, Deutschland
- EM-P.04 **Entwicklung von Methoden zur Kampfmittelortung mit ungerichtetem Bohrlochgeoradar**
A. Bredeck, V. Schmidt
Institut für Geophysik, WWU Münster, Münster, Deutschland
- EM-P.05 **Ein neues Spulenlayout mit intrinsischer Rauschunterdrückung für Oberflächen-NMR**
T. Hiller, S. Costabel, R. Dlugosch, T. Splith, M. Müller-Petke
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Berlin, Deutschland
- EM-P.06 **In Situ Time Calibration Concepts for Stationary Multichannel GPR Monitoring Systems**
L. Steinbeck, A. Mester, E. Zimmermann, A. Klotzsche, S. van Waasen
Forschungszentrum Jülich, Electronic Systems (ZEA-2), Jülich, Deutschland
- EM-P.07 **Multi-frequency FD-EMI sounding in shallow marine environment: feasibility study and first experiment in Olous, Greece**
J. Guillemoteau, F.-X. Simon, N. Papadopoulos, D. Oikonomou
University of Potsdam, Institute of Geosciences, Potsdam, Deutschland

- EM-P.08 **AEM forward modeling with adaptive octree mesh**
X. Han, C. Yin, J. Ni, A. Hördt
Jilin University, College of Geo-Exploration Science and Technology, Changchun, China, Volksrepublik
- EM-P.09 **Radar data acquisition and model integration for deciphering ice-ocean interactions and ice-shelf stability**
R. Drews, O. Eisen, M. Ershadi, C. Henry, I. Koch, C. Martín, G. Moss, L. S. Muhle, F. Oraschewski, V. Richter, V. Višnjević
University Tübingen, Department of Geosciences, Tübingen, Deutschland
- EM-P.10 **Coupling of metal-bearing infrastructure in semi-airborne EM investigations**
H. Treppke, R. Rochlitz, A. Thiede, M. Schiffler, M. Becken
Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland
- EM-P.11 **DESMEX Helicopter Case Study: Revealing the true Nature of the Gosetal Anomaly**
A. Thiede, R. Rochlitz, W. Mörbe, P. Yogeshwar, A. Steuer, M. Becken, DESMEX Working Group
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland
- EM-P.12 **Automatische Hyperbelbestimmung mit RetinaNet: Anwendung auf neue Datensätze und Skalierbarkeit**
T. Wunderlich, A. Fediuk, B. S. Majchczack, C. Mohr, N. Pickartz, D. Wilken
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- EM-P.13 **Multicopter semi-airborne EM exploration: a case study from the Hope massive sulfide deposit, Namibia**
P. O. Kotowski, M. Becken, J. Schmalzl, G. Symons, P. Tolksdorf
University of Münster, Institute of Geophysics, Münster, Deutschland
- EM-P.14 **Ergebnisse unterschiedlicher Bodenradarsysteme auf einer Testfläche im Archäologischen Park Xanten.**
R. Knies, N. Allroggen, A. Fediuk, R. Freiboth, H. Zöllner, B. Ullrich
Eastern Atlas GmbH & Co. KG, Berlin, Deutschland
- SO-P.01 **Monitoring local seismicity using a Distributed Fiber Optic Sensing (DFOS) station in the Munich region.**
J. Azzola, E. Gaucher
Karlsruhe Institut of Technology, Institute of Applied Geosciences (AGW) – Geothermal Energy and Reservoir Technology, Karlsruhe, Deutschland
- SO-P.02 **First results of a multiphysics experiment at Krafla geothermal volcano (Iceland): Seismicity patterns and joint hypocenter-3D travel-time tomography inversion**
E. Glück, S. Garambois, J. Vandemeulebrouck
ISTerre, Université Savoie Mont Blanc, Chambéry, Frankreich
- SO-P.03 **Investigation of high frequency seismic signals recorded in summit region of Mt Etna**
M. Weber, C. Bean, I. Lokmer, P. Smith, L. Zuccarello, S. De Angelis, V. Minio
Dublin Institute for Advanced Studies, Cosmic Physics, Dublin, Irland
- SO-P.04 **A seismic array on the island of Rügen**
C. Weidle, D. Schulte-Kortnack, T. Meier, J. Bülow, C. Hadziioannou, K. Obst
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- SO-P.05 **Seismicity and state of stress in eastern Arabia**
C. Weidle, E. Glück, A. Deif, I. El-Hussain, T. Meier
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- SO-P.06 **Lithospheric evolution of eastern Arabia**
C. Weidle, L. Wiesenberg, A. Scharf, P. Agard, A. El-Sharkawy, F. Krüger, T. Meier
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- SO-P.07 **The eruption of the Hunga Tonga-Hunga Ha'apai volcano on 15 January 2022 as observed at seismic stations in Germany**
T. Plenefisch, A. Steinberg, P. Hupe, C. Pilger, S. Donner, P. Gaebler, O. Roß, L. Ceranna
BGR Hannover, B4.3 Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenteststopp, Hannover, Deutschland

- SO-P.08 **AdriaArray Seismic Network – Status in March 2023**
T. Meier, P. Kolinsky
Christian-Albrechts Universität Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- SO-P.09 **Langperiodische Polarisationsanalyse auf Helgoland**
A. Kampmann, L. Wiesenberg, T. Meier
Institut für Geowissenschaften/CAU Kiel, Geophysik, Kiel, Deutschland
- SO-P.10 **Cross-Regional Seismic Event Classification via Convolutional Neural Networks: Case Studies From West Bohemia, Italy, Northern California, and Utah**
V. Kasburg, J. Müller, T. Eulendorf, A. Breuer, N. Kukowski
IGW, FSU Jena, Lehrstuhl Allgemeine Geophysik, Jena, Deutschland
- SO-P.11 **Neue Untersuchungen zu den Transportpfaden juveniler Fluide in NW-Böhmen / Vogtland**
J. Heinicke, H. Woith, C. Alexandrakis-Zieger, S. Buske, R. Kämpfer, O. Krentz, P. Menzel
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland
- SO-P.12 **Structure of mantle transition zone and its connection to subduction in the Caribbean**
M. Saki, S. A. Wirp, M. Billen, C. Thomas
Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland
- SO-P.13 **Spatio-temporal distribution of induced seismicity in flooded mines in the Ruhr area - interpretation by geomechanical numerical modelling**
M. Rische, T. Niederhuber, B. Müller, K. D. Fischer, W. Friederich
Ruhr Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik (GMG), Seismologie, Bochum, Deutschland
- SO-P.14 **Seismic borehole sensor orientation using local earthquakes at the drill site in Landwüst, Vogtland, Germany**
J. Starke, F. Krüger, M. Ohrnberger, T. Dahm
Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland
- SO-P.15 **First analysis of rotational ground motion recordings in the West-Bohemia/Vogtland region**
J. Lehr, S. Donner, M. Hoffmann, F. Krüger, S. Heimann, S. Durand, R. Abreu
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenteststop, Hannover, Deutschland
- SO-P.16 **Transdimensional Inversion of Gravity and Surface Wave Data Applied to the Semail Ophiolite**
D. Schindler, W. Szwillus
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- SO-P.17 **How seismometers tilt in response to atmospheric pressure variations: the case of the Hunga Tonga Lamb wave.**
R. Widmer-Schmidrig, W. Zürn, T. Frorbriger
Institute of Geodesy, University of Stuttgart, Black Forest Observatory (BFO), Wolfach, Deutschland
- SO-P.18 **Rayleigh phase velocity maps for central Europe including the Eifel volcanic province**
T. Weiler, A. El-Sharkawy, T. Meier
Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland
- SO-P.19 **A systematic ambient seismic vibration study of the shallow underground of the Quaternary Weser terraces south of Hamelin**
M. Hobiger, C. Thiel, T. Spies, K. Van Noten, M. Zeckra, A. Azari Sisi, A. Steinberg, B. Goebel, S. Donner
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Erdbebendienst des Bundes, Hannover, Deutschland
- SO-P.20 **A Comprehensive Stress Drop Catalog for the Northern Chilean Subduction Zone**
J. Folesky, J. Kummerow, R. Hofman
Freie Universität Berlin, Geophysik, Berlin, Deutschland
- SO-P.21 **Evidences of continuous tremor-like source processes in W-Bohemia and Vogtland before the earthquake swarm in April 2021**
N. Rein, K. Hannemann, M. Ohrnberger, F. Krüger, D. Vollmer, M. Korn, T. Dahm
University of Potsdam, Institute of Geosciences, Potsdam, Deutschland
- SO-P.22 **DSEBRA goes to Greece and Northern Macedonia as part of AdriaArray**
K. D. Fischer, M. Paffrath, W. Friederich, AdriaArray Working Group
Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Bochum, Deutschland

Dienstag, 7. März 2023

VORTRÄGE GROSSER HÖRSAAL / KEKSDOSE / HS2010

09:00–11:00 GD-A GD - Geodynamik

Moderation: M. Moorkamp, M. Perez-Gussinye

- 09:00–09:20 GD-A.01 **Sensitivity of surface wave and gravity data to velocity and density structure in the mantle – insights from transdimensional inversion**
W. Szwillus
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland
- 09:20–09:40 GD-A.02 **What can geophysical parameter relationships tell us about the structure of the lithosphere?**
M. Moorkamp
Ludwig-Maximilians-Universität, Geophysik, München, Deutschland
- 09:40–10:00 GD-A.03 **Stabilization and magmatic underplating of cratonic crust: Insights from global gravity gradient inversion**
P. Haas, J. Ebbing, W. Szwillus
Institute of Geosciences, Kiel University, Kiel, Deutschland
- 10:00–10:20 GD-A.04 **Modification of the stress state at depth due to volume-reducing phase transitions**
M. Thielmann, E. Aharonov, P. Yamato, T. Duretz
Bayerisches Geoinstitut, Universität Bayreuth, Bayreuth, Deutschland
- 10:20–10:40 GD-A.05 **Global constraints on intermediate-depth intraslab stresses from slab geometries and mechanisms of double seismic zone earthquakes**
C. Sippel, A. Dielforder, T. John, S. Schmalholz
Institute of Geophysics, Czech Academy of Sciences, Prag, Tschechische Republik
- 10:40–11:00 GD-A.06 **Geophysical Studies and Geodynamic Evolution in Greece. A Review**
J. Papoulia, J. Makris
Hellenic Centre for Marine Research, Institute of Oceanography, Anavissos, Griechenland

VORTRÄGE GW2 - B1400

09:00–11:00 S2-A Renewable Energy – Contributions of geophysics on- and offshore

Moderation: V. Spiess

- 09:00–09:20 S2-A.01 **A new quality-assessed heat-flow database for Germany**
S. Fuchs, A. Förster, B. Norden
Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam GFZ, Geoenergie, Potsdam, Deutschland
- 09:20–09:40 S2-A.02 **Numerische Simulation des maximalen Wärmeentzuges durch die Erdwärmepumpe einer privaten Heizung**
A. Hördt, C. Virgil
TU Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland
- 09:40–10:00 S2-A.03 **Simultaneous monitoring of two geothermal reservoirs in the Upper Rhine Graben using a seismic array**
P. Hering, G. Rumpker, M. Lindenfeld
Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften, Frankfurt am Main, Deutschland
- 10:00–10:20 S2-A.04 **GeoLaB - Geothermal Laboratory in the Crystalline Basement**
B. Rudolph, J. Bremer, E. Schill, K. Rink, O. Kolditz, H. Shao, I. Sass, H. Milsch, G. Zimmermann, W. Rühaak, T. Kohl
Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Deutschland

- 10:20–10:40 S2-A.05 **Geologische Eis-Wärme-Speicher – Entwicklung eines geophysikalischen Monitoringkonzepts zur Abbildung von Gefrier-Tauzyklen in Aquiferen**
P. Jung, U. Werban, G. Hornbruch, P. Dietrich, A. Dahmke
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ GmbH, Department Monitoring- und Erkundungstechnologien, Leipzig, Deutschland
- 10:40–11:00 S2-A.06 **Prediction of ground motion emissions from wind turbines – implications from field measurements and wave propagation simulation**
L. Gaßner, M. Gärtner, J. Ritter
Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut, Karlsruhe, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2880

09:00–11:00 GE-A Geoelektrik / Induzierte Polarisation

Moderation: N. Skibbe

- 09:00–09:20 GE-A.01 **The space weather hazard to the German power grid derived from geomagnetically induced electric field modeling**
L. Pick, A. Guimaraes-Carvalho, J. Berdermann
DLR Institute for Solar-Terrestrial Physics, Space Weather Impact, Neustrelitz, Deutschland
- 09:20–09:40 GE-A.02 **Numerical modelling of the spectral induced polarization response of closely packed metallic particles in sand-column experiments**
D. Kreith, Z. Zhang, A. Weller, M. Bücken
Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland
- 09:40–10:00 GE-A.03 **Lokalisierung pyritisierter Fossilien mittels Spektraler Induzierter Polarisation**
B. Brömer, J. Hoppenbrock, S. Radecker, R. Kosma, M. Bücken
TU Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland
- 10:00–10:20 GE-A.04 **Influence of Inner Surface Roughness on the Spectral Induced Polarization Response – a Numerical Study**
E. Zibulski, N. Klitzsch
RWTH Aachen, CGGR, Aachen, Deutschland
- 10:20–10:40 GE-A.05 **Ein neuer methodischer Ansatz zur Bestimmung elektrokinetischer Eigenschaften von klastischen Sedimentgesteinen**
M. Halisch, D. Parvaz
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Sektion 5 - Gesteinsphysik & Bohrlochgeophysik, Hannover, Deutschland

KEYNOTES GROSSER HÖRSAAL / KEKSDOSE / HS2010

12:00–13:00 GO-K Geologiedatengesetz

Moderation: M. Hensch

- 12:00–12:30 GO-K.01 **Das Geologiedatengesetz – eine Einführung**
H.-J. BRAUNER, B. FUTTERER
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover, Deutschland
- 12:30–13:00 GO-K.02 **Von der Anzeige geologischer Untersuchungen bis zur Übermittlung und Bereitstellung geologischer Daten**
B. FUTTERER, H.-J. BRAUNER
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Cottbus, Deutschland

KEYNOTE **GROSSER HÖRSAAL / KEKSDOSE / HS2010**

14:00–15:00 S2-K.01 Geophysical solutions and state-of-the-art data integration for offshore wind developments

Moderation: S. Wenau

M. VANNESTE

Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norwegen

VORTRÄGE **GROSSER HÖRSAAL / KEKSDOSE / HS2010**

16:00–17:00 GO-A Geophysik in der Öffentlichkeit

Moderation: M. Hensch

16:00–16:20 GO-A.01 **FID GEO: How publishing and linking all research products fosters open and visible geophysical research.**

M. Lorenz, K. Elger, M. Semmler

Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

16:20–16:40 GO-A.02 **Ein relationales Datenbankkonzept für geowissenschaftliche Labordaten**

S. Nordsiek, M. Halisch

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG),

Sektion 5 - Gesteinsphysik & Bohrlochgeophysik, Hannover, Deutschland

VORTRÄGE **GW2 - B1400**

16:00–17:40 S2-B Renewable Energy – Contributions of geophysics on- and offshore

Moderation: S. Wenau

16:00–16:20 S2-B.01 **Power to shore – Integrated hydrographic and geophysical data for safe subsea cable lay and operation**

M. Stender

Fugro Germany Marine GmbH, Bremen, Deutschland

16:20–16:40 S2-B.02 **Interpretation of Quaternary sediments of the German North Sea using high resolution multichannel seismic data**

S. Dodds, T. Burmeister, G. Sierra Lombera, N. Fekete, H. Keil, S. Wenau, J. Haberkern, V. Spiess

Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems IWES, Bremen, Deutschland

16:40–17:00 S2-B.03 **The use of seismic data to improve the estimation of cone penetration testing data at unexplored positions in offshore windfarm areas**

L. Siemann, N. Morales, A. Werpup Oguro, T. Pein

Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems (IWES), Bremen, Deutschland

17:00–17:20 S2-B04 **Diffraction Imaging for Sub-seafloor Object Detection: A case study from the German Baltic Sea**

V. Bihler, S. Wenau, D. Cammarata, B. Schwarz, G. Frielinghaus, C. A. Ramos Cordova, N. Römer-Stange, H. Keil, V. Spieß, B. Preu

Fraunhofer IWES, Subsurface Investigation, Bremen, Deutschland

17:20–17:40 S2-B05 **Ocean Bottom Nodes in small scale, Ultra-High-Resolution seismic surveys: QC and first results**

M. Merl, N. Römer-Stange, H. Keil, V. Spieß

Universität Bremen, FB 05, MTU, Bremen, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2880

16:00–17:00 GE-B Geoelektrik / Induzierte Polarisation

Moderation: J. Hoppenbrock

- 16:00–16:20 GE-B.01 **Erfassung von saisonalen Änderungen der Untergrundtemperatur zur Korrektur gleichstromgeoelektrischer Messungen mit dem Salzwasser-Monitoring-System SAMOS**
M. Grinat, N. Skibbe
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland
- 16:20–16:40 GE-B.02 **Geoelectrical Monitoring of freshwater/saltwater interactions at the high-energy beach of Spiekeroog (DynaDeep) – First Results of one year monitoring**
N. Skibbe, T. Günther, M. Müller-Petke
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik & Elektromagnetik, Hannover, Deutschland
- 16:40–17:00 GE-B.03 **Efficient joint probabilistic inversion of electromagnetic induction and direct current resistivity data**
C. Bobe, E. Van De Vijver
RWTH Aachen University, Computational Geoscience, Geothermics, and Reservoir Geophysics, Aachen, Deutschland und weitere

VORTRÄGE GW2 - B2890

16:00–17:00 GF-A Geodäsie / Fernerkundung

- 16:00–16:20 GF-A.01 **Optimized routes for ship in-ice navigation based on earth observation data and ice drift forecasts**
B. Schmitz, C. Eis, C. Büskens
University Bremen, WG Optimisation and Optimal Control, Center for Industrial Mathematics, Bremen, Deutschland
- 16:20–16:40 GF-A.02 **Analyse von Bodendeformationen in der Region Patras**
M. Evers, A. Thiele, H. Hammer
Fraunhofer IOSB, Ettlingen, Deutschland
- 16:40–17:00 GF-A.03 **3D-Kartierung von Sandsteininformationen im Geopark Böhmisches Paradies (CZ) mit Hilfe von UAV- und DSLR-Photogrammetrie**
A. Herbers, M. Kluth, J. Mundl
Universität Bremen, FB05 Geowissenschaften, Bremen, Deutschland

08:30–16:30 S2, GE, GD, GO, GF Posters may stay on display during all conference days

11:00–12:00 and 15:00–16:00: Poster sessions S2, GE, GD, GO, GF

Authors are invited to attend and to present their posters on site

- S2-P.01 **Evaluation and modeling of carbon dioxide injection in wells of depleted gas reservoirs from a geophysical point of view**
L. Mundel, M. Amro, S. Buske, N. Zamani
 TU Bergakademie Freiberg, Institute of Geophysics and Geoinformatics, Freiberg, Deutschland
- S2-P.02 **Variability of thermal conductivities in marine sediments of the Eckernförde Bay, Baltic Sea**
A. Plötz, M. Dillon, N. Kaul, A. Lohrberg, F. Nehring, R. Usbeck
 MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen, Marine Geotechnik, Bremen, Deutschland
- S2-P.03 **From Interface to Layer Characterization in the Near Surface by Stochastic Seismic Inversion**
N. Römer-Stange, H. Keil, O. Ogunleye, M. Merl, A. Oguro, C. Ramos Córdova, S. Wenau, N. Ettrich, P. Arnold, V. Spieß
 Universität Bremen, Fachgebiet MeeresTechnik / Umweltforschung, Bremen, Deutschland
- S2-P.04 **Thermal Closure of Fractures with Different Roughness**
J. Grifka, T. Heinze, T. Licha
 Ruhr-University Bochum, Bochum, Deutschland
- S2-P.05 **3D High Resolution Multichannel Seismic Data Acquired in Shallow Marine Waters of Southern Arkona Basin**
O. Ogunleye, H. Keil, C. Ramos Cordova, V. Spieß
 University of Bremen, Department of Geosciences, Bremen, Deutschland
- S2-P.06 **Ultra-high-resolution multichannel seismic investigations for offshore wind farm development in the German North and Baltic Sea**
A. Özmaral, J. Haberkern, S. Wenau
 Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES, Sub-surface Investigations, Bremen, Deutschland
- S2-P.07 **Ergebnisse der geophysikalischen Erkundung der Lagerstättengrenzen zur Planung der SuedLink-Trasse im Salzwerk Heilbronn**
P. Lehmann, T. Richter, P. Methe, C. Aßmuth
 Bo-Ra-tec GmbH, Weimar, Deutschland
- S2-P.08 **yams: Laufende Arbeiten an einer numerischen Bibliothek (Julia) zur Simulation von reaktiven Transportvorgängen in geothermischen Systemen**
M. Wuttke
 Leibniz-Intitut für Angewandte Geophysik, Geothermik und Informationssysteme, Hannover, Deutschland
- S2-P.09 **Generating High-Resolution Seismic Models to support the development of seismo-acoustic imaging methods for submarine Cable Detection.**
M. Mhmod, M. Merl, H. Keil, N. Römer-Stange, V. Bihler, V. Spiess
 Bremen University, Research Group Marine Technology – Environmental Research, Bremen, Deutschland
- S2-P.10 **A kinematic model for observed surface subsidence above a salt cavern gas storage site in Northern Germany**
H. Sudhaus, A. L. Seidel, A. Omlin
 Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- S2-P.11 **Shallow gas in the Elbe Palaeovalley (German North Sea) imaged by high resolution multichannel seismics – distribution, classification and linkage to the subsurface.**
H. Keil, M. Ruhnau, N. Fekete, N. Römer-Stange, M. Merl, V. Spieß
 Universität Bremen, FB 5 / Geowissenschaften, Bremen, Deutschland

- S2-P.12 **Extent of Glaciation in German North Sea traced by Change of Deformation Pattern?**
N. Fekete, H. Keil, M. Ruhnau, V. Spieß
Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland
- S2-P.13 **Stratigraphic, geotechnical, and physical properties characterization of the Upper Cretaceous, Glacial and Holocene deposits in the southwestern Baltic Sea**
N. Morales, E. Miramontes García, V. Spieß
University of Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland
- GE-P.01 **Direct inversion of cross-borehole induced polarization data for hydraulic conductivity: Synthetic examples, hydraulic calibration and implications for transport modeling**
L. Römhild, G. Fiandaca, L. Hu, P. Bayer
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften und Geographie, Halle (Saale), Deutschland
- GE-P.02 **Beziehung zwischen Cole-Cole-Modellparametern in den Formulierungen für die dielektrische Permittivität und für die elektrische Leitfähigkeit**
J. K. Limbrock, A. Kemna
Universität Bonn, Institut für Geowissenschaften, Abteilung Geophysik, Bonn, Deutschland
- GE-P.03 **Nichtlineare elektrische Effekte an Erzproben**
Z. Zhang, K. Breede, A. Weller
Technische Universität Clausthal, Institut für Geologie und Paläontologie, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland
- GE-P.04 **Temperatureinfluss bei der Abschätzung des Eisgehalts im Permafrost mit hochfrequenter induzierter Polarisation**
F. Ulrich, A. Hördt, M. Sugand
Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik | Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Deutschland
- GE-P.05 **Modellierung der elektrischen Polarisierungseigenschaften von Bakterien**
F. Keiser, M. Bücken, A. Mellage, N. Klitzsch
Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland
- GE-P.06 **Induktionseffekte bei hochfrequenter induzierter Polarisation**
R. Schulz, A. Hördt
Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik, Angewandte Geophysik, Braunschweig, Deutschland
- GE-P.07 **Auswirkung von Mikrovariabilität auf die elektrischen Gesteinseigenschaften – Untersuchungen basierend auf Mikrostruktursimulationen**
J. Börner, P. Menzel, M. Scheunert
Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland
- GE-P.08 **Physics Informed Neural Networks for DC Resistivity Problems**
S. Weit
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland
- GE-P.09 **Unlocking the Secrets of Complex Conductivity Changes: A Combined Experimental and Simulation Approach**
M. Sonntag, M. Scheunert, J. Börner, H. A. K. Bräuer, V. Herdegen
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland
- GE-P.10 **Geoelektrisches Monitoring der Bodenfeuchte an urbanen Pflanzenstandorten**
J. Hoppenbrock, R. Glebe, N. Krüger, M. Beyer, F. Feldmann, A. Flores-Orozco, M. Bücken
Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün, Braunschweig, Deutschland
- GE-P.11 **Geoelectrical Monitoring of freshwater/saltwater interactions at the high-energy beach of Spiekeroog (DynaDeep) – Evaluating and determining optimal parameters of geostatistical inversion**
N. Skibbe, P. Oelkers, T. Günther, M. Müller-Petke
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik & Elektromagnetik, Hannover, Deutschland

- GE-P.12 **Application of 3D Electric Resistivity Tomography for the monitoring of soil water dynamics – An experiment with Scots pine in the North German lowlands**
E. Hemmens, B. Ahrends, K. Bosch, S. Fleck, H. Meesenburg, U. Noell, S. Stadler, KLIBW-GW working team
BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Berlin, Deutschland
- GE-P.13 **Geoelektrische Untersuchung des Krähenmoors mit ERT und HFIP**
P. von Unwerth, A. Hördt, S. Frank
Institut für Geophysik und Extraterrestische Physik, AG Angewandte Geophysik, Braunschweig, Deutschland
- GD-P.01 **Partitioning of deformation along the Andean margin: insights from elastic block modelling**
F. Kusche, C. O. Schwarze, N. Kukowski
Institut für Geowissenschaften, Allgemeine Geophysik, Jena, Deutschland
- GF-P.01 **Automatische Detektion großflächiger Bodenbewegungsmuster in Hessen mittels Radarinterferometrie und Laserscan**
B. Homuth, K. Krzepek, M. Rudolf, D. Iwaszczuk, A. Henk
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Geologie und Boden, Geologischer Landesdienst, Wiesbaden, Deutschland
- GO-P.01 **Weiblich oder männlich, das ist hier die Frage! Wirklich? Geschlechtsbezogene Statistiken der DGG**
S. Donner, A. Devdariani, C. Hadziioannou, K. Hannemann, R. Maaß, T. Martin, K. Schwalenberg
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, Deutschland
- GO-P.02 **Neuer DGG Arbeitskreis: Kampfmitteldetektion**
J.-P. Schmoldt, C. Virgil, P. Gödickmeier, Arbeitskreis Kampfmitteldetektion
Tauber Geo-Consult GmbH, Forschung & Entwicklung, Greven, Deutschland
- GO-P.03 **Das Geologiedatengesetz im marinen Bereich – Geophysikalische & geologische Daten in der AWZ**
M. Breitzke, P. Knobloch
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, FB 1.4 Marine Rohstofferkundung, Hannover, Deutschland

Mittwoch, 8. März 2023

DGG-KOLLOQUIUM: HÖRSAAL HS2010

09:00–13:00	Mineral Exploration Geophysics Moderation: A. Schuck
09:00–09:40	Erkundung polymetallischer Massivsulfide im Indischen Ozean: Herausforderungen für die marine Magnetik und Elektromagnetik in der Tiefsee <u>Hendrik Müller</u> , Katrin Schwalenberg, Udo Barckhausen, Thomas Kuhn (<i>alle BGR</i>)
09:40–10:20	DESMEX: luftgestützte elektromagnetische Tiefenexploration für die Lagerstättenerkundung <u>Michael Becken</u> (<i>U Münster</i>) und die DESMEX Projektgruppe
12:00–12:30	Entwicklungstrends quantenbasierter Sensorsysteme für die luftgestützte magnetische Exploration <u>Markus Schiffler</u> ¹ , Ronny Stolz ^{1, 2} , Matthias Schmelz ¹ , Vyacheslav Zakosarenko ^{1, 3} , Michael Schneider ³ , Jens Kobow ³ , Matthias Meyer ³ , Glenn Chubak ⁴ , Jonathan Rudd ⁴ , Michael Becken ⁵ ¹ Leibniz-IPHT, Jena; ² TU Ilmenau; ³ Supracon, Jena; ⁴ DIAS Geophysical, Saskatoon, Kanada; ⁵ U Münster
12:30–13:00	Mineralische Rohstoffexploration mittels fokussierender pre-stack Migrationsverfahren – Methoden und Anwendungsbeispiele <u>Felix Hloušek</u> ¹ , Stefan Buske ¹ , Lena Bräunig ¹ , Michal Malinowski ² , Alireza Malehmir ² , Magdalena Markovic ³ , Lukasz Sito ⁴ , Paul Marsden ⁵ , Emma Bäckström ⁵ , Musa Manzi ⁶ , Mpfana Sihoyiya ⁶ , Suvi Heinonen ² , Gardar Gislason ² , Emilia Koivisto ⁷ , Marek Wojdyla ⁴ ¹ TU Bergakademie Freiberg; ² Geological Survey of Finland; ³ Uppsala U; ⁴ Geopartner Ltd.; ⁵ Nordic Iron Ore AB; ⁶ U Witwatersrand; ⁷ U Helsinki

VORTRÄGE GW2 - B1400

09:00–11:00	S3-A	S3 - Geophysics to investigate the rapidly changing polar regions Moderation: M. Schmidt-Aursch
09:00–09:20	S3-A.01	A new GHF model for Greenland and its compatibility with a lithospheric model from integrated geophysical-petrological modelling <u>A. Wansing</u> , J. Ebbing <i>CAU Kiel, Kiel, Deutschland</i>
09:20–09:40	S3-A.02	Seasonal variations in Arctic Ocean wave action and sea ice conditions recorded by deep-water broadband ocean bottom seismometers <u>V. Schlindwein</u> , S. Li, H. Kirk, M. Hiller, M. Schmidt-Aursch <i>AWI, Bremerhaven, Deutschland</i>
09:40–10:00	S3-A.03	Curie Depth Estimates in the Circum-Arctic Region from Constrained Magnetic Inversion <u>J. Freienstein</u> , W. Szwillus, J. Ebbing <i>Christian-Albrechts-Universität, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland</i>
10:00–10:20	S3-A.04	Aufzeichnung und Echtzeit-Übertragung von Breitband-Seismometerdaten aus polaren und schwer-erreichbaren Gebieten <u>S. Uhlmann</u> , T. Parker, V. Hamilton <i>IGM GmbH, Überlingen, Deutschland</i>
10:20–10:40	S3-A.05	Petrophysikalisch und zeitlich gekoppelte Joint Inversion von refraktionsseismischen und geoelektrischen Messdaten zum quantitativen Permafrostmonitoring <u>F. Wagner</u> , J. Klahold, C. Hauck <i>RWTH Aachen University, Geophysical Imaging and Monitoring, Aachen, Deutschland</i>

- 10:40–11:00 S3-A.06 **Retrieval of porous sea ice properties from multifrequency electromagnetic measurements**
M. Neudert, S. Hendricks, S. Arndt, C. Haas
Alfred Wegener Institute, Sea Ice Physics, Bremerhaven, Deutschland und weitere

VORTRÄGE GW2 - B2880

09:00–11:00 UI-A Ingenieur- und Umweltgeophysik

Moderation: T. Martin, T. Wunderlich

- 09:00–09:20 UI-A.01 **Geophysikalische Messungen an Submarine Groundwater Discharge (SGD) Lokationen im Königshafen (Sylt) und Vergleich mit Luftbildern und in-situ Leitfähigkeitsmessungen**
T. Wunderlich, M. E. Böttcher, C. M. Ehlert von Ahn, E. Erkul, S. Fischer, B. Gilfedder, R. Gründling, J. Igel, A.-K. Jenner, E. Lu, U. Mallast, N. Moosdorf, M. Müller-Petke, W. Rabbel, M. Ronczka, D. Wilken
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- 09:20–09:40 UI-A.02 **Comparison of the hydrogeological properties based on IP, surface NMR and hydraulic drilling tests**
T. Martin, A. Kass, A. Mendoza, D. Grombacher, C. Butron, T. Dahlin
Lund University, Engineering Geology, Lund, Schweden
- 09:40–10:00 UI-A.03 **Geophysikalische Messungen zur Charakterisierung von Moorgebieten – eine multimethodische Fallstudie im Gnarrenburger Moor**
S. Costabel, S. Schennen, C. Salat, M. Ibs-von Seht, B. Siemon
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Abteilung 2 Grundwasser und Boden, Berlin, Deutschland
- 10:00–10:20 UI-A.04 **Three years 3D ERT monitoring in a Norway spruce forest: a mix of expected and unexpected results**
U. Noell, E. Hemmens, B. Ahrends, H. Meesenburg, S. Fleck, S. Stadler, KLIBW-GW working group
BGR, Grundwasser und Boden, Berlin, Deutschland
- 10:20–10:40 UI-A.05 **Aerogeophysikalische Erkundung von Moorgebiete bei Gnarrenburg in Niedersachsen**
B. Siemon, M. Ibs-von Seht
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland
- 10:40–11:00 UI-A.06 **Entwicklung eines SNMR-basierten Bodenfeuchtesensors**
T. Splith, T. Hiller, A. Chwala, R. Stolz, M. Müller-Petke
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2900

09:00–11:00 MR-A Marine Geophysik

Moderation: R. Gatter

- 09:00–09:20 MR-A.01 **Self-emerging contourite system in a flume tank demonstrates the conditions necessary to form moat-drift-systems**
H. Wilckens, J. T. Eggenhuisen, P. H. Adema, F. J. Hernández-Molina, R. Silva Jacinto, E. Miramontes
University of Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland
- 09:20–09:40 MR-A.02 **Complex evolution of a Contourite Depositional System (CDS): A high-resolution seismic study of the Southern Ewing Terrace at the Argentine Margin.**
E. Unland, T. Schwenk, E. Miramontes, V. Spiess, G. Bozzano, S. Kasten
Universität Bremen, FB 05 Geowissenschaften, Bremen, Deutschland

- 09:40–10:00 MR-A.03 **Building (and rebuilding) a submarine channel: Mass transport processes in the Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel, Labrador Sea**
R. Barrett, G. A. von Rönn, K.-F. Lenz, D. Mosher, C. Stevenson, S. Krastel
Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland
- 10:00–10:20 MR-A.04 **Evolution of complex giant seafloor depressions at the northern Argentine continental margin (SW Atlantic Ocean) under the influence of a dynamic bottom current regime**
 F. Warnke, T. Schwenk, E. Miramontes, G. Bozzano, M. Baques, V. Spiess, S. Kasten
Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland
- 10:20–10:40 MR-A.05 **Identification and mapping of an up-to-200 m high, buried escarpment within the North Sea Fan, offshore Norway**
E. Sokolkova, R. Barrett, H. Grob, K.-F. Lenz, A. Lohrberg, J. Schneider von Deimling, S. Krastel
Institut für Geowissenschaften, Marine Geophysik und Hydroakustik, Kiel, Deutschland
- 10:40–11:00 MR-A.06 **Agadir Slide at the NW-African continental margin: a major landslide in a sediment wave field**
S. Krastel, C. Böttner, M. Schönke, R. Englert, J. Geersen, P. Brandt, C. Stevenson
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B1400

- 12:00–13:00 S3-B Geophysics to investigate the rapidly changing polar regions**
 Moderation: V. Schindwein
- 12:00–12:20 S3-B.01 **Reanalysis of seismic array data obtained during the 2014-16 Skaftá jökulhlaups reveals so far unexplained seismological signals**
T. Dietrich, E. P. Eibl, E. Magnússon, D. Binder, S. Heimann, S. Roessner
Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Potsdam, Deutschland
- 12:20–12:40 S3-B.02 **Noise characteristics of ocean-bottom seismometer data in the Bransfield Strait, Antarctica**
M. Schmidt-Aursch, J. Almendros, W. Geissler, W. Wilcock
Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Deutschland
- 12:40–13:00 S3-B.03 **Improving seismic monitoring capabilities at Troll in Dronning Maud Land, Antarctica**
J. Schweitzer
NORSAR, Kjeller, Norwegen

VORTRÄGE: GW2 - B2880

- 12:00–13:00 UI-B Ingenieur- und Umweltgeophysik**
 Moderation: T. Martin, T. Wunderlich
- 12:00–12:20 UI-B.01 **Zeitabhängige GPR Messungen zum Monitoring von Fließprozessen auf der Hang-Skala**
S. M. Stephan, N. Allroggen, C. Jackisch, J. Tronicke
Institut für Geowissenschaften Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland
- 12:20–12:40 UI-B.02 **Erste Untersuchungen zur Baugrundbeurteilung im Bereich von Bestandsbauwerken mittels Dispersionswellenmessungen**
C. Reimers, S. Henke
Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg, Professur für Geotechnik, Hamburg, Deutschland

12:40–13:00 UI-B.03 **Leben in einer Jurte - aerogeophysikalische Untersuchungen mit dem Multi-Sensor-Erkundungssystem D-MTUC in der Mongolei**
R. Herd, W. Schafrik, B. Dörre, R. Wackerle, J. Holst
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Rohstoff- und Ressourcenwirtschaft, Cottbus, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2900

12:00–13:00 MG-B Marine Geophysik

Moderation: T. Schwenk

12:00–12:20 MR-B.01 **Tunnel valley formation in the “Entenschnabel” area of the German EEZ – results from a High Resolution 3D Seismic Dataset.**

A. Ehrhardt, M. Schnabel, N. Ahlrichs
BGR, Hannover, Deutschland

12:20–12:40 MR-B.02 **Point Clouds and AI: A new approach for marine habitat mapping**

P. Held, J. Schneider von Deimling, J. Friedrichs, C. Straßburger
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

12:40–13:00 MR-B.03 **Glacially induced faulting in the SW Baltic Sea**

E. Seidel, H. Steffen, R. Steffen, N. Ahlrichs, C. Hübscher
University of Hamburg, Institute of Geophysics, Hamburg, Deutschland und weitere

KEYNOTE GROSSER HÖRSAAL / KEKSDOSE / HS2010

14:00–15:00 S3-K.01 **Glaciers in Central Asia, the great unknown**

Moderation: V. Schlindwein

C. MAYER

Bayerische Akademie der Wissenschaften, Erdmessung und Glaziologie, München, Deutschland

POSTER GW2 - B3009

08:30–16:30 S3, UI, MR Posters may stay on display during all conference days

11:00–12:00 **Poster session S3, UI, MR**

Authors are invited to attend and to present their posters on site

S3-P.01 **Stability of the Antarctic Ice Sheet in interaction with the solid Earth**

M. Bagge, T. Albrecht, V. Klemann
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

S3-P.02 **An adapted inversion strategy for electrical resistivity data to explore subsea permafrost environments**

M. Arboleda-Zapata, M. Angelopoulos, P. P. Overduin, G. Grosse, B. M. Jones, J. Tronicke
University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

S3-P.03 **Reconciling Ice Temperature Profiles And Geothermal Heat Flow From Satellite Observations**

M. Lösing, J. Ebbing, M. Leduc-Leballeur, G. Macelloni
CAU Kiel, Kiel, Deutschland

S3-P.04 **Reflection seismic imaging of the North Greenland continental margin**

M. Engels, P. Klitzke, M. Schnabel, I. Heyde, A. Ruppel, L. Reinhardt, A. Ehrhardt
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, Deutschland

- S3-P.05 **Field application of the high-frequency induced polarisation method to estimate ice content in permafrost peatlands.**
M. Sugand, A. Hördt, A. Binley, F. Ulrich
TU Braunschweig, Institute for Geophysics and extraterrestrial Physics, Braunschweig, Deutschland
- S3-P.06 **The Ice Data Hub as a powerful interface between data and simulations**
M. S. Boxberg, A. Simson, Q. Chen, J. Kowalski
RWTH Aachen University, Methods for Model-based Development in Computational Engineering, Aachen, Deutschland
- S3-P.07 **A high-resolution deglacial and post-glacial sedimentary record from Lake Melville, Labrador, Canada: Comparison of paleomagnetic and AMS dating**
C. Ohlendorf, T. Frederichs, N. Asadi, S. Kowalski, J. Matthiessen, C. Gebhardt
Universität Bremen, Geographisches Institut, Geopolar, Bremen, Deutschland
- S3-P.08 **Sortable silt as current-strength indicator in a lacustrine setting: Results obtained from drift-body sediments in Lake Melville (Labrador, Canada)**
C. Gebhardt, T. Bozkuyu, S. Kowalski, J. Matthiessen, C. Ohlendorf
AWI Bremerhaven, Geophysik, Bremerhaven, Deutschland
- UI-P.01 **Elemental borehole logging of iron ore deposits at Erzberg, Austria**
M. Tudor, J. Schubert, M. Queißer, H. Märten, A. Domula, T. Heinig, T. Rothe, A. Stadtschnitzer
UIT Umweltleistungen, Mineralische Rohstoffe, Geophysik, Dresden, Deutschland
- UI-P.02 **Entwicklung eines nicht-invasiven modularen elektromagnetischen Induktionssystems (EMI) mit hoher räumlicher Auflösung für landwirtschaftliche Anwendungen**
M. Dick, E. Zimmermann, J. A. Huisman, A. Mester, M. Tchantcho Amin Tazifor, P. Wüstner, M. Ramm, S. van Waasen
Forschungszentrum Jülich GmbH, Systeme der Elektronik (ZEA-2), Jülich, Deutschland
- UI-P.03 **Geophysics to mitigate browning of lake water**
T. Martin, E. Hiss, T. Dahlin, Blue Innovation & Blue transition research group
Lund University, Engineering Geology, Lund, Schweden
- UI-P.04 **Überwachung eines thermischen Aquifer-Speichersystems im Feldmaßstab mit Hilfe von Crosshole-Seismik**
S. Birnstengel, U. Koedel, M. Pohle, G. Hornbruch, J. Nordbeck, U. Werban, P. Dietrich
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Monitoring- und Erkundungstechnologien, Leipzig, Deutschland
- UI-P.05 **Geophysikalische Untersuchung der Hansekogge Kiel mit Hilfe von Ultraschall und Georadar**
A. Ziehl, E. Erkul, Y. Esel, D. Schulte-Kortnack, T. Meier
CAU Kiel, Institut für Geowissenschaften, Geophysik, Kiel, Deutschland
- UI-P.06 **Geophysikalische Untersuchungen an der St. Jacobi Kirche Neuenkirchen**
M. Scharnweber, Y. Esel, D. Schulte-Kortnack, E. Erkul, T. Meier
CAU zu Kiel - Institut für Geowissenschaften, Geophysik, Kiel, Deutschland
- UI-P.07 **Prospektion von Verwerfungen in der Südlichen Erftscholle mittels Refraktionsseismik und elektrischer Widerstandstomografie**
N. Menzel, N. Klitzsch, M. Altenbockum, L. Müller, F. M. Wagner
Geophysical Imaging and Monitoring, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland
- UI-P.08 **Airborne geophysical peat volume mapping in comparison with traditional methods – Case study Ahlen-Falkenberger Moor**
B. Siemon, M. Ibs-von Seht, S. Frank
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland
- UI-P.09 **Untersuchung der hydraulischen Konnektivität in heterogenen Lockergesteinsaquiferen mittels SIP**
R. Herold, P. Dietrich, F. Börner
Technische Universität Berlin, Angewandte Geophysik, Berlin, Deutschland
- UI-P.10 **Application of Phase-Based Edge Detectors on Magnetic Data for Explosive Ordnance Detection**
P. Gödickmeier, R.-U. Börner, K. Spitzer
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

- UI-P.11 **Determination of the subsurface structure of the Chora plain (Samos) by seismic noise analysis**
N. Kallinich, M. Thorwart, W. Rabbel
Institut für Geowissenschaften der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Angewandte Geophysik, Kiel, Deutschland
- UI-P.12 **Statistical array analysis of the seismic noise to reveal the near surface structure at the Chiselet Tell (Romania)**
M. Thorwart, W. Rabbel, N. Kallinich
Kiel University, Institute of Geosciences, Kiel, Deutschland
- UI-P.13 **On the challenge of determining the correct water content of clay rock with nuclear magnetic resonance (NMR)**
S. Costabel
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Abteilung 2 Grundwasser und Boden, Berlin, Deutschland
- UI-P.14 **Effekt der Heterogenität und Anisotropie auf die Spektrale Induzierte Polarisation poröser Gesteine**
G. Beisembina, R. Herold, P. Dietrich, F. Börner
TU Berlin, Angewandte Geophysik, Berlin, Deutschland
- MR-P.01 **AUV-based UXO Detection using Magnetometry**
M. Seidel
GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Kiel, Deutschland
- MR-P.02 **Offshore Freshened Groundwater Investigation in Malta Using Integrated Geophysical and Geochemical Analysis**
Z. Faghih, A. Haroon, M. Jegen, C. Berndt, B. A. Weymer, K. Reeck, M. Kühn, T. Müller, M. Schmidt, C. Hensen, S. Hölz
GEOMAR, Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Deutschland
- MR-P.03 **Quantification of Himalayan erosional fluxes based on integration of core-seismic data from the Bengal Fan (IODP Exp. 354)**
T. Schwenk, F. Bergmann, B. Reilly, V. Spiess, C. France-Lanord
Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland
- MR-P.04 **Quantitative geomorphological and geotechnical analysis of RockGarden (central Hikurangi Margin, New Zealand): assessing the influence of seamount subduction and fluid overpressure on slope failure**
C. Schwarze, J. Kuhlmann, I. Klauke, A. Orpin, G. Crutchley, K. Huhn, N. Kukowski
Institute of Geosciences, Jena, Deutschland
- MR-P.05 **Amundsen Sea (Antarctica): high sedimentation rates for the middle Pliocene inferred from paleomagnetic age dating**
T. Frederichs, IODP Expedition 379 Scientists
Universität Bremen, Bremen, Deutschland
- MR-P.06 **High-Resolution Seismic Exploration of the Structure and Morphology of a basaltic Carbon Storage Reservoir on the Eastern Juan de Fuca Ridge Flank**
A. Albers, N. Römer-Stange, V. Spieß
Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland
- MR-P.07 **Heat flow density at the Southeast Indian Ridge – measurements with the upgraded BGR heat flow probe**
I. Heyde, D. Hagedorn
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland
- MR-P.08 **Tectonic Deformation and Lake Depositional Processes within Lake Issyk Kul – Kyrgyzstan- Insights from new High-Resolution Seismic and Acoustic Data –**
V. Spiess, J. Geils, H. Keil
Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland

Donnerstag, 9. März 2023

VORTRÄGE:GW2 - B1400

- 09:00–11:00 S4-A S4 - Tectonics and dynamics of rifts and ridges**
Moderation: M. Perez-Gussinye
- 09:00–09:20 S4-A.01 **Modelling of the lithospheric mantle over the West and Central African rift system and its surrounding using Litmod3D**
E. E. Fosso Teguia M., J. Ebbing
University of Kiel, Institute of Geosciences, Kiel, Deutschland
- 09:20–09:40 S4-A.02 **Evolution of Triple junction in Afar rift, East Africa**
A. Muluneh, S. Brune, D. Maestrelli, G. Corti, D. Keir
GFZ German Research Centre for Geosciences, Geodynamic modeling, Potsdam, Deutschland
- 09:40–10:00 S4-A.03 **Heat Flow and Thermal Regime in the Guaymas Basin, Gulf of California: Estimates of Conductive and Advective Heat Transport**
F. Neumann, R. Negrete-Aranda, R. Harris, J. Contreras, C. Galerne, M. Peña-Salinas, R. Spelz, A. Teske, D. Lizarralde, T. Höfig
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Geoenergie, Potsdam, Deutschland
- 10:00–10:20 S4-A.04 **Highly Asymmetric Seismicity in a System of Tectonic Extension and Hydrothermal Venting at the Mohn-Knipovich Ridge Bend**
M. Pilot, M. E. Lien, V. Schlindwein, L. Ottemoeller, T. Barreyre
Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI), Geophysik, Bremerhaven, Deutschland
- 10:20–10:40 S4-A.05 **Tectonics controls on melt production and crustal architecture during nearly amagmatic seafloor spreading**
L. Mezri, J. García-Pintado, M. Pérez-Gussinyé, Z. Liu, M. Cannat, W. Bach
MARUM—Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Bremen, Deutschland
- 10:40–11:00 S4-A.06 **Ocean Basin-Scale Feedbacks between Tectonics and Hydrothermal Circulation in Rifting Margins**
J. García-Pintado, M. Pérez-Gussinyé, L. Mezri
MARUM, University of Bremen, Bremen, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2880

- 09:00–10:00 AG-A Achäogeophysik**
- 09:00–09:20 AG-A.01 **Geowissenschaftliche Untersuchungen an den Nasca-Linien, Peru**
A. Weller, S. Rosas, K. Hartsch, C. Richter
Technische Universität Clausthal, Geophysik, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland
- 09:20–09:40 AG-A.02 **The application of geophysical survey methods to explore ancient mining and processing of iron ore at „Les Tseppes“, Valais, Switzerland**
B. Ullrich, C. Rücker, R. Turck
Eastern Atlas GmbH & Co. KG, Berlin, Deutschland
- 09:40–10:00 AG-A.03 **Großflächige Magnetometerprospektionen im Bereich Erneuerbare Energien**
B. Ullrich, J. Dorrestein, A. Fediuk, R. Freibothe, R. Kniess, H. Krahn, . Meyer, M. Wetzel, H. Zöllner
Eastern Atlas GmbH & Co. KG, Berlin, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2880

10:00–11:00 GR-A Gravimetrie

Moderation: P. Koch

- 10:00–10:20 GR-A.01 **Regularization Approach to Tidal Analysis**
A. Ciesielski, T. Forbriger, W. Zürn, A. Rietbrock
Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Geophysical Institute, Black Forest Observatory (BFO), Karlsruhe, Deutschland
- 10:20–10:40 GR-A.02 **Systematical errors of superconducting gravimeters – An investigation of sensor differences of four dual sphere superconducting gravimeters**
C. Bützler, T. Forbriger, W. Zürn, R. Widmer-Schmidrig, N. Sneeuw
Universität Stuttgart, Geodätisches Institut, Stuttgart, Deutschland
- 10:40–11:00 GR-A.03 **Mit Isaac NEWTON vom 3-Körperproblem über die Theorie der Mondbahn zu den Gezeiten**
J. Fertig
Geophysik, Burgwedel, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2890

09:00–11:00 SM-A SM - Seismik

Moderation: F. Hlousek

- 09:00–09:20 SM-A.01 **Überragende Ergebnisse der 3D-Seismik Asse**
M. Scholze, H. Ding, E. Schörner
Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Peine, Deutschland
- 09:20–09:40 SM-A.02 **Improvement of 3D seismic imaging for in-mine exploration**
H. Richter, R. Giese, C. Krawczyk
GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland
- 09:40–10:00 SM-A.03 **Untersuchung eines Spritzbeton-Probekörpers unter Tage mit Ultraschall**
V. Lay, U. Effner, E. Niederleithinger
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Deutschland
- 10:00–10:20 SM-A.04 **Development of a high-resolution seismic imaging workflow in the frame of nuclear waste disposal**
N. Kühne, T. Jusri, F. Hlousek, S. Buske, L. Houpt, S. Sortan, T. Hertweck, T. Bohlen, H. Ding, M. Scholze, E. Schörner
TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland
- 10:20–10:40 SM-A.05 **Focusing seismic imaging methods applied to ultrasound data from civil engineering**
C. Büttner, V. Lay, E. Niederleithinger, S. Buske
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland
- 10:40–11:00 SM-A.06 **Konsistente Breitbanddekonvolution von Poststack-Reflexionsseismogrammen mit Hilfe der Methode des Simulated Annealing**
B. Kummer, A. Schuck
Consultant, Remscheid, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2900

09:00–11:00 MR-C MR - Marine Geophysik

Moderation: T. Frederichs

- 09:00–09:20 MR-C.01 **Sedimentary architecture of submarine lobes affected by bottom currents: Insights from the Rovuma Basin offshore East Africa**
M. Chen, S. Wu, E. Miramontes
China University of Petroleum (Beijing), State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, Beijing, China, Volksrepublik
- 09:20–09:40 MR-C.02 **Signatures and Significance of Lithogenic, Hydrothermal, and Authigenic Mineral Fractions in Ridge Flank Sediment of the East Pacific Rise**
C. Nadolsky, A. Höfken, T. von Dobeneck, S. Kasten
Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Marine Geochemistry, Bremerhaven, Deutschland
- 09:40–10:00 MR-C.03 **Extended magneto-chronostratigraphy of three sediment cores from the SE Pacific**
N. Nowaczyk, J. Liu, J. Hagemann, H. Arz, F. Lamy, N. Harada, K. Nagashima
Helmholtz-Zentrum Potsdam GFZ, Potsdam, Deutschland
- 10:00–10:20 MR-C.04 **Middle Eocene to the early Miocene absolute paleolatitude of northern Zealandia determined from the paleomagnetic record of IODP Exp. 371 (Tasman Sea)**
E. Dallanave, R. Sutherland, G. Dickens, L. Chang, E. Tema, L. Alegret, C. Agnini, T. Westerhold, C. Newsam, A. Lam, W. Stratford, J. Collot, S. Etienne, T. von Dobeneck
University of Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland und weitere

VORTRÄGE GW2 - B1400

12:00–13:00 S4-B S4 - Tectonics and dynamics of rifts and ridges

Moderation: S. Brune

- 12:00–12:20 S4-B.01 **First 3-D subsurface electrical conductivity model from volcanic regions of Eifel, Siebengebirge and Vogelsberg**
A. Grayver, F. Samrock
Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Deutschland
- 12:20–12:40 S4-B.02 **Asymmetry and evolution of craton influenced rifted margins**
G. Raghuram, M. Pérez-Gussinyé, M. Andrés-Martínez, J. García-Pintado, M. Neto Araujo, J. Phipps Morgan
University of Bremen, Bremen, Deutschland
- 12:40–13:00 S4-B.03 **Spatial and temporal distribution of the basaltic magmatic events in the pre-salt of Santos Basin: Petrogenesis and the associated Geodynamic implications.**
R. Oliveira-Santos, W. Bach, M. Pérez-Gussinyé, M. Neto Cavalcanti de Araujo, P. Ventin Varela
University of Bremen/ Petrobras, Geophysik-Geodynamik, Bremen, Deutschland und weitere

VORTRÄGE GW2 - B2880

12:00–13:00 MA-A Magnetik / Erdmagnetismus

Moderation: T. von Dobeneck

- 12:00–12:20 MA-A.01 **Untersuchung komplexer magnetischer Anomalien von Kampfmitteln**
C. Virgil
Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, TU Braunschweig, Braunschweig, Deutschland

- 12:20–12:40 MA-A.02 **Ground magnetic surveying and susceptibility mapping of buried basalt dikes in the Hassberge (Lower Franconia) - a potential approach to reconstruct soil creep?**
T. von Dobeneck, M. Müller, B. Bosbach, A. Klügel
Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland
- 12:40–13:00 MA-A.03 **A novel filter for magnetic data interpretation**
I. Ibraheem, B. Tezkan
University of Cologne, Institute of Geophysics and Meteorology, Cologne, Deutschland

VORTRÄGE GW2 - B2900

12:00–13:00 VU-A Vulkanologie

- 12:00–12:20 VU-A.01 **Seismic imaging of the submarine Kolumbo Volcanic Chain**
J. Preine, C. Hübscher, J. Karstens, G. Crutchley, P. Nomikou
Universität Hamburg, Institut für Geophysik, Hamburg, Deutschland
- 12:20–12:40 VU-A.02 **Tephra segregation profiles from Vulcanian eruptions on Sakurajima volcano, Japan, based on the observations of diameter and settling velocity of falling tephra**
K. Takishita, A. P. Poulidis, M. Iguchi
Sakurajima Volcano Research Center, DPRI, Kyoto University, Kagoshima, Japan
- 12:40–13:00 VU-A.03 **A multi-model study on the impact of persistent volcanic activity on the air quality of surrounding communities**
A. P. Poulidis, K. Takishita, M. Iguchi, M. Vrekoussis
University of Bremen, Institute of Environmental Physics, Bremen, Deutschland und weitere

KEYNOTE GROSSER HÖRSAAL / KEKSDOSE / HS2010

14:00–15:00 S4-K.01 Geodynamics of Continental Rifting

Moderation: M. Perez-Gussinye

S. BRUNE

GFZ Potsdam, Geodynamische Modellierung, Potsdam, Deutschland

POSTER GW2 - B3009

08:30–16:30 S4, AG, MA, GR, VU, SM Posters may stay on display during all conference days

11:00–12:00: Poster session S4, AG, MA, GR, VU, SM

Authors are invited to attend and to present their posters on site

- S4-P.01 **Seafloor shoaling at the transform fault – fracture zone transition: Insights from tectono-hydrothermal-magmatic geodynamic models**
S. Liu, L. H. Rüpke, M. Chen, J. P. Morgan
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Kiel, Deutschland
- AG-P.01 **Archäologisch-geophysikalische Prospektion im Bereich des Apollon Amyklaios-Heiligtums bei Sparta (Peloponnes, Griechenland)**
V. Schmidt, M. Wendel, M. Becken, S. Nomicos, A.-K. Hönerloh, S. Vlizos
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland
- MA-P.01 **A magnetic total field anomaly map of Saxony obtained by a Hilbert transform of historic torsion magnetometer data**
R.-U. Börner, R. Kämpfer, L. Sonnabend
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

- MA-P.02 **Quantifying precipitation and aridity in the Middle Danube Basin through environmental magnetic properties**
C. Zeeden, M. Vinnepand, C. Laag, M. Sardar Abadi, M. Radaković, M. Gavrilov, S. Marković
LIAG - Leibniz Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland
- MA-P.03 **Application of the equivalent source method for UAV-borne magnetic surveys**
S. Schwind, V. Schmidt
Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland
- MA-P.04 **Affordable magnetic field measurements for educational purposes using smartphones and microcontrollers**
J. Henschel, N. Klitzsch, F. Wagner
RWTH Aachen, CGGR, Aachen, Deutschland
- GR-P.01 **Structure of the Lunar Crust from Cluster Analysis and Gravity Inversion**
P. Koch, J. Ebbing, K. Wünnemann, P. Haas
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland
- SM-P.01 **Borehole and surface seismic investigations around the COSC-2 drill hole (Järpen, Sweden)**
L. Bräunig, S. Buske, R. Giese, K. Jaksch, J. Kück, S. Krastel, H. Grob, C. Juhlin, H. Lorenz
TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland
- SM-P.02 **Erste Ergebnisse aus einer VSP Messung zur Charakterisierung des potentiellen Standorts für das Einstein-Teleskop in der Lausitz**
F. Hlousek, S. Buske, S. Weber, K. Henjes-Kunst
TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland
- SM-P.03 **Die reaktivierte Intraplattenüberschiebung des Osning Lineaments in Norddeutschland – Oberflächennahe Untersuchungen mittels P- und SH-Wellen Reflexionsseismik**
S. H. Wadas, U. Polom, D. Tanner
Leibniz Institut für Angewandte Geophysik, S1 - Seismik und Potentialverfahren, Hannover, Deutschland
- SM-P.04 **Seismic investigations for paleoclimatic research in the Sperrgebiet, Namibia**
C. Büttner, M. Legler, M. Melles, S. Buske, H. Nienhaus, P. Yogeshwar, B. Lushetile
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland
- SM-P.05 **Seismic imaging of a fault zone in shale – baseline characterization for monitoring a heating and diffusion experiment**
R. Esefelder, S. Lüth, R. Giese, A. Bonnelye, P. Dick, C. M. Krawczyk
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland
- SM-P.06 **Detection of complex spikes in marine seismic data using machine learning**
L. Ninnemann, S. Buske, S. Rentsch
Shearwater GeoServices, Oslo, Norwegen

S1: VORTRÄGE

(Marine) Geohazards – from observation to long-term monitoring and modelling – newest methodological developments in geophysics

S1-A.01

Slow slip, stick slip, continuous slip – the spectrum of underwater flank movements measured by the Etna GeoSEA array

M. Urlaub¹, P. Victor², A. Bonforte³, H. Kopp^{1,4}

¹GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Dynamik des Ozeanbodens, Kiel, Deutschland, ²Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 4.1: Lithosphere Dynamics, Potsdam, Deutschland, ³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Section of Catania—Osservatorio Etneo, Catania, Italien, ⁴Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

Geodetic and seismological observations of lithospheric faults have shown that fault slip occurs over a vast range of temporal scales, from stick-slip seismogenic and sub-seismogenic speeds to continuous aseismic creep. The same rock mass is thus capable of hosting multiple deformation mechanisms, which are controlled by a variety of parameters (e.g. host rock, gouge material, PT conditions of the slip area, slip rate). Studies on relict and now exposed fault gauges, numerical models, and laboratory experiments have identified various fault gauge properties that are capable of accommodating such a broad spectrum of deformation. Direct in-situ observations are needed to test these hypotheses, which is challenging because of the high complexity of the natural fault systems and the often large spatial and temporal scales involved.

Here, we report on multiple deformation processes affecting one segment of a submarine strike slip fault detected by seafloor acoustic ranging. The fault is kinematically related to the movement of the southeast flank of the Etna volcano on the East coast of Sicily, Italy. Its slip has been monitored for four years by a seafloor geodetic network, which measures distance changes between five transponders on the seafloor across the fault. The network detected several episodic slip events (~4 cm of slip over 8 days in May 2017, ~2 cm of slip in less than 2 hours and ~3 cm of slip over 3 days both in August 2022), as well as near-continuous creep (~1 cm over a period of 15 months from September 2020 – November 2021). Neither a submarine fibre optic strain cable deployed along the presumable offshore extension of the fault, nor onshore ground deformation measurements detected simultaneous fault movement, demonstrating that this specific transient behaviour is inherent to the here monitored fault segment.

The transient episodes of various slip mechanisms of this fault segment make it a highly interesting target to study the physical processes and mechanical interactions between slow slip, low-frequency earthquakes, and creep directly at an offshore site in a logistically convenient location 14 km off the coast in 1000 m water depth.

S1-A.02

Imaging Near-Surface Migration Paths of Volcanic Gases on Vulcano Island (Italy) with IP Tomography, 3D Thermal Mapping and Drone Photogrammetry

J. Börner¹, P. Irmisch², V. Unnithan³, M. Scheunert¹, M. Sonntag¹, S. Weit¹, R. Herold⁴, L. Schmitt⁵

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland, ²German Aerospace Center (DLR), Institute of Optical Sensor Systems, Berlin, Deutschland, ³Jacobs University Bremen, Department of Physics Earth Sciences, Bremen, Deutschland, ⁴Technical University Berlin, Department of Applied Geophysics, Berlin, Deutschland, ⁵GFZ German Research Centre for Geosciences, Department 2/Section 2.2 Geophysical Imaging, Potsdam, Deutschland

The island of Vulcano (Aeolian Islands) is an active volcano north of Sicily, Italy. It is considered one of the most active volcanoes in the Mediterranean, has been marked by frequent eruptions and seismic activity in the past, and is closely monitored today. The Fossa crater on Vulcano Island houses a fumarole field that constantly emits volcanic gases. These emissions can be harmful to human health if inhaled in large amounts. The intensity of the fumarole field's emissions fluctuates on a scale of hours to several years, indicating the level of volcanic activity and the current meteorological conditions. In combination with other indicators, the fumarolic activity can be used for the hazard risk assessment. Understanding migration and rock-fluid interactions in volcanic terrain is therefore important for establishing reliable early warning systems and making informed decisions about alert levels. In June 2022, when the presented field campaign took place, Vulcano Island exhibited a phase of particularly strong volcanic activity. We utilized drone photogrammetry, high-resolution infrared thermal imaging and induced polarization (IP) tomography to study the fumarole field at the Fossa crater. The electrical resistivity and polarization data revealed significant contrasts in the shallow subsurface, reflecting the complex interactions between mineralization, water, and reactive gases. We present the results of the multi-method field survey, including the methodology and outcome of integrating high-resolution surface information with the 3D inversion results of the IP tomography.

S1-A.03

Volcano-tectonic deformation of the submarine flank of Cumbre Vieja volcano, La Palma

L. Rollwage¹, J. Geersen¹, F. Gross¹, C. Böttner¹, H. Sudhaus¹, S. Krastel¹, C. Sippel², M. Urlaub³

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Czech Academy of Sciences, Institute of Geophysics, Prague, Tschechische Republik, ³GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Kiel, Deutschland

The land and seascape of the Canary Islands witnesses a long history of volcanic growth and volcano-tectonic deformation. This interplay has generated a spectacular morphology that stretches over almost 8 km (vertically) from the foot of the western volcanic islands at 4.000 m water depth to the top of the Pico del Teide at 3.718 m above sea level. On 19th September 2021, Cumbre Vieja volcano on the island of La Palma, experienced its longest eruption in historic times, lasting for three months. The eruption was accompanied by widespread deformation, expressed among others by tens of thousands of earthquakes, meter-scale vertical elevation changes, fractures and eruptive fissures that opened along the onshore flank, and the build-up and collapse of volcanic cones. It is now a major task for researchers to identify and untangle the different deformation patterns in order to learn about volcano-tectonic and related sedimentary processes before, during, and after the eruption. Because the largest volume of the volcano locates underwater, a comprehensive analysis of volcano-tectonic deformation requires marine data. Here we present a synthesis of legacy hydroacoustic data from the last century together with new data collected during RV MARIA S. MERIAN Cruise 113 in January 2023. The new data cover the western side of La Palma, which has collapsed repeatedly in a likely catastrophic manner over geologic times, with the Cumbre Nueva debris avalanche at 125–536 ka representing the youngest event. We use the data to map sedimentary and tectonic structures including fault outcrops, submarine canyons and channels, mass-transport deposits, landslide scars and blocks as well as folded and faulted strata. The results add to a land-to-sea analysis of volcano-tectonic deformation at Cumbre Vieja volcano including the spatial extent and outline of the mobile western flank, which seems to be moving into the Atlantic Ocean.

S1-A.04

Analyse kleiner synseismischer Versätze an Verwerfungszonen in InSAR Daten

T. May, H. Sudhaus

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

Mit Hilfe satellitengestützter Radarinterferometrie (InSAR) lassen sich Bodenbewegungen in einem Gebiet unter bestimmten Bedingungen sehr präzise bestimmen. Dabei wird für kleine Bereiche der Phasenunterschied der Radarwellen zwischen zwei unterschiedlichen Überflügen des Satelliten bestimmt. Dadurch ist es möglich, Verschiebungen an der Oberfläche von nur wenigen Zentimetern zu messen. Vor allem für Gebiete, in denen zwischen zwei Überflügen eines Satelliten ein Erdbeben stattfand, ist diese Technik sehr hilfreich und wird oft verwendet, um relative Bewegungen der Erdoberfläche in Relation zur Bruchfläche zu setzen. Durch ein Hauptbeben, welches oft sehr prominent in den Interferogrammen zu erkennen ist, können auch kleinere Verwerfungen in der Nähe aktiviert werden und dazu beitragen, dass sich die Oberfläche bewegt. Bei guten Bedingungen lassen sich diese Verwerfungen in den Interferogrammen ebenfalls, wenn auch nicht immer eindeutig, erkennen. Aufgrund der standardisierten Prozessierung und der großen Verfügbarkeit von InSAR-Daten werden meist nur die dominierenden Signale der eigentlichen Hauptbeben betrachtet. Jedoch lohnt es sich ebenfalls, die kleineren Verwerfungen in den Daten zu identifizieren, da diese wichtige Kenntnisse über die oberflächennahe Struktur des Untersuchungsgebiets liefern und ergänzend zu geologischen Bestimmungen von Verwerfungszonen genutzt werden können.

Die dabei zu erkennenden Verwerfungen können anschließend mit einer lokalen Kartierung der bereits bekannten Verwerfungszonen verglichen und interpretiert werden. Oft weisen die in den Interferogrammen zu erkennenden Störungen Merkmale von bereits bekannten Störungszonen auf und korrelieren somit mit topologischen Eigenschaften des Gebiets, wie z.B. Gebirgszügen. Neben der visuellen Bestimmung der Störungen in den Interferogrammen kann ebenfalls die Orientierung und der Bodenversatz relativ dazu durch Zerlegung der Line-of-Sight Daten in Ost-West Richtung bestimmt werden. Die Aktivierung der Verwerfung zeigt auch deren Schwäche gegenüber dem umgebenden Gestein an und den Abbau von koseismischer Spannungsänderung im oberflächennahen Gestein durch lokalisierten Versatz. Mit diesen Beobachtungen erhalten wir möglicherweise Kenntnisse darüber, wie sich tiefe und oberflächennahe Verwerfungen zueinander verhalten und über den tektonischen Spannungsabbau oberhalb der seismischen Zone.

S1-A.05

On the relation of coseismic surface displacement and synseismic slip on secondary faults observed with InSAR

H. Sudhaus

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

Earthquakes produce slip on neighbouring faults that have not been part of the actual rupture. This slip is here called syn-seismic slip. With the space-borne InSAR technique we are able to observe such syn-seismic slip down to a few centimeters with very high spatial resolution. Excellent examples of synseismic slip have been observed for the 2019 Ridgecrest earthquake sequence in California. These fault activations highlight local faults in coseismic displacement maps as weak zones, may they be known or not. The synseismic slip direction varies spatially and the variation patterns suggest that the localized plastic strain accommodates coseismic stress changes due to the mainshock. E.g. we observe tectonic normal faults to slip with a reverse synseismic fault slip and also synseismic slip directions that reverse along a fault.

In the presentation I will show examples of synseismic slip found in Sentinel-1 SAR interferograms of $M \sim 6$ normal-faulting earthquakes. The InSAR products have been processed to full resolution and with weak filtering which gives them an astounding clarity.

From the collection of examples from different earthquakes it appears that such synseismic fault activation is rather common and can only be observed to large detail now, because the minimum revisit time of satellite acquisitions with the Sentinel-1 mission has dropped to six days only between April 2016 and December 2021, with the start and stop of operation of Sentinel-1B. Short revisit times improve the coherence in InSAR data significantly and thereby the precision of displacement measurements. With estimations of the EW and vertical displacement components, I will discuss the synseismic fault activation with respect to the local coseismic strain. Remaining questions are what the long-term influence of such shallow fault slip may be on the fault surface morphology and its contribution to the long-term tectonic stress release above the seismogenic zone.

S1-A.06

Volcanic Island Sector Collapse: Reconstruction of volcanic activity and implications for subsequent mass movements from marine records drilled with MeBo70 offshore Montserrat (Lesser Antilles)

K. Sass¹, S. Kutterolf², T. Freudenthal¹, S. Watt³, C. Berndt², S. Krastel⁴, K. Huhn¹

¹MARUM – Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Bremen, Deutschland, ²GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Kiel, Deutschland, ³School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, Birmingham, Vereinigtes Königreich, ⁴Institute of Geosciences, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

Volcanic island sector collapses produce some of the volumetrically largest mass movements on Earth. They may trigger devastating tsunamis that pose hazards to coastal communities and endanger seafloor installations. Very little is currently known about the interplay between volcanic activity, subsequent mass wasting events, and their specific emplacement processes. This information is needed to develop a reliable tsunami hazard assessment. Here, we present four MeBo70 sediment drill cores from up to 63 mbsf that were obtained during the Meteor expedition M154-2 offshore southeast of Montserrat in 2019. This project aims at contributing to the general comprehension of volcanic island sector collapses, particularly the interrelationship of volcanic processes and associated mass movements by establishing an event chronostratigraphy for the marine sediment records off Montserrat volcanic island.

Samples from drill sites at the undisturbed slope, the central and distal part of a major landslide complex (Deposit 2), and south of Montserrat were analyzed for their componentry and composition. The sediments predominantly comprise mud-rich facies interbedded with fine to coarse-grained sands with variable proportions of volcanic and biogenic clasts. In a small number, coarse volcanic sands to volcanoclastic gravels were encountered. Tuffaceous deposits are less frequent. Petrographic analyses of selected samples by polarized light microscopy enable the investigation of clast inventories to differentiate between sediment units. Geochemical fingerprinting of major elements of volcanic glasses by electron microprobe elucidates this differentiation. The geochemical analyses further show a mainly basaltic to rhyolitic volcanism in the range of Arc Tholeiitic and Calc-alkaline series. The analyzed samples represent different stages of volcanic island evolution with periods of increased volcanic activity and eruptions, flank collapses, submarine mass wasting events, and periods of relative inactivity. Moreover, trace element analyses by laser ablation inductively coupled plasma-mass spectrometry of selected potential primary volcanic layers enable the possibility to better distinguish between single eruptions and also to narrow down their source area(s) as well as that of the sedimentary material.

S1-B.01

EWERICA: Early-warning and rapid impact assessment with real-time GNSS in the Mediterranean

A. Babeyko¹, M. Ge¹, X. Jiang¹, W. Xie¹, M. Metz¹, A. Strollo¹, A. Heinloo¹, R. Zaccarelli¹, M. Ohrnberger², L. Lehmann², A. Avallone³, S. Lorito³, Y. A. Rahmawan⁴

¹Helmholtz Zentrum Potsdam GFZ, Potsdam, Deutschland, ²University Potsdam, Potsdam, Deutschland, ³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Roma, Italien, ⁴Badan Informasi Geospasial, Jakarta, Indonesien

High-precision real-time applications of the Global Navigation Satellite System (GNSS) have recently expanded to monitoring and early detection of natural hazards. The German national research project EWRICA (Early-Warning and Rapid ImpaCt Assessment with real-time GNSS in the Mediterranean) funded by the national Ministry for Education and Research (BMBF) aims for the prototype implementation of the GNSS-based seismic source inversion and rapid impact assessment in the seismically active regions of Mediterranean. The project is being implemented by the German Centre for Geosciences (GFZ) and University of Potsdam and exigently benefits from the intense cooperation with partners from Italy (INGV) and Greece (NOA) operating real-time high-rate GNSS networks RING and NOANET, respectively. An overarching goal of the project is to create robust local ground motion models shortly after an earthquake to assess secondary effects such as tsunamis and landslides as well as to identify areas of possible building damage and collapse. The four work packages - (1) real-time processing of coseismic displacements (RT-multi GNSS with regional augmentation, streamed in miniSEED format via SeedLink server, optionally joint processing with collocated accelerometers); (2) fast source inversion (Bayesian moment-tensor solution with Pyrocko tools); (3) rapid impact assessment (neural network predictions of ground motion maps with uncertainties, also coupled to probabilistic tsunami forecasting PTF at INGV); and (4) system prototype — end up with an operational system prototype to demonstrate the full operational processing chain by hindcasting selected historical (e.g., 2016 M6.2 Amatrice; 2020 M7 Samos) and synthetic event scenarios. EWRICA may serve as a blueprint for other regions of the world: currently EWRICA's tools are being tested for application in Indonesia, together with the colleagues from the Geospatial Agency (BIG) and from the national tsunami warning center InaTEWS.

S1-B.02

Space weather hazards: Establishing a network of space weather researchers and stakeholders in Austria (SWAP)

R. Leonhardt¹, R. Bailey¹, G. Achleitner², D. Albert³, T. Amerstorfer⁴, P. Beck⁵, R. Egl⁶, S. Krauss⁷, M. Latocha⁵, C. Möstl⁴, R. Nakamura⁸, M. Reiss^{4,9}, P. Schachinger³, M. Schönhuber¹⁰, S. Schweitzer¹⁰, B. Süsser-Rechberger⁷, M. Temmer¹¹, A. Veronig¹¹

¹GeoSphere Austria, Conrad Observatorium, Wien, Österreich, ²Austrian Power Grid, Wien, Österreich, ³TU Graz, Institute of Electrical Power Systems, Graz, Österreich, ⁴GeoSphere Austria, Austrian Space Weather Office, Graz, Österreich, ⁵Seibersdorf Laboratories, Seibersdorf, Österreich, ⁶GeoSphere Austria, Wien, Österreich, ⁷TU Graz, Institute of Geodesy, Graz, Österreich, ⁸Austrian Academy of Sciences, Space Research Institute, Graz, Österreich, ⁹NASA GSFC, Community Coordinated Modeling Center, Greenbelt, Vereinigte Staaten von Amerika, ¹⁰JOANNEUM Research, Graz, Österreich, ¹¹University of Graz, Institute of Physics & Kanzelhöhe Observatory, Graz, Österreich

The term „space weather“ summarizes phenomena in the solar system that primarily originate from the sun. The Earth and its magnetic field interact continuously with space weather, usually without consequence. However, there are also extreme conditions in space weather (known as solar storms) that can affect modern technologies. The most well-known consequences include disturbances of navigation systems (e.g. GNSS), problems in power supply operation, as well as the loss of radio communication.

The SWAP (Space Weather: The Austrian Platform) project deals with the diffusion of space weather expertise to potential users and the public at a national level. Funded as part of the Austrian Space Applications Programme (FFG), the project is carried out by a consortium of eight partners in space weather research and application. Our aims are to (1) connect national expertise in the field, (2) establish a national space weather platform, and (3) plot a road map for the future development of the space weather sector in Austria.

In this presentation we will provide an overview on our progress in developing a national platform. A newly established website serves as a single point of entry into the topic of space weather. We use this platform as a launchpad to contact potential stakeholders and provide a resource for national expertise and infrastructure, with the intent to extend awareness of space weather events and their potential consequences. Using a space weather “atlas”, the website ties together national expertise with current space weather forecasts. A direct line of contact to the relevant experts is provided in case of extreme events. We have identified various stakeholders including regional warning centres, power grid operators, groups relying on GPS and radio signals, and the press, among others.

As in any science outreach initiative, there are many challenges involved when contacting stakeholders, depicting space weather topics to the general public, and in consolidating current expertise. This project can be a useful test case for similar initiatives in other countries.

S1-B.03

What GEBCO can do for us: A comparison of shoreline-crossing DEMs of volcanic islands

E. Klein¹, M. Urlaub¹, S. Kraste²

¹GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, FB4, Kiel, Deutschland, ²CAU Kiel, Institut für Geowissenschaften, Marine Geophysik und Hydroakustik, Kiel, Deutschland

We have higher resolution information of other planets and the moon than on the surface of the Earth beneath the ocean. Acquisition of high-resolution bathymetry requires hydroacoustical surveys by research vessels or autonomous vehicles, which is time consuming and expensive. The consequence is sparse data coverage, especially along the coasts, where a “Coastal white ribbon” remains widely unmapped. While world-wide datasets based on satellite altimetry combined with other available data, as provided by GEBCO (GEneral Bathymetric Chart of the Ocean) for example, are improving, they do not have the resolution required for most scientific questions.

The research on volcanic islands, sources for both volcanic, as well as marine hazards such as tsunamis, is greatly limited by the lack of high-resolution bathymetry. Considering that more than 90 percent of most edifices’ volume is lying below the sea surface, bathymetry data is often presenting the only available source of information. So, how can we increase the knowledge with the available data?

Here, we compare results of geomorphometric parameter extraction from the low-resolution GEBCO grid with those derived from high-resolution bathymetry of 30 volcanic islands. The goal is to evaluate how reliable information obtained from GEBCO is, in order to assess its usefulness for our future work in areas, where high-resolution data is not available. In a first analysis, we find that most parameters show an average deviation from the high-resolution bathymetry of less than 5%. Outliers of concerning extent exist, but they can be explained by an incomplete coverage of the volcanic edifice in the high-resolution bathymetry, rather than lower precision of the GEBCO data. There is an expected trend of increasing reliability with increasing dimensions (i.e. height higher error than volume).

Though a thorough analysis has not yet been completed, these first results are encouraging. With this benchmark, we will be able to increase our geomorphometric investigations to volcanic islands where little or no high-resolution bathymetry data is available.

S1-K.01

Tsunami science for the sake of efficient warning and preparedness

H. Hébert

Atomique Energie Commission C.E.A., Arpajon, Frankreich

Recent major tsunamis (2004, Indian Ocean, 2011, Tohoku) remind us how huge submarine earthquakes can trigger disastrous tsunamis with large impact close to, and at large distance from, the original earthquake. Such very rare megathrust earthquakes can imply unexpected, huge loss, and they will happen again in locations sometimes underrated nowadays, such as on the Hellenic Trench or in the Caribbean area.

This talk will address physics of tsunami genesis, propagation and coastal amplification. Tsunami catalogues are incomplete for several regions, but improvements allow to better document past events thanks to various data, including paleodeposits. Numerical studies contribute also more to a better understanding, and refining coastal impact hazard studies.

Every oceanic basin has started since 2004 to set up warning systems, under Unesco framework, based on the example of the Pacific Tsunami Warning System established in the 1960s. In the North East Atlantic and Mediterranean (NEAM) region, an intergovernmental system has been established accordingly, with five Tsunami Service Providers (TSP) recognized (France, Greece, Italy, Portugal, and Turkey). In France, the Cenalt (Centre national d’alerte aux tsunamis) has the national mandate to detect any large earthquake of the area, able to produce tsunami impacts on French coastlines. The 24/7 monitoring allows to issue warning messages to the French Civil Security in less than 15 minutes, and at the international level, to any subscriber of the NEAM region. A significant effort is now undertaken to make tsunami data and models publically available to the general audience and the scientific community (e.g. with European Plate Observing System, EPOS, research infrastructure). However, actual physical data is very sparse to provide precise tsunami measurements, especially offshore. This is prejudicial to any robust validation of models, though such data would greatly help operation in real time, when a tsunami under propagation could be constrained in order to provide forecasts for remote places.

Finally, despite significant progress since 2004, including new warning centers, risk analysis and preparedness have to be strengthened so that local authorities and stakeholders can react in due time, and organize land use planning as well as evacuation procedures. This awareness is nowadays also essential everywhere people travel, particularly in the Mediterranean where very large events did not occur for years.

S1: POSTER

(Marine) Geohazards – from observation to long-term monitoring and modelling – newest methodological developments in geophysics

S1-P.01

Assessing PS-InSAR ground motion data toward stability monitoring of coastal flood protection dikes

D. Hoogstraat¹, H. Sudhaus¹, A. Omlin²

¹Christian Albrechts Universität Kiel, Geophysik, Kiel, Deutschland, ²Geologischer Dienst Schleswig-Holstein, Geophysik, Flintbek, Deutschland

Sea level rise caused by climate change represents a challenge to coastal flood protection measures, particularly in regions such as the federal state of Schleswig-Holstein. Large parts along the North Sea coast are protected by dikes and offshore islands provide additional shelter to the hinterland, which often lies just above or even beneath sea level. We have examined InSAR time series data from the German Ground Motion Service along the entire west coast dike route from the Danish border to Wedel. We want to estimate how these data can be used to detect and monitor ground motion processes related to dikes, especially in cases where PS (persistent scatterer) are irregularly distributed.

We found, that mainly those parts of the dikes can be monitored by PS interferometry where the seaward dike base is shielded by heavy armourstone acting as sufficient back-scatters for radar waves. Here, ground motion processes induced by additional load of reinforcing construction work can be observed. In some regions, the dikes are influenced by long-term, large-scale subsidence. We performed statistical analysis on low pass filtered PS time series to automatically identify significant ground motion and/or ground motion events within a local area of interest. Preliminary results suggest, that we may be able to identify dike segments that show signs of anomalous ground motion and thus should be monitored closely.

S1-P.02

Accelerating low-frequency ground motion simulation for finite fault sources using neural networks

L. Lehmann, M. Ohrnberger, M. Metz, S. Heimann

Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Allgemeine Seismologie, Potsdam, Deutschland

In the context of early response to moderate and large earthquake shaking, we present a simulation based low-frequency ground motion estimation workflow that expedites an existing simulation method while taking into account simplified source process information. We focus on using source information that can be expected to be available shortly after an impacting earthquake, e.g. moment-tensor and simple finite-fault parameters.

We utilize physics based simulations (PBSs), which can include effects based on source orientation or finite faults, like rupture directivity. In order to keep the computational effort within feasible bounds and to apply the approach on global scale, we restrict ourselves to a low-frequency setup (standard 1D layered earth model and 2 Hz sampling frequency) for a simple kinematic finite fault model. From simulated records we extract ground motion parameters of interest for arbitrary locations within the area of expected impact and display the expected spatial patterns of ground motion. Although simulations are kept simple, the results from this low-frequency ground motion parameter simulation (e.g. for peak-ground-displacement) are in good agreement with observations from well-studied earthquakes and partially more accurate than traditional, more empirical approaches (standard deviation $< 0.3 \log_{10}$ units). However, waveform calculation and subsequent ground motion parameter extraction is computationally expensive. For a significant computational speedup in the context of rapid ground motion assessment, we directly train neural network models from large sets of source model information and their corresponding spatial ground motion distribution. We show that the trained neural networks are able to reproduce the earthquake source related effects, like directivity and focal mechanism patterns, of the ground motion in any case. Given a set of source parameters, we obtain prediction errors smaller than $0.05 \log_{10}$ units ($\sim 11\%$) and a magnitude dependent increase in computational speed of more than 1,000 times compared to the initial waveform modeling. The proposed procedure enables thus to immediately compute probabilistic ground motion maps related to uncertainties in source parameters estimates.

S1-P.03

High-resolution μ CT imaging and characterisation of weak layers of submarine landslides

R. Gatter^{1,2}, M. B. Murthy³, K. Huhn¹

¹MARUM - Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen, Bremen, Deutschland, ²Faculty of Geosciences, University of Bremen, Bremen, Deutschland, ³Faculty of Engineering and Physical Sciences, University of Southampton, Southampton, Vereinigtes Königreich

Submarine landslides are common on all sediment bearing submarine slopes worldwide. They have the potential to damage expensive subsea infrastructure such as pipelines or telecommunication cables, and generate hazardous tsunamis. Numerous studies have shown that weak layers embedded within the slope stratigraphy play a crucial role in controlling the formation of submarine landslides; however, very little is known about their internal structure and composition. Although weak layers seem to be an essential pre-conditioning factor for slope failure, many questions remain unanswered, such as where with respect to weak layers do failure planes form: within the weak layer, above or below it? Previous studies usually relied on sedimentological and geotechnical sediment core and in-situ analyses to investigate weak layers. These analyses, however, do not provide insights into the internal structure of the sediments on a micro-scale level and hence, lack information needed to qualitatively and quantitatively investigate weak layers.

Here, we present a new approach towards weak layer investigation that is based on high-resolution micro-Computed Tomography (μ CT) imaging. μ CT is used to visualise, and qualitatively and quantitatively investigate selected sediment samples taken from within weak layers and the background sediment of submarine landslides. Our results show clear compositional and structural differences between individual sub-units of the investigated weak layers, as well as the background sediment. These differences can be attributed partly to different sediment types, i.e. coarse- versus fine-grained sediments, but also reveal a dependency on the sedimentation regime. We find that pore space distribution is highly spatially variable and works on a sub-millimetre scale. Such high variability may be masked by standard bulk porosity measurements, which require larger (several centimetre) sediment samples and only provide information averaged over the entire sample. The identification of small-scale changes, however, appears to be crucial for the formation of weak layers. Our results therefore demonstrate the huge potential of μ CT to investigate the internal structure of weak layers, obtaining information that is not resolved and lost in other analytical methods.

S1-P.04

Erfassung von Bodenverschiebungsraten entlang aktiver Verwerfungen des Nordwest Himalajas mit Hilfe von InSAR-Zeitreihen

O. Stein¹, H. Sudhaus¹, R. Thiede²

¹Geowissenschaften, Satelliten- und Aerogeophysik, Kiel, Deutschland, ²Geowissenschaften, Petrologie und Geodynamik, Kiel, Deutschland

An aktiven tektonischen Verwerfungen können verheerende Erdbeben auftreten und eine hohe Gefahr für die lokal lebende Bevölkerung darstellen. Unser Untersuchungsgebiet liegt in der Sub-Himalaja Zone im Nordwest Himalaja und formt auf historischen Zeitskalen eine sogenannte „seismische Lücke“, in der das letzte große Erdbeben schon über 500 Jahre her ist und nun ein großes Erdbeben überfällig ist. Wir bestimmen relative Bodenverschiebungsraten basierend auf InSAR-Zeitreihen entlang des Nordwest Himalajas. Unser Ziel ist, zurzeit aktive Krustenbewegungen an morphologisch erkennbaren und dokumentierten Verwerfungen in diesen Bewegungsraten zu erkennen. Um die Bewegungsraten mit hoher Genauigkeit zu bestimmen, benötigt die InSAR-Zeitreihenmethode eine hohe interferometrische Kohärenz zwischen den einzelnen SAR-Aufnahmen, welche leider durch die jährliche Monsunzeit und die in dem Gebiet vorkommende Landwirtschaft stark negativ beeinflusst wird.

Für die Bestimmung der Bewegungsraten werden ein ascending Datensatz und zwei descending Datensätze der Sentinel-1 Radarsatelliten verwendet, die wir der LiCS-Datenbank der britischen COMET Gruppe entnommen haben. Mit der Opensource Software LiCSBAS werden InSAR-Zeitreihen erstellt und damit Bewegungsraten einzelner Bodenpunkte bestimmt. Neben der Erfassung von Gebieten mit ausreichend hoher interferometrischer Kohärenz entlang bekannter Verwerfungen, konnten wir aus den line-of-sight Bewegungen Ost/West und Up/Down Komponenten ableiten. Mit der interferometrischen Kohärenz und der Präzision der Zeitreihenanalyse überprüfen wir die Bodenpunkte und die Bewegungsraten hinsichtlich ihrer Qualität und Genauigkeit.

Trotz suboptimaler Bedingungen konnten wir für den Zeitraum zwischen 2014 und 2022 Bodenverschiebungsraten in der seismischen Lücke in der Sub-Himalaja Zone bestimmen. Unsere Ergebnisse zeigen messbare lokale Bewegungen entlang bekannter Verwerfungen in diesem Gebiet. Wir beobachten diese als Bewegungssprünge an gebildeten Bewegungsprofilen senkrecht zu den Verwerfungen, die auf Kriechbewegungen hindeuten. Deutliche Kriechbewegungen fallen dabei räumlich mit morphologisch ausgeprägten Abschnitten der Verwerfungen zusammen. Wir vergleichen unsere Ergebnisse und setzen diese in Bezug mit Bewegungsraten, die in geologischen Arbeiten für längere Zeiträume bestimmt wurden.

S2: VORTRÄGE

Renewable Energy – Contributions of geophysics on- and offshore

S2-A.01

A new quality-assessed heat-flow database for Germany

S. Fuchs, A. Förster, B. Norden

Deutsches GeoForschungszentrum Potsdam GFZ, Geoenergie, Potsdam, Deutschland

We present the results of a revision of the terrestrial heat-flow density (HFD) data of Germany. The database includes about 600 entries collected over a time span of more than 60 years. The majority of the 596 heat-flow locations on which HFD data were determined to show large variations with regard to the presence and availability of metadata and documentation, reflecting also a change of quality requirements over the years. In the revision of data, we followed a multiple-step procedure. We added data not yet included in the database and investigated the available HFD values for completeness and reproducibility by checking the original literature. Entries of the database with no basic data (such as temperature gradient and thermal conductivity), as well as no required metadata (such as coordinates or depth interval of determination), were judged as not reliable and excluded from further consideration as they cannot be scientifically reproduced or quality assessed. This step is rigorous but necessary for setting up a scientifically useful pool of data based on scientific criteria that include reproducibility, documentation, and well-described and accepted methodologies. This approach resulted in a significant reduction of the original data set by almost 80% down to 138 locations, which then were assessed in terms of methodological quality. In addition, HFD values are labeled for different governing effects, which are, for example, paleoclimate, heat refraction in the vicinity of salt structures, or local/regional fluid movements. Our study results in an (area-weighted) average terrestrial heat flow for Germany of $78 \pm 7 \text{ mWm}^{-2}$, which is significantly higher by almost 20% compared to earlier estimates (ca. 65 mWm^{-2}). Across Germany, the regional average heat flow varies by the order of 40 %. Considering a representative radius of 10 km around each location, the heat flow however must be considered as unknown or highly uncertain for ca. 90% of the German onshore area. This raises the demand for new systematic heat-flow measurements on a national scale.

S2-A.02

Numerische Simulation des maximalen Wärmeentzuges durch die Erdwärmepumpe einer privaten Heizung

A. Hördt, C. Virgil

TU Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland

Im November 2021 wurde in einem privaten Haushalt eine auf Erdwärme basierende Wärmepumpenheizung neu installiert. Hierfür wurden 2 Bohrungen á 100m abgeteuft, in die kaltes Wasser mit Temperaturen zwischen 0°C und 8 °C gepumpt und durch Zirkulation in den Bohrungen um ca. 3°C erwärmt wird. Eine Randbedingung bei der Wärmeentnahme aus dem Untergrund ist, dass die Temperatur des Bodens nicht unter 0 °C fallen sollte. Um zu ermitteln, ob bei normalem Betrieb das Risiko besteht, diese Randbedingung zu verletzen, wurde die räumliche und zeitliche Entwicklung des Temperaturverlaufes in der Umgebung der Bohrung numerisch simuliert. Als Eingangsinformation wird der jährliche Wärmeentzug aus dem Stromverbrauch abgeschätzt. Zudem ist aus den Bohrungen bekannt, dass der Untergrund über die gesamte Teufe aus Ton besteht, so dass die thermischen Eigenschaften aus der Literatur entnommen werden können. Aufgrund der niedrigen hydraulischen Leitfähigkeit von Ton wird Wärmetransport durch Konvektion vernachlässigt.

Die Ergebnisse der numerischen Simulation werden mit Informationen der Wärmepumpenanlage verglichen. Konkret wird die Temperatur des aus der Bohrung zurückfließenden Wassers als Proxy für die mittlere Bohrlochtemperatur verwendet, welche auch aus den Simulationsergebnissen abgeleitet werden kann. Es zeigt sich, dass die Amplitude der jährlichen Temperaturschwankungen durch die numerische Simulation sehr gut wiedergegeben wird. Bei der Zeitskala gibt es jedoch signifikante Diskrepanzen. Beispielsweise steigt die Temperatur des zurückfließenden Wassers nach einer längeren Kälteperiode mit starker Wärmeentnahme deutlich schneller wieder an, als es aufgrund der numerischen Simulationen zu erwarten wäre. Eine mögliche Ursache könnte in den nicht hinreichend genau bekannten Eigenschaften des tonigen Untergrundes liegen. Auch die Verwendung der Rücklauftemperatur als Proxy für die mittlere Bohrlochtemperatur könnte zu systematischen Fehlern führen. Die Möglichkeit, dass die in kalten Wintern die Entnahmeleistung der Anlage reduziert werden muss, um ein Absinken der Bohrlochtemperatur unter 0 °C zu vermeiden, kann aufgrund der bisherigen Simulationsstudie nicht ausgeschlossen werden.

S2-A.03

Simultaneous monitoring of two geothermal reservoirs in the Upper Rhine Graben using a seismic array

P. Hering, G. Rumpker, M. Lindenfeld

Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften, Frankfurt am Main, Deutschland

Deep geothermal energy plays an important role in the transition of the energy sector towards sustainable resources. High-pressure injection and withdrawal of geothermal fluids is often associated with weak to moderate seismicity related to stress transfer or relief in the context of the local tectonic setting. To minimize the seismic hazard, it is crucial to continuously monitor the injection and production processes and localize associated induced seismicity. A reliable and transparent monitoring also helps to increase the public acceptance of existing and future geothermal projects.

The surveillance of geothermal seismicity is commonly realized with seismic networks, deployed in the surroundings of the power plants and bound to the noise conditions in often strongly urbanized areas. In contrast, seismic arrays can be located at greater distance and offer the possibility to monitor more than one power plant from one central location, less affected by noise sources. However, the increased distance to the source coincides with a decreased accuracy of the earthquake localizations. It is therefore essential to establish a robust and reliable data processing.

To meet these requirements, we apply a time-domain array processing approach that solves for the full 3D slowness vector using robust linear regression. The method yields stable parameter estimates and is suitable for real-time application. We further implement a statistical approach based on changepoint analysis to determine automatized P- and S-wave onsets within the recorded waveforms. The estimated arrival times allow for the calculation of epicentral distances.

We assess the performance of our methodology by comparison to conventional network localizations for 77 induced earthquakes from the Landau and Insheim deep-geothermal reservoirs, located in Rhineland-Palatinate, Germany, at about 13 km – 15 km distance to the array. The results show that we are able to distinguish the earthquakes from both reservoirs and can localize the majority of events.

To establish a reliable monitoring routine, we verify new localizations through a template correlation detector, based on the network catalog. Applied to 20 months of data, we successfully detect and localize more than 200 induced events from both reservoirs, covering a magnitude range from M_L -0.4 to M_L 1.9.

S2-A.04

GeoLaB - Geothermal Laboratory in the Crystalline Basement

B. Rudolph¹, J. Bremer¹, E. Schill^{1,2}, K. Rink³, O. Kolditz³, H. Shao³, I. Sass^{2,4}, H. Milsch⁴, G. Zimmermann⁴, W. Rühak⁵, T. Kohl¹

¹Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Deutschland, ²Technical University of Darmstadt, Darmstadt, Deutschland,

³Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, Deutschland, ⁴Helmholtz Centre for Geoscience, Potsdam, Deutschland,

⁵Bundesgesellschaft für Endlagerung, Peine, Deutschland

Climate change and the geopolitical situation have shown that Europe's dependence on fossil fuels has to stop, and the energy transition needs to be taken seriously. Geothermal energy has a key role here, especially in heat provision and storage. The most significant untapped geothermal potential is in the crystalline bedrock, with hotspots in tectonically stressed areas. To be able to harness this enormous potential under sustainable, predictable, efficient, and safe conditions, our scientific understanding has to be increased, and new science-based strategies need to be developed. Approved and funded by the Helmholtz Association, the GeoLaB (Geothermal Laboratory in the Crystalline Basement) underground research laboratory will address fundamental challenges in reservoir technology and borehole safety of deep geothermal projects. The project closes the gap between laboratory/small field-scale and reservoir scale and will give new insights into the coupled, nonlinear processes associated with high flow rates in crystalline reservoir rocks (expected flow rates > 1 l/s). Cutting-edge multi-disciplinary and multi-process research with visualization concepts, coupled with the development and application of new monitoring and analysis tools, will provide fundamental new insights, crucial for the environmentally sustainable exploitation of deep geothermal energy. The project officially started in January 2023 and is envisioned as an interdisciplinary and international research platform when built, but already the exploration and building phases will be used for state-of-the-art research and development. The geoscientific community is invited to take part in GeoLaB.

S2-A.05

Geologische Eis-Wärme-Speicher – Entwicklung eines geophysikalischen Monitoringkonzepts zur Abbildung von Gefrier-Tauzyklen in Aquiferen

P. Jung¹, U. Werban¹, G. Hornbruch², P. Dietrich¹, A. Dahmke²

¹Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ GmbH, Department Monitoring- und Erkundungstechnologien, Leipzig, Deutschland, ²Christians-Albrechts Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Abteilung Angewandte Geowissenschaften - Aquatische Geochemie und Hydrogeologie, Kiel, Deutschland

Eis-Wärme-Speicher (EWS) basieren auf der Nutzung freigesetzter latenter Wärme beim Gefrieren eines Speichermediums. Gefrorenes Medium dient als Kältespeicher für Kühlperioden. Statt der bisher angewendeten kosten- und flächenintensiven Nutzung konventioneller Eis-Wärme-Speichersysteme (z.B. vergrabene Tanks), fokussiert sich das BMBF-geförderte Verbundprojekt von CAU Kiel, UFZ Leipzig und IEG Bochum „GEWS“ (Entwicklung und Bau eines tiefenhorizontierten Geologischen Eis-Wärme-Speichersystems als Demonstrationsanlage auf dem Testfeld TestUM / Wittstock) auf die Übertragung des Eisspeicherprinzips auf den geologischen Untergrund und die Nutzung von Grundwasserleitern als Speichermedium. Als Versuchsanlage ist die Installation von Erdwärmesonden zur Vereisung eines oberflächennahen quartären Aquifers geplant. Während mehrerer Tau- und Gefrierzyklen werden energetische Effizienz, Bodendeformation und geochemische und mikrobiologische Veränderungen im Grundwasserleiter untersucht und mit numerischen Simulationen sowie Laborversuchen begleitet.

Am UFZ steht die Entwicklung eines einfachen geophysikalischen Monitoringkonzepts für derartige Eisspeichersysteme im Vordergrund. Das Monitoring muss die Ausbreitung des gefrorenen Untergrundvolumens abbilden können, um Rückschlüsse auf den thermischen Zustand zu ziehen.

Da sich Permittivität und Widerstand des wassergesättigten Bodens beim Gefrieren stark ändern, eignet sich der Ansatz mittels Bohrloch-GPR die Grenzfläche von gefrorenem zu ungefrorenem Untergrund abzubilden. Verschiedene Messkonfigurationen werden numerisch simuliert: Transmission und Laufzeitomographie zwischen zwei Bohrlöchern sowie Reflexionsmessungen in einem Bohrloch. Die Modellparameter sind anhand der Transmissionsmessungen und direct push-basiertem EC-Logging im Testfeld ermittelt. Im Reflexionssetup erscheint der Eiskörper als Reflektor und in Transmissionsmessungen als Laufzeit- und Amplitudenveränderung. Als Referenz für die Signalveränderung dienen Baselinemessungen im Testfeld. Dabei treten störende Reflexionen von Messstellen und EWS-Sonden auf.

Die Modellierungen ergeben, dass die drei untersuchten Messkonfigurationen in der Lage sind den entstehenden Eiskörper abzubilden, wobei Reflexionsmessungen die höchste Abbildungsgenauigkeit bei geringstem Messaufwand versprechen. Das Auflösungsvermögen ist durch die Genauigkeit der Geschwindigkeitsbestimmung begrenzt. Mit Inbetriebnahme der Versuchsanlage wird die Erprobung im Feldeinsatz folgen.

S2-A.06

Prediction of ground motion emissions from wind turbines – implications from field measurements and wave propagation simulation

L. Gaßner, M. Gärtner, J. Ritter

Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut, Karlsruhe, Deutschland

Wind turbines (WT) emit ground motion signals related to the eigen modes of the tower and blades of the WTs, as well as signals related to vibrations caused by the generator and gears of the WTs. While high frequency signals (above 10 Hz) can only be measured in the direct vicinity of the WTs (<1 km), signals with frequencies below 10 Hz can be recorded at distances of several kilometers. The emissions can lead to the disturbance of sensitive measurement equipment, like seismometers, and residents of wind farms fear that low frequency vibrations from the WTs could be felt in their homes. WT emissions hinder the acceptance of wind farms and are, therefore, studied within the Inter-Wind project. Measurements show that the amplitudes of emissions are quite low (below perception thresholds), but factors influencing the amplitudes of WT signals are complex.

To better understand the nature of the emitted signals, we conducted a ring and two line measurements at two wind farms on the Swabian Alb in Southern Germany. Both wind farms consist of the same WT type with 2.78 MW rated power, 120 m rotor diameter and 139 m hub height. Recorded data are analyzed for directional radiation properties through the ring measurement, and amplitude decay and phase velocities are estimated along the two profiles. In combination with finite difference simulation of WT related wave fields, we analyze the influence of the subsurface properties (elastic parameters, attenuation) and the source implementation (source type and signal). We can show that the number and layout of the sources (WTs) and the topography of the model area are the main influencing factors, but also the source type, reflecting wind direction dependencies of the radiated wave fields, is critical.

The Inter-Wind project is supported by the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action based on a resolution of the German Bundestag (03EE2023D). Instruments for the measurement campaigns were provided by the Geophysical Instrument Pool Potsdam at the GFZ.

S2-B.01

Power to shore – Integrated hydrographic and geophysical data for safe subsea cable lay and operation

M. Stender

Fugro Germany Marine GmbH, Bremen, Deutschland

The installation of offshore infrastructure needs a careful investigation of the seafloor and subsoil in general. Part of these infrastructures are subsea cables, which account for approximately 10% of the overall capital expenditures of developing an offshore wind farm and account for 80% of the insurance claims due to failure. Therefore, subsea cables require a detailed route survey to determine the most effective route for the installation and operation, but also to minimize the risk for the asset.

For the development of a cable routes, the final cable design, burial depth and lay method and tools, hydrographic and geophysical investigations are the main source. Multibeam echosounder, side scan sonar, sub-bottom profiler and magnetometer are the standard equipment, complemented by further methods e.g. remote sensing, depending on the scope.

Due to the varying water depth along a cable route, starting offshore and landing ashore, the survey sensors require suitable survey platforms, fit for purpose and water depth.

The variety of hydrographic and geophysical data only builds the data base. An integrated interpretation and alignment of the result is key for survey reports and survey charts, allowing clients to make the final decisions for the cable projects.

An overview will be presented including methods, equipment, platforms, data integration and how the final product of a cable route survey shall look like.

S2-B.02

Interpretation of Quaternary sediments of the German North Sea using high resolution multichannel seismic data

S. Dodds¹, T. Burmeister¹, G. Sierra Lombera¹, N. Fekete², H. Keil², S. Wenau¹, J. Haberkern¹, V. Spiess²

¹Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems IWES, Bremen, Deutschland, ²University of Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland

The North Sea is an important economic factor for Germany's renewable energy sector, representing a shallow shelf sea ideal for the construction of wind farms. The wind energy industry relies on knowledge of shallow subsurface sediment types and structures to determine the location's suitability for turbine foundation works. However, knowledge gaps remain of the German North Sea shallow subsurface facies distribution, compared to neighbouring countries. While recent studies have led to a greater understanding of the glacial oscillations based on tunnel valley infills, questions remain over the nature of surrounding deposits.

We present the results of two studies on seismic reflection data interpretation that aim to outline the depositional processes behind the formation of the German marine subsurface. This work is based on high- (GI-Gun, 250 Hz) and ultra-high-resolution (Sparker, 700 Hz) multichannel seismic data acquired for an academic research project and for a commercial wind farm development acquisition in the German EEZ. Preceding the studies, the datasets underwent processing including binning, multiple suppression, stacking and time migration. Both datasets were interpreted by identifying common seismic facies, structures and unconformities to infer the development of the depositional regime, which allows to draw conclusions about its controlling mechanisms.

The seismic data provides insight into the variety of glacial and interglacial landforms and structures, representing the individual glacial cycle phases that shaped the southern North Sea. The profiles show several glacial erosion surfaces, which together with associated tunnel valleys aid in the assignment of a relative age to the observed structures. Ice-proximal conditions are evidenced by units of hummocky reflectors, while distal conditions are suggested by prograding depressions as glaciofluvial drainage paths. An interglacial onset is marked by a strong parallel reflector unit as a distinct transgressive surface. The results suggest the presence of Elsterian and Saalian glacial deposits, with the periglacial Weichselian conditions represented as reworked material. This geological interpretation of high-quality seismic data is essential for the understanding of the sub-soil characteristics of offshore wind farm sites. The developed geological model provides the basis for the development of Integrated Ground Models and subsequent foundation design for wind turbines or platforms.

S2-B.03

The use of seismic data to improve the estimation of cone penetration testing data at unexplored positions in offshore windfarm areas

L. Siemann, N. Morales, A. Werpup Oguro, T. Pein

Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems (IWES), Bremen, Deutschland

In many countries, the accelerated expansion of offshore wind energy to cover energy demands plays a major role in meeting the energy transition goals. Thereby, the site assessment of offshore windfarm areas is crucial in the early planning stage for offshore windfarm areas. Especially, the implementation of innovative and reliable methods for offshore subsurface characterization is of great importance to minimize planning risks and reduce costs.

For the site investigation of future offshore windfarms, a seismic campaign is conducted to map the whole windfarm area while only a few locations are directly explored, e.g. by cone penetration testing (CPT) and/or drilling. Taking in-situ samples is necessary to derive pile design relevant geotechnical parameters. For windfarm planning, it is desirable to have an area wide coverage of geotechnical parameters, particularly when it comes to changes in the windfarm layout. To avoid the additional costly site investigations, the geotechnical parameters can be assessed by e.g. interpolation. To improve CPT estimation at unexplored positions, the more abundant seismic data provide auxiliary information.

Different levels of data integration are tested to evaluate the improvement of the geotechnical parameter estimation results. For that, site investigation data from the German North Sea is used. First, only the structural information from interpreted seismic horizons is considered for an interpolation within stratigraphic units. Then, the seismic data itself is used for guiding the CPT interpolation. Different deterministic (e.g. Inverse Distance Weighting) and geostatistical (e.g. Kriging) interpolation methods are applied for the different integration steps. To assess the quality of the results, specific CPT profiles are removed from the calculation and the interpolation results are compared with real data (Blind testing).

We demonstrate that the integration of seismic and geotechnical data is essential for a better understanding of the subsurface and the development of ground models for offshore windfarm areas. Despite being more complex and therefore more time consuming, advanced approaches do show a significant improvement in CPT prediction at unexplored positions.

S2-B04

Diffraction Imaging for Sub-seafloor Object Detection: A case study from the German Baltic Sea

V. Bihler¹, S. Wenau¹, D. Cammarata¹, B. Schwarz¹, G. Frielinghaus¹, C. A. Ramos Cordova¹, N. Römer-Stange², H. Keil², V. Spieß², B. Preu¹

¹Fraunhofer IWES, Subsurface Investigation, Bremen, ²University of Bremen, Department of Geosciences, Bremen, Deutschland

The ongoing energy transition leads to an increased number of offshore installations like wind farms and cable routes. Many of these installations are occurring in previously glaciated areas of, e.g., Northern Europe. Glacial sediments such as tills are prone to contain installation risks to piling or cable laying processes in the form of boulders of various sizes that may lead to damage of foundations or installation refusals.

Detection and localization of those objects prior to the installation processes through pre-site surveys allows the integration of those findings into the wind farm layout planning and the planning of mitigation strategies. Detected boulders at monopile installation sites may be avoided by micrositing pile locations and hence, the risk is drastically decreased. Small objects in the subsurface represent difficult targets for conventional geophysical imaging methods due to various limitations of conventional magnetic, acoustic and seismic methods. In contrast to larger surfaces, small objects act as point diffractors causing a wavefront spreading spherically from their location, independently of the direction from which they are illuminated. This signal, when treated adequately during acquisition and processing, can therefore be used for the identification and localization of subsurface boulders. This work presents results from a number of efforts to use seismic diffractions for object detection in the sub-seafloor. Both conventional towed-streamer 2D seismic data and dedicated diffraction data acquisition (Manta Ray) allow the imaging of diffraction energy and thus an identification of wavelength scale heterogeneities in marine sediments. Different methods may be used to separate the reflection and diffraction seismic wavefield and reconstruct diffraction origins. The integrated interpretation of this data together with reflection seismic data as well as geotechnical information allows for a high-quality risk assessment of offshore installation sites. Data presented originates from sea trials carried out in 2022 on the Baltic Sea. The survey resulted in the simultaneous acquisition of ultra-high-resolution 2D reflection seismic profiles as well as a 3D diffraction signal datasets. The processing and integrated interpretation showed successfully the focusing and localization of point diffractors, allowing for the generation of risk maps along the surveyed profiles.

S2-B05

Ocean Bottom Nodes in small scale, Ultra-High-Resolution seismic surveys: QC and first results

M. Merl, N. Römer-Stange, H. Keil, V. Spieß

Universität Bremen, FB 05, MTU, Bremen, Deutschland

Active seismic data acquisition with Ocean Bottom Nodes (OBNs) is getting increasingly relevant for industrial applications, e.g., for 4D imaging, in the hydrocarbon industries or for Carbon Capture and Storage studies. In scientific studies, especially in Ultra-High-Resolution (UHR, dominant frequencies 250-800 Hz) seismics, the usage of the instruments with three orthogonal oriented geophones and one omnidirectional hydrophone is still relatively uncommon but bears great benefits such as high offsets, the acquisition of s- and surface-waves. So, the University of Bremen acquired 15 OBNs to analyse the whole range of acoustic waves in order to improve the imaging capabilities and to derive elastic parameters of the near surface subsea sediments in the framework of the project SASACD. Up until now, we have collected two data sets, for which the OBNs were deployed in a line of 660 m (30 m spacing) or likewise 110 m (5 m spacing) length. Profiles with two UHR sources were shot in inline and crossline direction to this OBN-spread.

Other than with streamer reflection seismics, OBN data cannot be used for real-time imaging. Also, there are several additional hurdles to overcome before the imaging after the data has been harvested off the nodes. To reach the necessary accuracies for high frequency and small-scale acquisitions, the OBN data as well as the shot positions have to be time corrected and the OBN positions have to be corrected by triangulation of the first breaks. The components have to be rotated to account for different orientation of the single sensors. Furthermore, different variants of the PZ-summation – the summation of the pressure and vertical acceleration component - can be used to split the up-going and down-going wavefield, although the different characteristics of the hydrophone in comparison to the geophones have to be corrected. For structural imaging of OBN data, processing methods like the Asymptotic Conversion Point-binning have to be used instead of the conventional Common Mid Point binning. All of these correction and processing require careful treatment and specialized programming.

In this contribution the current status of the OBN data processing at the University of Bremen will be presented with a closer look at the tackled hurdles and the first available results.

S2-K.01

Geophysical solutions and state-of-the-art data integration for offshore wind developments

M. Vanneste

Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norwegen

As part of the energy transition towards a low-carbon environment, there is a significant focus on developing offshore wind as a viable renewable energy. The offshore wind farms typically cover extensive areas which are characterized by a complex geological history, often affected by significant sealevel fluctuations and large-scale glacial processes, which have left a distinct imprint on the sub-surface. Hence, the geospatial variability in soil conditions is one of the major challenges for the development of such area, and ensuring the safe installation of infrastructure (e.g., bottom-fixed or floating).

At the same time, there is a wealth of geophysical acquisition methods and technologies that become readily available, which can help unravel the soil properties at higher resolutions, while also carefully monitoring uncertainties. In this perspective, the advent of innovative data-driven techniques, using state-of-the-art inversion and machine learning approaches, aids in translating all the data into robust 3D predictive soil parameter models in a consistent geological framework.

Whereas the bulk of geophysical sub-surface data collected is typically limited to P-wave reflection seismics, there is a need for collecting complementary data in an efficient way, and for further bridging the gap between the sub-surface imaging and derived soil properties. This keynote paper will present a series of recent developments and recommendations which can further progress the geophysical site characterization to ensure safe developments.

S2 POSTER

Renewable Energy – Contributions of geophysics on- and offshore

S2-P.01

Evaluation and modeling of carbon dioxide injection in wells of depleted gas reservoirs from a geophysical point of view

L. Mundel¹, M. Amro², S. Buske¹, N. Zamani³

¹TU Bergakademie Freiberg, Institute of Geophysics and Geoinformatics, Freiberg, Deutschland, ²TU Bergakademie Freiberg, Institute of Drilling Engineering and Fluid Mining, Freiberg, Deutschland, ³Norwegian Research Centre, Bergen, Norwegen

Carbon capture and storage (CCS) is one considered method to compensate carbon dioxide (CO₂) production. This work provides answers about the impact of Joule-Thomson (J-T) effect during injection of gaseous CO₂ in depleted gas reservoirs regarding the near-wellbore area. An analytical and a numerical approach were applied to calculate the extent of Joule-Thomson cooling for a 12-hour injection. In addition, it is assessed whether CO₂ hydrates could form due to the cooling and how they could be detected using geophysics. Focus was set on a reflectivity analysis using a rock model with a CO₂-water-hydrate mix as pore content. The analytical results show the greatest J-T effect with a temperature decrease of up to 14 K. For the numerical approach an example file from the MATLAB Reservoir Simulation Toolbox (MRST) was manipulated. It computes smaller values of up to 4.5 K. A decreasing reservoir depth leads to an increased cooling effect. Nonetheless high reservoir temperatures according to the geothermal gradient keep the injected fluid out of hydrate stability conditions. Compressional and shear moduli were derived using a rock physics approach for unconsolidated grains filled with fluids and cementing material. A significant increase in P-wave velocity at 40 % of hydrate fraction is identified. Hydrates show an impedance contrast when formed central in an isotropic reservoir. This work suggests that hydrate formation due to Joule-Thomson effect is unlikely using the investigated conditions, but significant thermal stresses could be induced. The seismic detectability of hydrates is best around 40 % of hydrate saturation and depends on the predefined geological situation.

S2-P.02

Variability of thermal conductivities in marine sediments of the Eckernförde Bay, Baltic Sea

A. Plötz¹, M. Dillon², N. Kaul¹, A. Lohrberg³, F. Nehring², R. Usbeck²

¹MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen, Marine Geotechnik, Bremen, Deutschland, ²FIELAX GmbH, Bremerhaven, Deutschland, ³Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Marine Geophysik & Hydroakustik, Kiel, Deutschland

Renewable energy generation from offshore wind farms is steadily increasing, and with it the export of electricity to land through submarine cables. Therefore, it is important to gain knowledge about the thermal properties of marine sediments in order to avoid damage to power cables due to overheating.

In a cooperative project, the company FIELAX GmbH and the University of Bremen are investigating the variability of thermal properties of marine sediments in the Eckernförde Bay, Baltic Sea, using a combination of the FIELAX thermal probe and a vibrocorer (<https://www.fielax.de/en/heat-flow-products/>). First measurements from November 2022 show very low thermal conductivities in muddy sediments, but much higher conductivities in sands (2-3 W/(m*K)).

In addition, acoustic survey methods were used to detect the presence of free gas in the sediment, since the acoustic signal is already obscured by very low gas content. Acoustic blanking was detected in muddy sediments with higher thickness. Thermal conductivities also tended to be somewhat lower in muddy sediments with acoustic blanking than in muds without blanking.

Renewable energy generation from offshore wind farms is steadily increasing, and with it the export of electricity to land through submarine cables. Therefore, it is important to gain knowledge about the thermal properties of marine sediments in order to avoid damage to power cables due to overheating.

In a cooperative project, the company FIELAX GmbH and the University of Bremen are investigating the variability of thermal properties of marine sediments in the Eckernförde Bay, Baltic Sea, using a combination of the FIELAX thermal probe and a vibrocorer (<https://www.fielax.de/en/heat-flow-products/>). First measurements from November 2022 show very low thermal conductivities in muddy sediments, but much higher conductivities in sands (2-3 W/(m*K)).

In addition, acoustic survey methods were used to detect the presence of free gas in the sediment, since the acoustic signal is already obscured by very low gas content. Acoustic blanking was detected in muddy sediments with higher thickness. Thermal conductivities also tended to be somewhat lower in muddy sediments with acoustic blanking than in muds without blanking.

S2-P.03

From Interface to Layer Characterization in the Near Surface by Stochastic Seismic Inversion

N. Römer-Stange¹, H. Keil¹, O. Ogunleye¹, M. Merl¹, A. Oguro², C. Ramos Córdoba², S. Wenau², N. Ettrich³, P. Arnold⁴, V. Spieß¹

¹Universität Bremen, Fachgebiet MeeresTechnik / Umweltforschung, Bremen, Deutschland, ²Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems IWES, Bremen, Deutschland, ³Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Kaiserslautern, Deutschland, ⁴GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH, Berlin, Deutschland

Near surface seismic methods contributed significantly to geoscientific research, the green energy transition in general and the site characterization for offshore wind energy plants in particular. Yet, there is great need and untapped potential for improved seismic imaging and inversion in terms of sediment property quantification, 3D imaging and communication of results with other disciplines. To date, the full potential of high-resolution seismics has not been utilized, as seismic data acquisition is often not optimized, as methods to invert for the relevant parameters in the full depth range of interest are not fully established and there is a lack of coupling with soil mechanical properties.

Within the SynCore-project we aim to adapt seismic inversion methods for the offshore wind industry in a collaborative effort of geophysicists and engineers. As a first step, the basic physical properties of the sediments in the near surface of the North and Baltic Sea and the requirements for the inversion were analysed. Those boundary conditions are then used to optimize the data acquisition for inversion. For this purpose, it was necessary to characterize important elements of the acquisition system such as the active seismic sources in detail. Algorithms to estimate low frequency trends, to perform high-resolution seismic inversion and to merge both results are implemented. After acquiring appropriate seismic data sets, the implemented methods are then applied to North Sea seismic data sets, and the inversion results are coupled to available geotechnical measurements. With this holistic approach to seismic inversion, we have been able to provide stochastic inversion results characterizing near surface sediment properties in terms of impedance at high resolution and attenuation at lower resolution. There is ongoing work to improve the algorithms and extend the inversion results to shear and stiffness properties. Reporting layer properties rather than the interface properties of seismic images, we can convey our results better to other disciplines, e.g., to geologists and engineers. The uncertainty of the inversion results and integrated geotechnical parameters are quantified. So, our results can improve our geological understanding of the near surface and offshore wind site characterizations and thus lead to more sustainable and economic foundation design.

S2-P.04

Thermal Closure of Fractures with Different Roughness

J. Grifka, T. Heinze, T. Licha

Ruhr-University Bochum, Bochum, Deutschland

The permeability of geothermal reservoirs often depends on natural or induced fractures. But these pathways can be degraded, either by scaling, fines migration or mechanical closure. The mechanical closure of a fracture can be induced by changes in stress or temperature. The stress field in a geothermal reservoir may change over time due to depletion. The reduced pore pressure then allows the lithostatic pressure and the regional stress field to close the fractures. The roughness of the fracture presumably plays a role in its closure. Parallel smooth surfaces can be pressed together more tightly than rough surfaces. This work investigates the differences in fracture closure for fractures with different roughness and whether a chemical stimulation gives an advantage over a hydraulic stimulation due to the different fracture geometry.

Flow-through experiments on three Massenkalk samples with different fracture types were performed. One fracture had a smooth surface (sawed), one had a rough surface (Brazilian test), and one had flow channels due to chemical stimulation. The closure of the fractures was induced by thermal expansion due to the stepwise increase of the experimental temperature from 40°C to 80°C. The difference between the amount of closure was high. While the smooth fracture closed completely between 50°C and 60°C, the rough fracture closed only partially and the stimulated fracture closed barely, measured by the reduction in permeability, respectively.

This indicates that stimulated fractures with deepened flow channels are more sustainable than natural fractures or fractures due to hydraulic stimulation regarding the closure of the fractures. Though this was shown by thermal expansion, the same will probably hold for stress induced closure of fractures.

S2-P.05

3D High Resolution Multichannel Seismic Data Acquired in Shallow Marine Waters of Southern Arkona Basin

O. Ogunleye¹, H. Keil¹, C. Ramos Cordova², V. Spieß¹

¹University of Bremen, Department of Geosciences, Bremen, Deutschland, ²Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems, Bremen, Deutschland

In Arkona Block (Baltic Sea), not much has been done to delineate: (1) Tertiary tectonic faults within Cretaceous chalk, and (2) glacially-derived erosional structures formed in the Weichselian. Thus, a 3D MultiChannel Seismic (MCS) reflection data covering 7 km² was acquired along the southern margin of Arkona Basin by the Department of Geosciences (University of Bremen) in 2017 to reveal not only the regional seismic units and their lithologic characteristics, but also a detailed stratigraphic and structural framework of the shallow subseafloor. This MCS data was acquired during a RV ALKOR Device Test Cruise with the aid of two Sercel air guns fired in a flip-flop mode for adequate subsurface fold coverage. Seismic signals generated had a central frequency of ~250 Hz. A Seamap High Resolution 3D receiver cable designed for shallow waters was deployed. It consisted of four 48-m long streamers with 1-m spaced single-hydrophone channels. Acquisition geometry led to an offset distribution of 31-89 m. High vertical resolution in the order of 0.75 m (calculated as a quarter of a wavelength) was achieved. We ensured very good lateral resolution during data processing by using a bin size of 1 m (inline) by 5 m (crossline). Owing to shallow water depths, multiples occurred at relatively shallow depths in the shot gathers. Consequently, Surface Related Multiple Elimination technique with adaptive subtraction was applied for multiple suppression. The short wavelength of seismic signals necessitated detailed correction of residual statics which we achieved with a Python script by correcting normal move-out corrected gathers with smoothed seafloor picks. Vertical sections and time slices of stacked MCS data showed that in addition to Tertiary extension which deformed bedrock chalk, glacial units have been deposited in the Pleistocene, with the glacial activities leaving tunnel valleys, s-forms and ridges as buried landforms in Arkona Basin.

Keywords: 3D Multichannel Seismic reflection data; shallow water; air gun; streamer; vertical resolution; bin size; multiples; residual statics; chalk; faults; glacier; landforms

S2-P.06

Ultra-high-resolution multichannel seismic investigations for offshore wind farm development in the German North and Baltic Sea

A. Özmaral, J. Haberkern, S. Wenau

Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES, Sub-surface Investigations, Bremen, Deutschland

Offshore wind farms lying scattered across the North Sea and Baltic Sea have been the pioneer in offshore renewable energy projects over the past decades. In parallel to the accelerating development of offshore wind farms, the methodologies for sub-seafloor site characterization for foundation planning have also developed to meet the needs of the wind industry. Owing to favorable wind and wave conditions and the shallow water depth, the North Sea is a major contributor to the offshore renewable energy development. However, the rough conditions challenge the execution of surveys for high resolution seismic imaging of the shallow sub-seafloor sediments. Wave motion affects the gear at shallow tow depths in the water and introduces shifts in the measured seismic travel times. These influences also increase the noise content of the data. Furthermore, sandy sediments of the seafloor and shallow water depths result in distortions of the seismic image by strong multiple reflections. Besides, characterization of complex stratigraphical and structural features such as late Quaternary subglacial valleys and buried river systems of the North and Baltic Sea demand careful considerations of shot interval and binning parameters along with further seismic data processing steps for optimal imaging. The Subsurface Investigation Department of Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems (IWES) has been implementing various multi-channel seismic acquisition and processing approaches for optimal seismic site characterization. IWES operates a 2D/3D ultra-high resolution (UHR) multichannel seismic system specifically adapted for the needs of offshore wind industry in the North and Baltic Sea. The system has been employed for surveying of Wind farm planning areas since 2018. Continuing research efforts are dedicated to enhancing the quality of seismic data acquisition, optimizing data processing and interpretation along with constructed ground model for integrated geophysical site characterization of offshore wind farm sites. This study presents an overview of the developments in UHR seismic imaging for offshore wind farm site characterization in terms of seismic data acquisition and processing for optimal sub-seafloor imaging.

S2-P.07

Ergebnisse der geophysikalischen Erkundung der Lagerstättengrenzen zur Planung der SuedLink-Trasse im Salzwerk Heilbronn

P. Lehmann¹, T. Richter¹, P. Methe¹, C. Aßmuth²

¹Bo-Ra-tec GmbH, Weimar, Deutschland, ²Ercosplan Ingenieurgesellschaft Geotechnik u. Bergbau mbH, Erfurt, Deutschland

Im Zuge der Energiewende steht Deutschland vor der Herausforderung, die im Norden des Landes aus Windkraftanlagen gewonnene elektrische Energie in die südlichen Regionen des Landes zu bringen. Dazu müssen über 700 km an Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen, teils auch unterirdisch verlegt werden. Für die Planung der untertägigen Verlegung der Starkstromkabel der SuedLink-Trasse unterhalb von Heilbronn wurden geophysikalische Radarmessungen in der Salzgrube Heilbronn durchgeführt. Ziel war es, mittels Georadar aus bestehenden Strecken der Grube sowie mittels Bohrlochradar in Horizontalbohrungen im unverritztem Salz die Lagergrenzen des söhligen Steinsalzlagere (Hangend- und/oder Liegendgrenze) zu erkunden und somit zu prüfen, ob dessen Mächtigkeit eine sichere Verlegung der Kabel zulässt. Wir präsentieren die anschaulichen Ergebnisse dieser Messungen und zeigen, wie die Anwendung der zerstörungsfreien geophysikalischen Methode des Radars zu einer zügigen und zuverlässigen Bewertung und somit effizienteren Trassenplanung beitragen konnte.

S2-P.08

yams: Laufende Arbeiten an einer numerischen Bibliothek (Julia) zur Simulation von reaktiven Transportvorgängen in geothermischen Systemen

M. Wuttke

Leibniz-Intitut für Angewandte Geophysik, Geothermik und Informationssysteme, Hannover, Deutschland

Zur Simulation von reaktiven Transportvorgängen in geothermischen Systemen entwickeln wir am LIAG seit geraumer Zeit eine Bibliothek von numerischen Werkzeugen. Diese Arbeiten wurden zunächst in der Programmiersprache **C++** objektorientiert begonnen (**open object-oriented parallel solutions: oops!**). Aus Gründen der vereinfachten Programmpflege und der leichteren Parallelisierbarkeit für moderne Hardware-Architekturen (GPUs) haben wir das System kürzlich in die Programmiersprache **Julia** überführt (**yet another modeling software; yams**) unter Beibehaltung der objektorientierten Vorgehensweise und Strukturen. Wir zeigen erste Anwendungsbeispiele dieser neuen Bibliothek.

S2-P.09

Generating High-Resolution Seismic Models to support the development of seismo-acoustic imaging methods for submarine Cable Detection.

M. Mhmod¹, M. Merl¹, H. Keil¹, N. Römer-Stange¹, V. Bihler², V. Spiess¹

¹Bremen University, Research Group Marine Technology – Environmental Research, Bremen, Deutschland, ²Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems IWES, Unconventional geophysical imaging Department for sub-surface investigation, Bremen, Deutschland

Suitable models to create synthetic seismic datasets with well-defined and controlled physical, geometrical and boundary properties are an important tool to develop and test novel processing and imaging algorithms in lab conditions. In this respect the ongoing research project SASACD, aiming at the 3D analysis of diffractions caused by the interplay of acoustic waves with buried submarine power cables to precisely determine location and burial depth, required highly variable subsurface models to produce appropriate lab test datasets. While Open Source solutions like the Madagascar API are well established and allow the creation of synthetic seismic datasets based on nearly arbitrary geologic models, the generation of these geologic input models so far can be time-consuming and challenging. We therefore present a Python based script- and model-description method to easily generate different types of 3d geologic subsurface models and in the second step using Madagascar functionality the corresponding seismic model data. This scripted approach can generate any kind of 2d or 3d seismic data with arbitrary acquisition geometry and devices and a high degree of freedom in different geological settings (model dimensions and resolution, velocity, density, number of layers, shape of layers, angle of layers, single objects). Extra functions to incorporate objects with any shape can also easily be included. The script makes use of various open source libraries such as matplotlib, NumPy, m8r, argparse, and obspy. Parameters and inputs are defined using the public and widespread YAML-format. The model generator has been used in SASACD to generate models in different scenarios, such as two layer models with a cable in the first layer, the interface or the second layer, arbitrary angles of a cable with respect to acquisition and also with variable layer interface roughness. We also applied different acquisition parameters such as signal frequencies, source location, receiver arrangement and shot spacing. The generator output consists of the modelled seismic data, the 3d velocity model, the 3d density model, a 3d cube image showing layout of source, receivers and subsurface model geometry. The whole procedure allows a fast test of geologic settings in direct conjunction with a suitable visualisation of the relevant results and therefore strongly supports algorithm evaluation.

S2-P.10

A kinematic model for observed surface subsidence above a salt cavern gas storage site in Northern Germany

H. Sudhaus¹, A. L. Seidel², A. Omlin³

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Karlsruher Institut für Technologie, Geodätisches Institut, Karlsruhe, Deutschland, ³Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Geologischer Dienst, Flintbek, Deutschland

In nation-wide radar satellite time series data of Germany provided by the German Bodenbewegungsdienst at BGR, a linear subsidence motion of several kilometer spatial wavelength shows up south-east of Kiel, northern Germany. The center region of this signal, showing line-of-sight displacement velocities of about 2 mm/a, coincides with the facilities of a gas storage site managing two in-service and one out-of-service caverns in the salt dome beneath. The original cavity sizes range within a couple of 100.000 m³. The salt dome reaches depths of around 1000 m and the surrounding structure is well known from boreholes and other geophysical analyses. It consists of thick and competent deposits of mainly chalk, silt and claystone below layers of clays, silts, sands and glacial marls. The Kiel storage site is one of the deepest and smallest in Germany.

Despite a thick and competent cover layer, the long-term ductile behavior of halite, which evidently causes shrinking of the cavern volumes through time, results in the observed continuous surface subsidence across several square kilometers. This set-up, surface displacement above a known source, presents a good opportunity for a controlled experiment. We can test the modeling abilities with the Grond module of the seismological open-source software toolbox Pyrocko (pyrocko.org), which is applied to investigate natural processes, e.g. volcanic unrest and sinkholes. We present an optimization of an isotropic volume point source embedded in a viscoelastic host medium below a horizontally layered elastic roof medium to fit the surface subsidence signal. We use InSAR time series data from two ascending and two descending look directions. This model setup simplifies the heterogeneous actual host rock structure considerably. Furthermore, the signal-to-noise ratio of the satellite data is rather small and they show considerable spatial gaps, where areas of agriculture and forests dominate.

Nevertheless this controlled experiment was very successful and provides confidence to our approaches. The results give a cavern position that is within several meters to the main shrinking cavern K102. Also the estimated volume loss of about 21.000 m³ per year also well matches repeated volume measurements inside the actual caverns.

S2-P.11

Shallow gas in the Elbe Palaeovalley (German North Sea) imaged by high resolution multichannel seismics – distribution, classification and linkage to the subsurface.

H. Keil¹, M. Ruhnau², N. Fekete¹, N. Römer-Stange¹, M. Merl¹, V. Spieß¹

¹Universität Bremen, FB 5 / Geowissenschaften, Bremen, Deutschland, ²Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Baugrunduntersuchungen und Datenmanagement, Hamburg, Deutschland

The Elbe Palaeovalley (EPV) in the southern North Sea was the main glacial drainage pathway of Northern Europe during the last Weichselian glaciation. After the LGM the marine transgression filled the associated accommodation space of the valley with estuarine and marine sediments and today this structure can be imaged in seismoacoustic data sets as a prominent near surface sedimentary body of up to 18 m thickness and a variable width of 10 to 40 km (e.g. Figge 1980).

However, the imaging of this unit is affected in large areas by the presence of shallow gas patches close to the seafloor which cause acoustic blanking for sediment echosounder data and which also significantly degrade the signal penetration and the imaging quality for conventional seismic data, thereby also affecting foundation soil reconnaissance of offshore installations. While recent studies of Papenmeyer (2020) and Özmaral (2022) already described the rough lateral extension of this shallow gas based on sediment echosounder data, a new extensive dataset of multichannel seismic data acquired in the central EPV in the framework of a cooperation between BSH and University of Bremen allows a more detailed inspection of the geographic distribution of the gas patches and of their linkage to underlying Pleistocene structures.

The data show that two different distribution types of the gas exist. Type 1 is bound to a distinct reflector interface within the EPV infill sediments and exhibits high reflection amplitude and a smooth surface. Type 2 is a rather diffuse distribution of gas imaged as a chaotic reflection pattern. There appears to exist a linkage of the location of the patches to incisions and depressions in the base of the EPV, while direct pathways and deeper lying amplitude anomalies cannot be observed. This thus favors an interpretation as localized biogenic gas production due to highly organic infill material of the incisions.

References:

Figge, K. (1980), <https://doi.org/10.3285/eg.30.1.16>

Özmaral, A., et al. (2022), <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107453>

Papenmeier, S. and Hass, H.C. (2020), <https://doi.org/10.3390/geosciences10120505>

S2-P.12

Extent of Glaciation in German North Sea traced by Change of Deformation Pattern?

N. Fekete¹, H. Keil¹, M. Ruhnau², V. Spieß¹

¹Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland, ²Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg, Deutschland

The present-day North Sea area has repeatedly been covered by ice during past glacials. The transition from a cold to a warm phase, where marine transgression supersedes an environment with glacial, fluvial, or lacustrine elements, can be expected to manifest seismically as a lower, heterogeneous package potentially showing deep tunnel valleys, small-scale incisions, and low-energy depositional settings, overlain erosively by a distinct horizontal reflector. Subsequent glaciation cycles may reshape such units by deformation.

The Pleistocene sediments of the German North Sea were affected by several glacial advances during the Elsterian and Saalian periods and are highly variable due to repeated ice mass movements. Continuous, regional reflectors within the upper few tens of meters below seafloor are hard to identify. This imposes a challenge especially to tasks of foundation characterization for wind turbine sites.

An extensive marine multichannel seismic dataset, acquired by the University of Bremen in co-operation with the Federal Maritime and Hydrographic Agency BSH, allows regional investigations of cold-to-warm transitions. Of special interest is the shallowest such feature, void of subsequent ice imprint. We present a horizon in the western German North Sea at approximately 22 ms two-way travel time (TWT) below seafloor which shows little or no deformation near the Dutch-German border and increasing topography eastward. The change is abrupt and can be mapped over a large area. This observation may indicate features related to ice margin location. An exact timing is attempted from stratigraphic considerations.

S2-P.13

Stratigraphic, geotechnical, and physical properties characterization of the Upper Cretaceous, Glacial and Holocene deposits in the southwestern Baltic Sea

N. Morales^{1,2}, E. Miramontes García¹, V. Spieß¹

¹University of Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland, ²Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems (IWES), Sub-surface Investigations, Bremen, Deutschland

For five drill sites of the International Ocean Discovery Program (IODP) - Leg 347, in the southwestern Baltic Sea, a regional overview of the stratigraphic sequence of the uppermost 100 m was compiled using a combination of core, downhole logging, cone penetration testing and 2D multichannel seismic data from scientific expeditions and offshore wind site investigation surveys. The geological units encountered in this region are described based on their seismic characteristics and their physical properties. This study attempts to close data gaps between the middle Weichselian and chalk intervals, where offshore information is scarce, and needed to provide boundary conditions for seismic inversion studies in the basin.

The stratigraphic sequence in this study is mainly comprised of five larger units: (i) Cretaceous bedrock, (ii) pre-Saalian, (iii) glacial, (iv) late glacial and (v) Holocene. Boreholes, seismic measurements and age models reveal two key geological factors that control the units' mechanical behavior and their spatial distribution, relevant for the installation of wind turbine foundations.

In the areas of Arkona Basin, Lille Belt and Anholt Loch, the composition of bedrock and glacial layers varies greatly, not only laterally but also vertically. An initial geotechnical assessment shows that the glacial unit behaves more plastically than the brittle chalk and limestone bedrock, due to higher fluid content and lower consolidation. This is supported by variations in their soil behavior types (SBTn) that range between clayey silt for the glacial interval and clean sand to silty sand for the bedrock. Additionally, two other intervals of interest were identified, where the seismic reflectivity is influenced by significant changes in density and/or velocity, affecting the units' acoustic impedance.

Local erosive and structural processes also impact the physical properties of the sediments: glacial valleys - as present in the Bornholm Basin - act as depositional settings where physical properties of the sediment vary considerably even over short distances. This is explained by an increase in the overburden pressure causing compaction of unconsolidated units, thus reducing their pore space.

S3: VORTRÄGE

Geophysics to investigate the rapidly changing polar regions

S3-A.01

A new GHF model for Greenland and its compatibility with a lithospheric model from integrated geophysical-petrological modelling

A. Wansing, J. Ebbing

CAU Kiel, Kiel, Deutschland

Geothermal heat flow (GHF) is an important parameter to define the basal conditions under an ice sheet. In Greenland, direct measurements of GHF are sparse, and one must rely on GHF models based on geophysical datasets with a more uniform data coverage. The lithospheric thermal structure and the distribution of heat-producing elements in the upper crust are two major controlling factors on the regional GHF pattern. Therefore, it is reasonable to include both parameters when evaluating a GHF model.

Based on a new, local GHF database, we calculated a GHF model for Greenland by machine learning which shows high uncertainties over the inland ice. Here, we explore the models' compatibility with the structure of the lithosphere. For this purpose, we use a lithospheric-scale model that is adjusted to information from seismic tomography, receiver function and gravity data and combined with a crustal model based on a joint inversion of gravity and magnetic data. With this model, we test whether laterally varying the radiogenic heat production of the upper crust would be sufficient to reproduce our machine-learning GHF within a reasonable parameter range. With an upper crustal radiogenic heat production range of 0 – 5 $\mu\text{W}/\text{m}^3$, we can fit the GHF from the lithospheric-scale model to the GHF from machine learning. These values are in a geologically reasonable range. The higher radiogenic heat production values could represent granites and gneisses, whereas the lowest values could correspond to ultrabasic rocks and cratonic peridotites.

S3-A.02

Seasonal variations in Arctic Ocean wave action and sea ice conditions recorded by deep-water broadband ocean bottom seismometers

V. Schlindwein^{1,2}, S. Li², H. Kirk¹, M. Hiller¹, M. Schmidt-Aursch¹

¹AWI, Bremerhaven, Deutschland, ²Uni Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland

Studies of ambient seismic noise have proved a powerful tool to monitor the sea state in oceans, track large storms or even to conclude on the state of the sea ice covering the polar oceans. However, most studies of ambient noise use coastal seismic stations far from the source areas of seismic noise. Seasonal records of ambient seismic noise from the bottom of the polar oceans do not yet exist. In a pilot experiment from September 2018 to September 2019, we deployed four broadband ocean bottom seismometers at eastern Gakkel Ridge, Arctic Ocean, at water depths of about 4000 m underneath perennial sea ice. Only in August and September, the marginal ice zone of the Laptev Sea extended to the OBS position.

Spectrograms show the seasonal variations of the ambient seismic noise. Long-period double-frequency microseisms are slightly stronger in winter time. Their source is outside the Arctic Ocean. Short-period double-frequency microseisms are seasonally modulated and appear when the Laptev Shelf area becomes ice-free, suggesting that deep water conditions are not necessary to produce mid-ocean microseism. The longest periods of this noise band increase as the fetch area for swell generation increases. At high frequencies (6-50Hz), considerable noise is present, mostly as short, distinct noise bands in winter time. We associate these signals to noise generated by the sea ice. To analyze the seasonality of the noise sources, we extracted the spectral power in various frequency bands for the entire year and compared it with variations of the significant wave height from Wave Watch III hindcast models and of ice concentration and drift from satellite data. This comparison revealed that sea ice-related noise decays suddenly in late May while sea ice concentration is still 100%, suggesting that the physical properties of the sea ice change at this time prior to break-up. Likewise, sea ice only gradually develops its noise-generating capabilities after the freezing period, when compression of ice floes contributes to their thickening. During autumn, several swell events cause large-amplitude short-period double-frequency microseisms and simultaneously high-frequency noise although ice-noise is otherwise not present in this season. Ice concentration decreases following the swell events, showing the impact of swell on the state of the sea ice during the freezing season.

S3-A.03

Curie Depth Estimates in the Circum-Arctic Region from Constrained Magnetic Inversion

J. Freienstein, W. Szwillus, J. Ebbing

Christian-Albrechts-Universität, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

We estimate the depth of the Curie isotherm and the associated heat flow for the Circum-Arctic Region using a Monte Carlo Markov Chain approach. In the first step, Curie depths are determined where heat flow measurements are available. For the depth estimates, different parameters and concepts are tested (e.g. pure conduction compared to half-space cooling) in order to assess the uncertainty underlying the depth estimates, but also of the observing point. Hereby, we rely on existing models of the Arctic lithosphere including ArcCRUST and LithoRef18. Half of the calculated Curie depth points show a low sensitivity to the choice of the parameters and models and hence can be regarded as stable, representing the thermal field of the lithosphere and not local effects. Hence, we can use these points as constraints for the second step, where we invert an aeromagnetic anomaly map for both the Curie depth and susceptibility for the Circum-Arctic Region. The new model shows that in areas where reliable constraints exist, the magnetic inversion is preferring to explain the magnetic anomalies with lateral susceptibility distribution, reflecting hereby the main geological features of the region.

S3-A.04

Aufzeichnung und Echtzeit-Übertragung von Breitband-Seismometerdaten aus polaren und schwer-erreichbaren Gebieten

S. Uhlmann¹, T. Parker², V. Hamilton³

¹IGM GmbH, Überlingen, Deutschland, ²Nanometrics, Inc., Business Development, Kanata, Kanada, ³Nanometrics, Inc., Sales, Kanata, Kanada

Die Aufzeichnung und Echtzeit-Übertragung von Breitband-Seismometerdaten aus (sub-)polaren, schwer erreichbaren Gebieten erfordert enorme Anstrengungen, welche bislang nur durch große logistische Aufwendungen und/oder Einschränkungen in der Datenübertragung machbar waren. Der technische Fortschritt, der sich in der jüngsten Generation seismischer Datenlogger und Bohrlochseismometer spiegelt (wie z.B. dem Nanometrics Pegasus und Trillium Horizon 360) ermöglicht die Planung und Realisierung solcher vormals unmöglichen Projekte. Anhand von Fallbeispielen beschreiben wir, wie Logistik-, Installations- und Wartungskosten minimiert und der wissenschaftliche Output maximiert werden kann.

S3-A.05

Petrophysikalisch und zeitlich gekoppelte Joint Inversion von refraktionsseismischen und geoelektrischen Messdaten zum quantitativen Permafrostmonitoring

F. Wagner¹, J. Klahold², C. Hauck³

¹RWTH Aachen University, Geophysical Imaging and Monitoring, Aachen, Deutschland, ²University of Lausanne, Institute of Earth Sciences, Lausanne, Schweiz, ³University of Fribourg, Department of Geosciences, Fribourg, Schweiz

Die Degradation von arktischem und alpinem Permafrost ist ein akutes globales Phänomen und kann Treibhausgase freisetzen sowie Hangrutschungen oder Felsstürze begünstigen. Geophysikalische Messverfahren bieten das Potenzial Permafrostodynamik raumzeitlich und nicht-invasiv zu beobachten. Die quantitative Ansprache von petrophysikalischen Zustandsgrößen, wie z.B. dem Eisgehalt, ist jedoch herausfordernd, da die Beziehung zwischen geophysikalischen und petrophysikalischen Parametern in der Regel mehrdeutig ist. Die Integration verschiedener geophysikalischer Messverfahren im Rahmen gemeinsamer Inversionsansätze kann helfen, komplementäre Sensitivitäten zu nutzen und die inhärente Mehrdeutigkeit einzelner Messmethoden zu mindern.

In diesem Beitrag stellen wir eine Methodik vor, um geoelektrische Widerstandsmessungen und refraktionsseismische Laufzeitmessungen petrophysikalisch und zeitlich gekoppelt gemeinsam zu invertieren. Die petrophysikalische Kopplung erlaubt die direkte Abschätzung petrophysikalischer Zustandsgrößen aus den geophysikalischen Zeitreihen unter Berücksichtigung petrophysikalischer Beziehungen und physikalischer Plausibilität (z.B. Volumenerhaltung). Die zeitliche Kopplung erlaubt es in der Parameterschätzung zwischen über den Monitoringzeitraum als konstant angenommenen Parametern (wie z.B. der Porosität) sowie veränderlichen Zustandsgrößen (wie z.B. dem Eis-, Wasser- und Luftgehalt) zu unterscheiden. Wir demonstrieren die Vor- und Nachteile dieses Inversionsansatzes anhand von synthetischen und realen Messdaten, welche am Schilthorn in den Schweizer Alpen erhoben wurden. Letztere wurden anhand von unabhängigen Bohrlochmessungen in Bezug auf die Mächtigkeit der saisonalen Auftauschicht validiert. Abschließend zeigen wir vielversprechende Erweiterungsmöglichkeiten dieses frei verfügbaren Inversionscodes, wie z.B. die Hinzunahme weiterer geophysikalischer Messverfahren sowie petrophysikalischer Beziehungen, auf. Diese Studie trägt dazu bei, das Prozessverständnis von Permafrostsystemen sowie die Parametrisierung entsprechender Prozessmodelle basierend auf geophysikalischen Messungen zu verbessern.

S3-A.06

Retrieval of porous sea ice properties from multifrequency electromagnetic measurements

M. Neudert¹, S. Hendricks¹, S. Arndt¹, C. Haas^{1,2}

¹Alfred Wegener Institute, Sea Ice Physics, Bremerhaven, Deutschland, ²Universität Bremen, Institute of Environmental Physics, Bremen, Deutschland

Characterization of the sea ice cover is of great importance for understanding processes and feedback mechanisms of the polar-climate system. The porosity of sea ice is one of its relevant properties, strongly controlling its physical, ecological, and biogeochemical properties. Porosity is subject to seasonal variations and spatial variability, related to ice type and developmental history, and affecting sea ice strength and permeability. Sea ice porosity is also closely related to surface flooding and the solid fraction of platelet ice in Antarctica.

As sea ice porosity can be derived from electrical conductivity, a direct method that can be applied on the ground or from airborne platforms is electromagnetic (EM) induction sounding. During Arctic and Antarctic field campaigns extensive sea ice profile data with the Geophex Ltd. GEM-2 multifrequency conductivity sounder were obtained. We present advancements in data collection and calibration procedures. For fast and adaptable inversion, we modified the Phyton EMagPy API for the application to sea ice surveys.

The first case study over Arctic summer sea ice was based on the hypothesis that multifrequency EM data allow to retrieve the macro-scale porosity of rotten ice and the salinity and depth evolution of melt ponds. The salinity and porosity evolution could be reproduced with varying success, but the addition of several layers in the inversion improved the thickness information compared to a single-layer subsurface model, affecting ice mass balance.

For the second case study, the dataset consists of more than 1000 km of high-resolution EM data over Antarctic fast ice with a variable sub-ice platelet layer below the solid sea ice. All free parameters of the inversion, the thicknesses of sea ice and the platelet layer as well as their conductivities are in good agreement with independent, coincident in-situ drill hole and CTD measurements. We provide maps of surface flooding and time series of the evolution of the platelet layer.

S3-B.01

Reanalysis of seismic array data obtained during the 2014-16 Skaftá jökulhlaups reveals so far unexplained seismological signals

T. Dietrich¹, E. P. Eibl¹, E. Magnússon², D. Binder¹, S. Heimann¹, S. Roessner³

¹Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Potsdam, Deutschland, ²University of Iceland, School of Engineering and Natural Sciences, Reykjavik, Island, ³Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

Understanding the spatiotemporal details in the occurrence of jökulhlaups (also known as GLOF, glacier lake outburst floods) is important for improving early warning and forecasting future events.

Jökulhlaups occur in many glacier-related settings.

Previous seismological studies of the Skaftá jökulhlaups originating from subglacial lakes beneath the Eastern and Western Skaftá cauldrons in Vatnajökull, Iceland (2014, 2016: W lake, 2015: E) suggested that several hours of early-warning is possible based on the generated seismic tremor. In this study we compared data from a seismic array located 50km WSW from the Skaftá lake, 10km NW from the terminus with GNSS observations from a station located on the glacier surface above the subglacial flood path and data of a hydrometric station 25 km downstream from the glacier margin.

Other research already analysed seismic events in detail, yet only the seismic Z component. Here, for the first time, all three seismic components were studied using frequency-wavenumber-analysis (fk-analysis) and match field processing (MFP). Whereas fk-analysis gives the signal source azimuth direction relative the seismic array, MFP yields the actual signal source location.

For the Oct 2015 jökulhlaup at the Eastern lake we found two additional signals appearing after the migrating tremor corresponding to the subglacially propagating flood front:

I) A second migrating seismic signal 12 hours following trajectory of the initial tremor.

Comparison with the GNSS and discharge data is not conclusive, hence an explanation is pending.

For further insights, three jökulhlaups from the Western Skaftá Cauldron in 2014 to 2016 will be analysed.

II) Finally, 25 hours after the first pulse, GNSS data showed a sudden deceleration in horizontal motion, coinciding with the increase of seismic signals at the glacier terminus. We discuss if this can be caused by the re-grounding of the glacier after being detached from the bedrock by the pressurized flood water.

S3-B.02

Noise characteristics of ocean-bottom seismometer data in the Bransfield Strait, Antarctica

M. Schmidt-Aursch¹, J. Almendros², W. Geissler¹, W. Wilcock³

¹Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Deutschland,

²University of Granada, Granada, Spanien, ³University of Washington, Seattle, Vereinigte Staaten von Amerika

All seismological data contain not only the desired source signals, but also a lot of disturbing noise. There are various natural and artificial noise sources like wind, waves, traffic, industry, etc. Data recorded by ocean-bottom seismometers (OBS) show a different content of noise than onshore data; mainly because the OBS are located directly in one of the major noise generators: the oceans. Oceanic secondary microseisms dominate the recordings over a broad frequency band, and there are several noise sources not known onshore, e.g. marine mammals, ship traffic, marine seismic surveys and especially in the polar regions sea ice and icebergs.

Within the framework of the BRAVOSEIS project, several broadband onshore stations, 14 short-period OBS and eight broadband OBS were deployed for one year in the Bransfield Strait, Antarctica, to study the local volcanism. The ambient noise was not only helpful to correct the clock drift of the data loggers by means of noise cross-correlations, but also reveals insights into the different noise sources. High-resolution probabilistic power spectral densities and spectrograms were calculated for all broadband stations to study the noise-generating processes. An analysis of tidal signals was performed for various time series including temperature recordings. Noise cross-correlations between all broadband stations were computed to determine the source directions of the secondary microseisms.

Although all OBS were located within the same basin, they differ significantly in their noise characteristics. The noise spectrum was divided into several frequency bands. Some bands show clear seasonal amplitude variations correlating with the local sea ice coverage. Transient noise producers like seismic surveys or marine mammals are visible only at certain time slots, others are persistent during the entire year. A few noise signatures like the secondary oceanic microseisms are coherent between all OBS, this is typical for origins far away. Most noise sources occur very locally, their amplitudes and tidal signatures are specific for each OBS depending on parameters like water depth or the abundance of deep water currents. Generally, the seismic noise properties of the Bransfield Basin are complex and show a great variation in time and space.

S3-B.03

Improving seismic monitoring capabilities at Troll in Dronning Maud Land, Antarctica

J. Schweitzer

NORSAR, Kjeller, Norwegen

During the last 11 years, the seismic station TROLL in Dronning Maud Land, East Antarctica, was running with an up-time of more than 99% and collected continuous, high quality seismic observations. The excellent performance of the station and the high-quality of the recorded data result in a unique dataset from a region with a quite sparse seismic network. In this contribution, examples are given of research results based on these observations related to movements of the Fimbul Ice Shelf, drift of icebergs along the coastline of Dronning Maud Land, seismic activity due to tectonics, and ice movements in Dronning Maud Land, the structure of the Earth's interior and a better location of seismic events in the European Arctic.

In 2022, the Research Council of Norway granted in context with the infrastructure project TONE the extension of the seismic station to a seismic array and the additional installation of an infrasound array at Troll. In autumn 2022, a site survey for the planned array installations could be made and its results will be presented.

S3-K.01

Glaciers in Central Asia, the great unknown

C. Mayer

Bayerische Akademie der Wissenschaften, Erdmessung und Glaziologie, München, Deutschland

Even though central Asia provides one of the largest glaciated areas outside the Polar regions, surprisingly little is known about the glacier resources and their future evolution. While a large number of long term mass balance series exist in e.g. the Alps, there are only very few, mostly discontinuous existing between Tian Shan and Himalaya. The knowledge about the glacier characteristics is even worse, where detailed measurements exist mostly in the Himalaya and some glaciers in the mountain ranges of the former Soviet Union. However, this lack of basic knowledge triggered several initiatives on different scales for constraining the glacial parameters in this region. Dedicated surveys of the major unknowns aim on accumulation conditions at high altitudes, the influence of debris cover on ice ablation and basic ice thickness distributions, which complement urgently needed long term mass balance observations. Only such knowledge it will allow to explain features like the „Karakoram Anomaly“, observed by remote sensing techniques, and provides the basis for realistic estimates of the future contribution of these glaciers to water discharge and sea level.

S3 Poster

Geophysics to investigate the rapidly changing polar regions

S3-P.01

Stability of the Antarctic Ice Sheet in interaction with the solid Earth

M. Bagge¹, T. Albrecht², V. Klemann¹

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland, ²Potsdam Institute for Climate Impact Research PIK, Potsdam, Deutschland

The rapid melting of the ice sheets in the polar regions draws attention to its potential on increasing future sea level rise. The Antarctic Ice Sheet (AIS) has a sea-level rise potential of about 60 m and the stability of the AIS highly depends on its interaction with the solid Earth. The growth and decay of kilometer-thick ice sheets during a glacial cycle cause bedrock deformation of several hundreds of meters. In turn, the solid-Earth deformation influences the grounding-line position of marine ice sheets and thus their geometry and dynamics which are related to the relative sea-level.

Glacial-isostatic adjustment (GIA) models simulate the viscoelastic solid-Earth deformations and corresponding sea-level variations due to ice-sheet loading under consideration of the sea-level equation, i.e., mass exchange between ice and ocean, rotational and self-gravitational effects as well as changes in coastline position. In turn, ice-sheet models simulate the dynamics of ice sheets controlled by boundary conditions like precipitation and air temperature, bedrock elevation, relative sea-level, and geothermal heat flux.

We couple the Parallel Ice Sheet Model PISM to the GIA model VILMA to investigate bidirectional feedback mechanisms. Because in Antarctica ice-shelf melting plays an important role for the stability, we also use the Potsdam Ice-shelf Cavity model PICO. Using the coupled PISM–PICO–VILMA model system, we investigate the ice-sheet dynamics over the last 20.000 years for different Earth model configurations. We implement 3D mantle viscosity structures derived from seismic tomography to consider lateral variations between West and East Antarctica as well as regional variations. We also consider the benefits of 3D structures over simplified 1D structures or lower complexity Earth models, like the Lingle-Clark (LC) approach, which does not solve for the sea level equation.

The comparison with models using the 1D Earth structures and the LC approach shows that an improved 3D Earth structure in our coupled Ice Sheet–Ice Shelf–Solid Earth model causes a larger Antarctic ice volume during the Last Glacial Maximum and accordingly more melt water input to the ocean during deglaciation. Furthermore, our results show a strong influence of the Earth structure parameterization on the paleotopography, relative sea-level, grounding-line dynamics and hence ice-mass evolution.

S3-P.02

An adapted inversion strategy for electrical resistivity data to explore subsea permafrost environments

M. Arboleda-Zapata¹, M. Angelopoulos², P. P. Overduin², G. Grosse^{1,2}, B. M. Jones³, J. Tronicke¹

¹University of Potsdam, Potsdam, Deutschland, ²Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Potsdam, Deutschland, ³Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK., Vereinigte Staaten von Amerika

Many near-surface geological environments can be considered as layered systems where individual layers show characteristic physical properties. Electrical resistivity tomography (ERT) is a standard geophysical method to explore such systems where the measured apparent resistivities are inverted to generate an electrical resistivity model of the subsurface. Most common inversion strategies rely on local gradient-based approaches, which typically result in smoothed resistivity models (i.e., sharp subsurface interfaces might be smeared out) and poor model uncertainty estimates. This study proposes a layer-based model parameterization to target sharp subsurface interfaces during inversion and presents a strategy to estimate uncertainties from ensemble analyses. To illustrate our inversion strategy, we use an ERT data set collected offshore of the rapidly eroding permafrost coast of Drew Point in the Alaskan Beaufort Sea. Here, permafrost persists on the near-coast sea floor following coastal erosion but is degrading due to being submerged by relatively warm and saline seawater. Our target interfaces are the seafloor within a few hundred meters of the eroding coast and the contact between unfrozen and frozen sediments (also known as the ice-bearing or ice-bonded permafrost table, IBPT) in the near-coastal offshore zone. Detecting these interfaces helps us to understand submarine permafrost thaw dynamics in a warming Arctic.

To invert our ERT data set, we use a particle swarm optimization (PSO) algorithm. To generate ensembles of equivalent model solutions (i.e., in terms of data misfit), we run the PSO hundreds of times considering different random starting models and save the best model solution for each run. In the next step, we use cluster analysis to create classes or families with the most similar model solutions. To summarize the information within each model class, we calculate central trend and dispersion using the median and the interquartile range, respectively. Our results allow us to identify different model scenarios where we can interpret the IBPT position with its associated uncertainty while avoiding manual interpretations (e.g., when interpreting such an interface using a resistivity threshold in a smoothed model). Thus, our results can be used for more accurate estimations of the permafrost degradation rate and the overall strategy might help analyze ERT data collected across other layered geological environments.

S3-P.03

Reconciling Ice Temperature Profiles And Geothermal Heat Flow From Satellite Observations

M. Lösing¹, J. Ebbing¹, M. Leduc-Leballeur², G. Macelloni²

¹CAU Kiel, Kiel, Deutschland, ²Institute of Applied Physics "Nello Carrara", National Research Council, Sesto Fiorentino, Italien

The basal boundary conditions beneath the ice sheets of Antarctica is one of the challenging targets in fully understanding the ice dynamics and the coupling of the Cryosphere and Solid Earth. Recent progress has been made in inferring ice temperature profiles combining glaciological model and ESA's SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) satellite data by means of a Bayesian inversion. In the retrieval Geothermal Heat Flow (GHF) and snow accumulation are used as a free parameters. However, because of the penetration depth, SMOS data is less sensitive to deeper layers of the ice sheet, leading to a GHF model with a low level confidence level.

Here, we extend the Bayesian analysis by combining the temperature profile inversion with a lithosphere temperature inversion that takes basal temperature, and geophysical models of Moho, Curie, and LAB depths as input providing posterior distributions of thermal parameters. In an iterative way, the two inversions are coupled minimizing the allowed prior range of GHF based on the most likely results after each iteration. Sensitivity tests at the locations where in situ data are available shows that by using a reasonable geophysically derived GHF model and its associated uncertainties as input, the uncertainty of the ice temperature profiles can be reduced, leading to a realistic agreement at the boundary between ice and Solid Earth. Improvements can be made by incorporating further geological and geophysical information as for example radiogenic heat production.

S3-P.04

Reflection seismic imaging of the North Greenland continental margin

M. Engels, P. Klitzke, M. Schnabel, I. Heyde, A. Ruppel, L. Reinhardt, A. Ehrhardt

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, Deutschland

The tectonic history of the North Greenland continental margin is characterized by phases of compression and extension (Eurekan deformation 54-34 Ma), related strike-slip fracture zones (De Geer fracture zone, Wandel Hav Mobile Belt), and the opening of the Eurasian Basin (e.g. expressed by the separation of Morris Jesup Rise and Yermak Plateau in this area).

During expedition PS115/1 of RV Polarstern, a coastal polynya allowed for the first shipborne geophysical survey in the Wandel Sea north of Greenland. In total, five seismic reflection profiles with a three-kilometer long streamer cable and one seismic refraction line consisting of nine ocean bottom seismometers were acquired along with towed magnetometer and onboard gravity measurements. Here, we present the shallow crustal configuration imaged by the reflection lines and discuss the following questions:

A regional prominent, rugged high amplitude reflector is evident across wide parts of the study area and interpreted as top of a volcanic sequence. It extends from the deep into the shallow continental shelf and is descending from 1 km down to 5 km below seafloor towards the continent. Can this volcanic sequence be correlated with the Kap Washington Group, which erupted in late Cretaceous-Paleocene times (71-61 Ma) and is exposed along the coast of North Greenland?

Along the deep shelf, a mild tectonic overprint of the volcanics and sediment layers above are likely a result of the Eurekan deformation. Faults and an anticline structure correlate across the lines in E-W strike direction. Is this tectonic overprint an expression of the De Geer strike-slip fracture zone?

The volcanic sequence onlaps in the east on the southern end of the Morris Jesup Spur. Westward-dipping parallel reflections of a tilted and uplifted continental fragment indicate that the Morris Jesup Spur comprises pre-volcanic sediments. Shallow seismic data by Kristoffersen (2021) on the northern extent of the Morris Jesup Spur indicate a similar structural pattern, are they correlated?

In the very northern part, a bottom simulating reflector (BSR) crosscutting sedimentary reflections can be correlated between several profiles. The polarity is not inverted and the large depth ~800 m below seafloor argue against gas hydrates as a cause. Is this BSR reflector an expression of silica diagenesis (opal A to opal CT transition)?

S3-P.05

Field application of the high-frequency induced polarisation method to estimate ice content in permafrost peatlands.

M. Sugand¹, A. Hördt¹, A. Binley², F. Ulrich¹

¹TU Braunschweig, Institute for Geophysics and extraterrestrial Physics, Braunschweig, Deutschland, ²Lancaster University, Lancaster Environment Centre, Lancaster, Vereinigtes Königreich

High-frequency induced polarisation (HFIP) is an emerging technique in geoelectrics. The method is based on the same principles as conventional induced polarisation (IP), but measurements are made for a wider frequency range (0.9 Hz to 230 kHz). The method is particularly advantageous in permafrost research as the permittivity of ice shows a frequency-dependence in the high frequency range (100 Hz to 100 kHz). Furthermore, HFIP spectra are a function of temperature and volume fraction of ice and therefore measurements allow for a greater understanding of subsurface conditions. Our aim is to invert field data such that analysis of inverted spectra would allow distinguishing ice-rich, ice-poor or no-ice regions. In doing so it is possible to apply an appropriate relaxation model to obtain volumetric ice content.

We present inversion results of a field campaign carried out in Abisko, Sweden. HFIP measurements were conducted on two sites: Storflaket and Heliport. They are classed as peat permafrost mires, with the upper mire body containing organic peat underlain by a silt-rich subsoil. It is seen through reciprocal error analysis that each measured frequency requires a bespoke data error quantification model for data inversion, and so, each measured frequency is inverted separately using ResIPy. The HFIP spectra for each inversion cell is examined and the distribution of ice is resolved, i.e., detection of permafrost mire boundary (no ice, no distinct phase peaks), ice-rich (large, high frequency phase peaks) and ice-poor (small, high frequency phase peaks). With this knowledge, we apply a two-component mixture model for ice-content estimation with suitable error ranges. Our results provide a deeper understanding of the subsurface properties at these two sites, with an opportunity to extract additional parameters relevant to hydrological and modelling studies.

S3-P.06

The Ice Data Hub as a powerful interface between data and simulations

M. S. Boxberg, A. Simson, Q. Chen, J. Kowalski

RWTH Aachen University, Methods for Model-based Development in Computational Engineering, Aachen, Deutschland

Providing measurements for scientific simulation software often requires tedious manual preprocessing of data sets. To overcome this problem and make it easy for simulation tools to access heterogeneous data sets directly, we have developed the Ice Data Hub.

The Ice Data Hub combines available data from Earth or other planetary bodies including their meta data and allows it to be displayed, interpreted and exported. Most important is its functionality as an interface between data and simulation tools. For example, we develop models for thermodynamic melting processes that can evaluate measured data directly thanks to the Ice Data Hub. It can also be used as a black box, where a simulation tool queries the Hub to provide a property. This could, for example, be a material property at a certain depth. The accessing functionality for the user is wrapped in the sense that the user uses similar routines, regardless the format of data, e.g., analytical expression, look-up table or interpolant.

To illustrate the capabilities of the Ice Data Hub, we show results of 1) thermal conductivity simulations in glacial ice with temperature data from Langenferner Glacier, Italy, and 2) trajectory models of ice melting probes compared with housekeeping data from field experiments at Taylor Glacier, Antarctica.

1) The observed temperature evolution from a measured time series of 1D temperature observations in an interval of one hour differs from the theoretically predicted temperature evolution, which was determined on the basis of an idealised seasonal and diurnal temperature variation at the surface and constant ice material parameters. Hence, we reconstruct spatio-temporally varying effective material parameters from these observations using the Crank Nicolson Method.

2) Ice melting probes are developed to penetrate ice and access potential subglacial water reservoirs for in-situ studies. The ice-sheet transit provides an excellent opportunity to study the structure and composition of the ice itself using geophysical and other in-situ measurements. Both housekeeping data and scientific sensors of the ice melting probe can be used to derive ice properties and analyse it with various tools via the Ice Data Hub.

The Ice Data Hub facilitates the functionality needed to make data repositories of different format simulation-ready and guarantee reproducibility of data-integrated simulations. It is planned to make the Ice Data Hub available as open source software in the near future.

S3-P.07

A high-resolution deglacial and post-glacial sedimentary record from Lake Melville, Labrador, Canada: Comparison of paleomagnetic and AMS dating

C. Ohlendorf¹, T. Frederichs², N. Asadi¹, S. Kowalski¹, J. Matthiessen³, C. Gebhardt⁴

¹Universität Bremen, Geographisches Institut, Geopolar, Bremen, Deutschland, ²Universität Bremen, Marine Geophysik, Bremen, Deutschland, ³AWI Bremerhaven, Marine Geologie, Bremerhaven, Deutschland, ⁴AWI Bremerhaven, Geophysik, Bremerhaven, Deutschland

Lake Melville is an estuarine-type fjord inlet at the Labrador coast, Eastern Canada. It is characterized by riverine freshwater input at its western end and connected to the Labrador Sea towards east through the 2.8 km wide and 30 m deep Rigolet Narrows. During the last glacial, Lake Melville was covered by the thick ice mass of the Laurentide Ice Sheet (LIS). At the end of the last glacial, the LIS margin reached the Rigolet Narrows by ca. 10 ka BP and was completely inland to the west of the lake at ca. 8 ka BP. Lake Melville, as many lakes of Canada, has been described as fully excavated during the last glacial. Its ca. 400 m thick sediment package was regarded as containing mostly syn- and paraglacial sediments, with only a relatively thin veneer of sediments ascribed to postglacial sedimentation. Only during the past few years, studies started to reveal that deeper lakes may have persisted even underneath the LIS during the last glaciation. With its deep morphology and the thick sediment layers, Lake Melville could be another candidate for a past subglacial lake, and hence hold a paleoclimate record that spans beyond the deglaciation.

During expedition MSM84 in 2019, five gravity cores were retrieved from the well-layered uppermost part of the lake's sediment package. Three of the cores were spliced into a composite profile and further investigated for geophysical and geochemical parameters. In order to develop an age model for the composite core (MSM84_LM-CP), two approaches were chosen: (1) AMS dating was performed on calcareous bivalve shells and gastropods, and (2) paleomagnetic means were applied by utilizing the core's relative paleointensity (RPI) estimate for the Earth's magnetic field. The AMS-derived age model was obtained using the R tool "clam", while paleomagnetic dating was based on the correlation of the RPI estimate to geomagnetic field models and global RPI reference curves. Comparison of the two age models shows a significant discrepancy with the AMS age model reaching further back in time than the age information obtained from paleomagnetic parameters. Reasons for this age discrepancy are the current subject of investigation.

S3-P.08

Sortable silt as current-strength indicator in a lacustrine setting: Results obtained from drift-body sediments in Lake Melville (Labrador, Canada)

C. Gebhardt¹, T. Bozkuyu¹, S. Kowalski², J. Matthiessen³, C. Ohlendorf²

¹AWI Bremerhaven, Geophysik, Bremerhaven, Deutschland, ²Universität Bremen, Geographisches Institut, Geopolar, Bremen, Deutschland, ³AWI Bremerhaven, Marine Geologie, Bremerhaven, Deutschland

The coastline of Labrador, Canada, is characterized by a succession of deep bays and inlets, of which the Hamilton Inlet system stretching some 250 km inland is the largest. Lake Melville is part of the Hamilton Inlet system and opens seawards to the Atlantic Ocean through Groswater Bay with a 2.8 km wide and 30 m deep sill that restricts water inflow into Lake Melville. The lake is 170 km long with a maximum width of 35 km and water depths of up to 250 m. It is characterized by a relatively shallow western part and a deeper eastern part that exhibits two parallel, W-E trending valleys separated by a ridge. During the last deglaciation, the Laurentide Ice Sheet that covered Lake Melville started to retreat around 10 ka BP at the eastern end of the inlet, and the lake was completely ice-free by 8 ka BP.

Vintage seismic data and new sediment echosounder data retrieved during Maria S. Merian expedition MSM84 reveal up to 400 m of total sediment infill. The presumably deglacial and postglacial uppermost sediment unit is well-layered and reveals drift-type structures elongated along the axes of both valleys. It is quite likely that these sediments were deposited in an environment that was dominated by contourite currents. Moreover, subbottom echosounder data reveal a distinct change within the drift body architecture at the eastern part of the northern valley, pointing at a change in current strength.

During expedition MSM84, gravity cores were taken from different positions relative to the drift bodies. Grain-size measurements were carried out on two sediment cores and used for the calculation of mean sortable silt. This parameter is often used in marine settings to reconstruct current strength, but studies in lakes or sheltered basins as Lake Melville are rare. In order to test the concept for Lake Melville, mean sortable silt data are compared to grain-size endmember modelling results and to geochemical data that are indicative for grain size. In a second step, these data, along with preliminary age information, are compared to the sediment architecture of the drift body that is visible in the subbottom echosounder profiles.

S4 VORTRÄGE

Tectonics and dynamics of rifts and ridges

S4-A.01

Modelling of the lithospheric mantle over the West and Central African rift system and its surrounding using Litmod3D

E. E. Fosso Teguia M., J. Ebbing

University of Kiel, Institute of Geosciences, Kiel, Deutschland

Here we present the result of an integrated petrological and geophysical 3D modelling of the lithospheric mantle over the West and Central African rift system. For modelling, the integrated geophysical and petrological forward modelling software LitMod3D has been used. The initial geometry of the model is based on the Moho depth and base lithosphere of the global model WINTERC-G, and the sediment thickness from the global model Crust1.0 and the available seismic Moho depth have been used for validation. The model is fitted to satellite gravity gradients and the Bouguer anomaly calculated from the XGM2019e-2190 model. Different classes of mantle composition data have been considered and by iteratively trying to compute the best fitting between different modelled and observed signals, the final models of density, velocity and temperature distributions have been estimated.

The model shows lateral transitions curved shape, extending horizontally for about 50km, between the West and Central African rift system, and the surrounding Congo craton and West African craton. More in detail, the results show the lateral and vertical variation of density, temperature and velocity between the different lithospheric mantle domains. The absence of a clear signature of the Saharan meta-craton is noticed, making that area more similar to the West and Central African rift system than the bordering cratons. Moreover, the modelled density profile shows a continuous depth dependent gradient under the rift system, but three steps in the depth profile under the cratons suggest a layering of the lithospheric mantle with respect to its density gradient, which can be interpreted as metasomatism of the lower lithospheric mantle.

S4-A.02

Evolution of Triple junction in Afar rift, East Africa

A. Muluneh¹, S. Brune², D. Maestrelli², G. Corti², D. Keir³

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Geodynamic modeling, Potsdam, Deutschland, ²CNR National Research Council of Italy, Florence, Italien, ³University of Southampton, Southampton, Vereinigtes Königreich

Rift-Rift-Rift triple junctions form where and when three continental rifts emerge at a single point. The Afar region, where the Red Sea, Gulf of Aden, and Main Ethiopian Rifts (MER) merge, is an ideal tectonic setting to investigate the formation of Rift-Rift-Rift triple junctions. However, it is still unclear when and where these three rifts interact as they propagate toward each other. The timing of initiation of the triple junction can be resolved when acknowledging that there are in fact several different manifestations of a triple junction, such as the kinematic triple junction (defined through large-scale plate divergence), a structural triple junction (where structural differences in the surficial fault network are evident), and a depositional triple junction (the point of maximal subsidence) (Maestrelli et al., 2022). Previous studies argued that the triple junction formed 11 Myrs ago due to the southward propagation of the Red Sea rift to the northern MER (e.g., Wolfenden et al., 2004).

Here we combine high-resolution 3D lithospheric scale numerical model and kinematic reconstruction to investigate the spatial and temporal evolution of the triple junction. Our preliminary results show that the triple junction formed before the Red Sea rift started migrating to the south, i.e., to the northern MER. Our model results also show that the present-day location of the triple junction may not be directly linked to upwelling of mantle material.

References

- Maestrelli, D., Brune, S., Corti, G., Keir, D., Muluneh, A., Sani, F. 2022. Analog and numerical modeling of Rift-Rift-Rift triple junctions. *Tectonics*, 41, e2022TC007491. <https://doi.org/10.1029/2022TC007491>.
- Wolfenden, E., Ebinger, C., Yirgu, G., Deino, A., Ayalew, D. 2004. Evolution of the northern Main Ethiopian rift: birth of a triple junction. *Earth and Planetary Science Letters*, doi:10.1016/j.epsl.2004.04.022.

S4-A.03

Heat Flow and Thermal Regime in the Guaymas Basin, Gulf of California: Estimates of Conductive and Advective Heat Transport

F. Neumann¹, R. Negrete-Aranda², R. Harris³, J. Contreras², C. Galerne⁴, M. Peña-Salinas⁵, R. Spelz⁵, A. Teske⁶, D. Lizarralde⁷, T. Höfig⁸

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Geoenergie, Potsdam, Deutschland, ²Tectonophysics and Heat Flow Laboratory, CICESE, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Mexiko, ³CEOAS, College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, Vereinigte Staaten von Amerika, ⁴Department of Geosciences, Section Petrology of the Ocean Crust, University of Bremen, Bremen, Deutschland, ⁵Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Mexiko, ⁶Department of Earth, Marine and Environmental Sciences, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, Vereinigte Staaten von Amerika, ⁷Department of Geology and Geophysics, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Vereinigte Staaten von Amerika, ⁸Project Management Jülich, Coastal, Marine, and Polar Research, Research Centre Jülich, Rostock, Deutschland

Heat flow is reported at eight sites drilled into the Guaymas Basin, Gulf of California, during the International Ocean Discovery Program Expedition 385. This expedition seeks to understand the thermal regime of the basin and heat transfer between off-axis sills intruding the organic-rich sediments of the Guaymas Basin, and the basin floor. The relatively high sedimentation rates combined with active tectonism and voluminous shallow off-axis magmatism characterizes this basin. Our results bridge a data deficiency allowing basin-wide interpretations shading light on this young rift basin. Results show sedimentation corrected heat flow values range between 119 and 221 mW/m² in the basin and between 257 and 1003 mW/m² at the site of a young sill intrusion, termed Ringvent. Thermal analysis shows that heat in the Guaymas Basin is being dissipated by conduction for plate ages >0.2 Ma, whereas younger plate ages are also dissipating heat by advection. Drilling data show that an active ring of hydrothermal vent root to a shallow sill fueling low-temperature hydrothermal fluids with discharge velocities of 10–200 mm/yr. Possible recharge sites are located ~1 km away from the sill's border. Modeling of the heat output and assuming supplied by a cooling sill, we estimate a sill thickness at Ringvent of ~240 m. A simple order-of-magnitude model predicts that relatively small amounts of magma are needed to account for the elevated heat flow in non-volcanic, sediment-filled rifts like the central and northern Gulf of California where heating of the upper crust is achieved via advection by sill emplacement and hydrothermal circulation. Multiple timescales of cooling control the crustal, chemical and biological evolution of the Guaymas Basin. Here we recognize at least four timescales: the time interval between intrusions (~10³ yr), the thermal relaxation time of sills (~10⁴ yr), the characteristic warming time of the sediments (~10⁵ yr), and the cooling of the entire crust at geologic timescales.

S4-A.04

Highly Asymmetric Seismicity in a System of Tectonic Extension and Hydrothermal Venting at the Mohn-Knipovich Ridge Bend

M. Pilot^{1,2}, M. E. Lien³, V. Schlindwein^{1,2}, L. Ottemoeller³, T. Barreyre⁴

¹Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI), Geophysik, Bremerhaven, Deutschland,

²Universität Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland, ³University of Bergen, Department of Earth Science, Bergen,

Norwegen, ⁴University of Bergen, Department of Earth Science & Centre for Deep Sea Research, Bergen, Norwegen

In recent years hydrothermal vent systems were found in unexpectedly high abundance along ultraslow spreading ridges, despite their overall decreased magma supply. Thin oceanic crust and resulting shallow heat sources can drive hydrothermal fluid circulation and detachment faults can act as fluid pathways, resulting in e.g., serpentinization of the oceanic crust. So far, no long-term recordings of seismicity around hydrothermal vent systems along ultraslow spreading ridges have been reported. Here, we present results from a ~1-year local Ocean Bottom Seismometer deployment between 2019 - 2020 at Loki's Castle hydrothermal vent field (LCVF) along the Arctic Mid Ocean Ridge. LCVF is located at a water depth of ~2500m on top of the axial volcanic ridge (AVR) at the Mohn-Knipovich Ridge bend where spreading is highly asymmetric from west to east.

For the processing we use a combination of an automatic event detection algorithm (Lassie), a deep-learning phase picking model (PhaseNet) and partial manual re-evaluation of phase picks. Additionally, selected clusters of events are cross-correlated and relocated using hypoDD. The resulting earthquake catalogue consists of a total of 12368 events with 6719 manually re-evaluated and 5649 automatically picked events.

From the results we see that most of the plate divergence at the Mohn-Knipovich Ridge bend is accommodated by a young detachment fault west of the AVR. Most of the seismicity occurs between depths of ~2-8km in a banded band that steepens up to 70° with depth and follows the local topography. However, the described detachment fault differs from reported mature detachment faults at the Mid-Atlantic Ridge or Southwest Indian Ridge. Within the footwall we observe episodic, clustered seismicity with extensional faulting mechanisms, indicating that the detachment could be cross-cut by normal faults. Along strike, the seismicity of the fault plane appears highly heterogeneous, with the central part showing only sparse seismicity at depths below 3km while other segments show episodic shallow seismicity. Towards LCVF seismicity below the AVR increases and the maximum depth of earthquakes shallows by about ~2km. This could indicate the presence of a shallow heat source below LCVF as a driving factor for the hydrothermal circulation.

S4-A.05

Tectonics controls on melt production and crustal architecture during nearly amagmatic seafloor spreading

L. Mezri¹, J. García-Pintado¹, M. Pérez-Gussinyé¹, Z. Liu², M. Cannat³, W. Bach¹

¹MARUM—Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Deutschland, ²College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China Key Laboratory of Mineral Resources Evaluation in Northeast Asia, Ministry of Natural Resources, China, Volksrepublik, ³Université Paris Cité, Institut de Physique du Globe de Paris, UMR 7154 CNRS, Frankreich

At ultra-slow ridges, tectonics, hydrothermalism, serpentinization and magmatism interact to build the oceanic crust. How this heterogeneous crust forms and relates to faulting in melt-poor environments remains poorly understood, but is key for elucidating hydrothermal flow patterns and their implications for ocean-lithosphere element exchange. Along the melt-poor Southwest Indian Ridge (SWIR) at 64°30' East, crustal thickness varies across the ridge strike, with crustal thickening attributed to serpentinization extending downward along detachment faults, DFs. This observation calls into question the commonly assumed relationship between local crustal thickening and magma-supply increase. Here we use 2D numerical models to analyze how coupled tectonics, mantle melting, magma emplacement and serpentinization interact. Our model includes hydrothermal cooling, ocean loading, and the oceanic crust density. We reproduce the observed bathymetry at SWIR, 64°30'E, which is shaped by alternating DFs formed in flip-flop mode. Our results show that the offset and duration of DFs are controlled by ocean loading and crustal density. Importantly, shallow faulting and deeper mantle flow are coupled: long-lived DFs result in relatively slower mantle upwelling, lower melt supply, but crustal thickening due to deeper serpentinization, ~5 km, consistent with the observed thick ultramafic crust in nature. In between alternating DFs, mantle upwelling is faster, melt supply higher, and serpentinization shallower, < 2km. Since magmatic crustal thickness is overall very small, 1.5-2 km, changes in faulting-induced serpentinisation depth, are the main cause for observed variations in crustal thickness, 2-7 km. We conclude that, at melt-poor ridges, tectonics controls both crustal thickness variations and melt supply oscillations.

S4-A.06

Ocean Basin-Scale Feedbacks between Tectonics and Hydrothermal Circulation in Rifting Margins

J. García-Pintado, M. Pérez-Gussinyé, L. Mezri

MARUM, University of Bremen, Bremen, Deutschland

The feedbacks between the tectonics of ocean basins and hydrothermal circulation under the ocean bottom have important implications for both, the dynamics of tectonics and the hydrothermal activity and the associated biogeochemistry in rifting margins. From the point of view of the geodynamics, water circulating in the shallow porous space [up to ~8 km from the sea bottom] affects the effective pressure [and so the stress field] and the temperature field so that, in turn, the brittle-ductile transition and tectonics are eventually affected. Here we show results from a ThermoHydroMechanical coupling at the basin scale, in an ultra-slow rifting margin case study. The temperature field and observed feedbacks between hydrothermal circulation patterns and the tectonics are in a striking contrast to standard geodynamical modelling of rifting margins at the rifting temporal scales, which considers water as a second-order effect on temperature [if any], emulated by a multiplier of the thermal conductivity field [often called a „Nusselt number“], which enhances temperature diffusion in areas deemed affected by hydrothermal circulation. We show that the inclusion of a real advective fluid component leads to a strong variability in the temperature fields, and we discuss features as, for example, the sealing effect under thick sediment wedges at the continental shelves, probably less permeable than fractured basement rocks, or water circulation at active faults.

S4-B.01

First 3-D subsurface electrical conductivity model from volcanic regions of Eifel, Siebengebirge and Vogelsberg

A. Grayver¹, F. Samrock²

¹Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland, ²Institute of Geophysics, ETH Zurich, Zurich, Schweiz

Germany hosts numerous volcanic regions which were active throughout the Cenozoic era, with the most recent eruptions in the Eifel range dated to the Holocene. Although detailed geological and petrological mapping of these areas has been reported, the geophysical models are very sparse, leaving many questions pertaining to the deep structure and potential links between volcanic fields unanswered. To fill this gap, we revisited legacy magnetotelluric (MT) data collected around regions of Eifel, Vogelsberg and Siebengebirge. We processed and inverted data in terms of 3-D conductivity distribution — a property that is particularly sensitive to presence of even small amounts of melt and volatiles in the crust and lithosphere. Despite limitations imposed by old data and sparse layout, we obtain a coherent conductivity structure within the lower crust and upper lithosphere. The model reveals new insights into similarities and differences in deep roots of the prominent German volcanic systems. These promising results lay a foundation for future deep geophysical mapping in Germany that will facilitate assessment of geothermal and hazard potentials of these areas.

S4-B.02

Asymmetry and evolution of craton influenced rifted margins

G. Raghuram¹, M. Pérez-Gussinyé¹, M. Andrés-Martínez², J. García-Pintado¹, M. Neto Araujo³, J. Phipps Morgan⁴

¹University of Bremen, Bremen, Deutschland, ²Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Deutschland, ³CENPES, Research Center, Petrobras, Rio de Janeiro, Brasilien, ⁴SUSTECH, Shenzhen, China, Volksrepublik

Rifting can form asymmetric conjugate margins. In numerical models with laterally homogeneous lithosphere, the polarity of the asymmetry is random, and results from spontaneous localization of strain on a dominant fault/shear zone. However, along the central South Atlantic, margin width is very well correlated to the proximity of the rift to a craton at break-up time. To understand the evolution of rifting close to a craton, we use numerical experiments, which include a thick cratonic lithosphere adjacent to a thinner, mobile belt lithosphere. When rifting starts sufficiently close to the craton, ≤ 100 km, deformation focuses along a fault-shear zone dipping towards the craton, leading to craton-wards asymmetric asthenospheric uplift and rift migration. This results in a narrow margin on the craton side and a wide margin on the mobile-belt one. Craton-related asymmetry results in the wide margin subsiding more than the narrow one, inducing the formation of large syn-rift sag and salt basins in the wide conjugate, as in the South Atlantic. This differential subsidence is preserved for ~ 100 Ma after break-up and may partly explain the present-day higher dynamic topography close to cratons on the central South Atlantic. Mantle flow during asymmetric rifting leads to weakening of the craton lithosphere, its partial delamination, and recycling into the oceanic mantle, as interpreted for this sector of the South Atlantic ridge. Thus, rifting adjacent to a craton has wide ranging stratigraphic, dynamic and compositional consequences that affect not only margin architecture, but also the development of subsequent dynamic topography and spreading system.

S4-B.03

Spatial and temporal distribution of the basaltic magmatic events in the pre-salt of Santos Basin: Petrogenesis and the associated Geodynamic implications.

R. Oliveira-Santos¹, W. Bach², M. Pérez-Gussinyé³, M. Neto Cavalcanti de Araujo⁴, P. Ventin Varela⁵

¹University of Bremen/ Petrobras, Geophysik-Geodynamik, Bremen, Deutschland, ²University of Bremen, Petrologie der Ozeankruste, Bremen, Deutschland, ³University of Bremen, Geophysik-Geodynamik, Bremen, Deutschland, ⁴Petrobras, CENPES Research Center, Rio de Janeiro, Brasilien, ⁵Petrobras, Rio de Janeiro, Brasilien

The Santos basin was formed during the opening of the South Atlantic. The amount of syn-rift magmatism and its relationship to the Parana Igneous Province, as well as the nature of the crust, are not well understood. We analyzed well data located in the central and southern Santos basin, extending from the necking zone to the external high. Integration of geochemistry (Trace/minor/REE/major), isotopic ($^{87}/^{86}\text{Sr}$ and $^{143}/^{144}\text{Nd}$) and radiometric data ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and K/Ar) to a seismic-stratigraphic framework, allowed the identification of four different magmatic units, underneath and/or interbedded with the syn-rift sediments. The composition of the tholeiitic basalts from these units, show a clear linkage with the rift evolution. The early magmatic Units 1 and 2 are syn-tectonic, and display increasing melt fractions, for decreasing proportions of deep melts, from necking domain to the external high. In the external high, we see the inverse trend, in the NE-SW direction, following a progressive margin width decrease. These compositional trends indicate increasing lithospheric thinning from the necking zone to the external high and, decreasing lithospheric thinning northeastwards (and/or colder thermal field). In this domain, a younger activity ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ - 125.5 ± 0.7 Ma and stratigraphy), defines our Unit 3. The radiometric data integrated to the stratigraphic observations, indicates that the magmatic activity is following the oceanward rift migration, from the necking zone ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ~ 130 Ma - Unit 1), to the external high, where Units 1 and 2 are younger (~ 128 - 126 Ma and ~ 126 - 125 Ma, respectively). Unit 4, mostly formed in the 117-114.5 Ma time, was deposited in a sag sequence (post-tectonic) and is restricted to the internal rift. Its activity can be synchronous to the magmatic activity in the southern domain, in the SDRs area, and represents a wide melt zone (~ 200 - 400 km) extending from the internal rift until the external rift. Lower melt fractions and deeper melt, characterizes this unit. Thus, we envisage that units 1 and 2 were formed by decompression melting during rifting of a weak continental lithosphere interacting with the Tristan plume, leading to the formation of a very broad basin. The resulting depleted layer, kept the melting zones deep, in the Unit 3 time, decreasing the degree of partial melting of this later unit. This unit could also represent a new plume flow from the northern Pelotas, using the internal rift as a pathway.

S4-K.01

Geodynamics of Continental Rifting

S. Brune

GFZ Potsdam, Geodynamische Modellierung, Potsdam, Deutschland

Continental rifts are nascent plate boundaries where crust and mantle lithosphere are extended and possibly broken. Currently active rifts comprise for example the Central European Rhine Graben and Eger rift, the East African Rift and the Basin and Range province in Western North America. During break-up of the supercontinent Pangea in Mesozoic times, the global extent of rift systems was three times larger than today, shaping the continental rifted margins of the Atlantic and Indian Ocean.

The geodynamic factors that control the initiation and evolution of rifting act across a wide range of scales, from centimetres in the case of inherited foliations and kilometre-scale crustal faults up to several 100 kilometres width of plate boundary deformation. Recent advances in geodynamic modelling of plate boundary processes allow for joint simulation of fault network evolution and lithospheric thinning and demonstrate a close interaction between tectonics and surface processes. Rifts play a major role for the tectonic force budget of neighbouring plates: strong lithospheric weakening feedbacks lead to a drastic strength loss that can increase plate velocities up to ten times during a few million years – an abrupt acceleration for otherwise more slowly changing plate motions.

Rifts and rifted margins not only shape the surface of our planet, they are also of societal relevance, through hazards caused by earthquakes, volcanism, and CO₂ release, and through their resources, such as ore deposits and geothermal potential. Current research focusses on developing new methods to identify, monitor and model the structures and processes that are responsible for hazards and resources alike.

S4 POSTER

Tectonics and dynamics of rifts and ridges

S4-P.01

Seafloor shoaling at the transform fault – fracture zone transition: Insights from tectono-hydrothermal-magmatic geodynamic models

S. Liu¹, L. H. Rüpke¹, M. Chen², J. P. Morgan³

¹GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Kiel, Deutschland, ²Shanghai Jiao Tong University, School of Oceanography, Shanghai, China, Volksrepublik, ³Southern University of Science and Technology, Shenzhen, China, Volksrepublik

Plate tectonic theory tells us that the transform boundary is conservative, implying that the lithosphere beneath is neither created nor destroyed. Therefore, the seafloor passing the transform fault – fracture zone transition should follow a similar age-dependent subsidence trend in response to plate cooling as ‘normal’ oceanic lithosphere away from ridge – transform intersections. However, a recent compilation of high-resolution multibeam bathymetric data revealed that transform valleys are consistently deeper than their adjacent fracture zones, implying that the latter are not simply passive continuations of active transforms. The results of combining bathymetric observations with 3-D geodynamic mantle flow models found that faulting within the transform deformation zone likely includes an extensional component that thins the young lithosphere within the inside corner region, which may explain the deep transform valley. The bathymetric data further points to a second phase of magmatic accretion when this thinned lithosphere passes the opposite ridge – transform intersection, resulting in seafloor shallowing. Yet, those simplified geodynamic models do not fully explain seafloor observations such as seafloor faulting and morphology as they did not incorporate a free surface and magmatic accretion. Here we present our novel 3-D thermo-hydro-mechanical models to quantify how interactions between oceanic plate spreading, magmatic accretion, and hydrothermal circulation affect seafloor morphology along transform – fracture zone transitions. Preliminary results show that seafloor faulting is more intense in the inside corner region and that the obliquity of the transform fault is likely a function of how the magma flux varies towards the ridge – transform intersection.

AG VORTRÄGE

Achäogeophysik

AG-A.01

Geowissenschaftliche Untersuchungen an den Nasca-Linien, Peru

A. Weller¹, S. Rosas², K. Hartsch³, C. Richter⁴

¹Technische Universität Clausthal, Geophysik, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland, ²Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru, ³IPROconsult GmbH, Dresden, Deutschland, ⁴HTW Dresden, Dresden, Deutschland

Die Linien und Figuren von Nasca und Palpa im Süden Perus wurden 1994 durch die UNESCO zum Weltkulturerbe erklärt. Diese sogenannten Geoglyphen entstanden während der Paracas- und Nasca-Perioden (800 v. Chr. bis 650 n. Chr.), indem die von Wüstenlack überzogene dunkle Gesteinsschicht entfernt wurde. Durch die zum Vorschein kommenden helleren Sedimente werden die Linien und Figuren deutlich sichtbar. Es gibt verschiedene Thesen und Theorien zur Deutung des Ursprungs der Geoglyphen. Archäologen vertreten heute die Ansicht, dass diese für religiöse Fruchtbarkeitsrituale geschaffen wurden. Unabhängig von der Deutung dieser Strukturen ergibt sich die Aufgabe, diese Zeugnisse längst vergangener Kulturen zu schützen und für künftige Generationen zu erhalten. Dieser Aufgabenstellung widmet sich auch ein peruanisch-deutsches Gemeinschaftsprojekt, an dem Geowissenschaftler verschiedener Disziplinen teilnehmen. In mehreren Kampagnen haben Wissenschaftler und Studierende mit verschiedenen Methoden im Gelände gearbeitet und dabei wertvolle Daten zur Charakterisierung der Strukturen und des Untergrundes gewonnen. Die Arbeiten begannen 1995 mit der geodätischen Vermessung der Linien und Figuren. Diese Daten wurden in ein geografisches Informationssystem eingepflegt, das nunmehr auch als Web-Applikation zur Verfügung steht. Auf einigen Teilflächen wurde anhand von Gesteins- und Bodenproben die mineralogische und geochemische Zusammensetzung des Materials bestimmt. Magnetik, Geoelektrik und Gesteinsradar kamen zum Einsatz, um Strukturen unter den Linien zu erkennen. Mit der geoelektrischen Widerstandstomografie konnten markante zeitliche Änderungen im spezifischen elektrischen Widerstand nachgewiesen werden, die offensichtlich mit Niederschlagsereignissen in Verbindung stehen. Die Linien und Figuren sind seit vielen Jahrhunderten den klimatischen Bedingungen der Wüstenregion ausgesetzt. Die Erosion durch Wind und Wasser, aber auch die Verwitterung der Gesteine, z. B. durch Sulfat-Ausblühungen in den Sedimenten, beeinträchtigen den Zustand der Geoglyphen. Ein besseres Verständnis der natürlichen Prozesse kann dazu beitragen, Strategien zu entwickeln, um die Geoglyphen zu schützen. Mit einem langfristigen Monitoring sollten Änderungen an den Linien erkannt und dokumentiert werden. Dazu können regelmäßige Befliegungen mit Drohnen einen wichtigen Beitrag leisten.

AG-A.02

The application of geophysical survey methods to explore ancient mining and processing of iron ore at „Les Tseppes“, Valais, Switzerland

B. Ullrich¹, C. Rücker², R. Turck³

¹Eastern Atlas GmbH & Co. KG, Berlin, Deutschland, ²Technische Universität Berlin, Institut für Geophysik, Berlin, Deutschland, ³Universität Zürich, Institut für Archäologie, Zürich, Schweiz

This paper introduces the application of cutting edge geophysical survey technologies in alpine archaeology on the example of the ancient mining site „Les Tseppes“ in Valais, Suisse. In 2020, the Prehistoric Archaeology Division at the University of Zurich, in collaboration with the municipality of Trento (VS), the Vallis Triensis Association and the Cantonal Archaeology Department of Valais, launched a research project on iron ore mining in Trento, Les Tseppes. By means of remote sensing, intensive archaeological prospection, near surface geophysical surveys as well as small-scale targeted excavations, the first discovered findings on the local smelting and melting of the iron on site are being investigated. The aim is to capture as completely as possible the *chaîne opératoire* that has developed and probably changed under the specific conditions of the site. The paper introduces methodology and application of archaeo-geophysics and presents the results of the magnetometer, Ground Probing Radar (GPR) and Electrical Resistivity Tomography / Induced Polarization (ERT/IP) surveys to explore smelting sites, furnaces and mining galleries at „Les Tseppes“ in detail.

AG-A.03

Großflächige Magnetometerprospektionen im Bereich Erneuerbare Energien

B. Ullrich¹, J. Dorrestein¹, A. Fediuk¹, R. Freibothe¹, R. Kniess¹, H. Krahn², J. Meyer¹, M. Wetzel¹, H. Zöllner¹

¹Eastern Atlas GmbH & Co. KG, Berlin, Deutschland, ²Minerex Geophysics Ltd., Maynooth, Dublin, Irland

In der (archäologischen) Forschung wird die Magnetprospektion schon länger als Standardmethode zur Vorerkundung von Fundstellen genutzt. Mit der Etablierung mobiler, GNSS-gestützter Mehrkanalsysteme wird diese Methode nun auch in einem industriellen Maßstab, z.B. für Prospektionen im Vorfeld von Bauprojekten im Bereich Erneuerbare Energien anwendbar. Im Vortrag werden ausgewählte Ergebnisse von Großprojekten in Deutschland und Irland vorgestellt und die Anforderungen an die Auswertung und Interpretation sehr großen Datenmengen diskutiert.

Während die Randbedingungen in den vorgestellten Linearprojekten - Stromtrassen in Deutschland – bzw. Flächenprojekten - Solar Farms in Irland – zum Teil deutlich variieren, ist die technische Umsetzung der Prospektionen identisch und die Ergebnisse somit vergleichbar. Auf den Stromtrassen SuedLink (Niedersachsen) und SuedOstLink (Bayern) wurden die Achsen der Trassenkorridore hinsichtlich des zu erwartenden Raumwiderstandes bewertet und die zu prospektierenden Messflächen auf der Grundlage archäologischer Fachdaten sowie Fernerkundungsdaten festgelegt. Im Unterschied dazu zielt die Vorerkundung der Aufstellflächen für Solar Farms auf die Prospektion sehr großer zusammenhängender Areale.

Die Messungen erfolgen jeweils mit Mehrkanalsystemen LEA, die standardmäßig mit 10 Förster-Gradiometersonden im Abstand von 0,5 m sowie RTK-GNSS ausgestattet sind und in hochauflösenden Karten für die Vertikaldifferenz der Z-Komponente des Magnetfeldes resultieren. Das System LEA kann sehr flexibel an unterschiedlichste Messbedingungen angepasst werden kann, so dass eine sehr effektive Erkundung von jeweils ca. 100 ha Messfläche auf den Trassen bzw. ca. 700 ha Fläche für die Solar Farms möglich wurde.

Im Vortrag werden anhand von Beispielen die Herausforderungen an das geophysikalische Processing, z.B. von durch Hochspannungsleitungen gestörte Daten sowie die archäologische Bewertung der magnetischen Daten vorgestellt. Für diese kam ein klassischer Interpretationsansatz zur Anwendung, der eine Differenzierung der kartierten Anomalien und Cluster nach ihren Ursachen in natürliche (geologische, geomorphologische), moderne und archäologisch/historisch relevante Magnetanomalien vornimmt.

AG POSTER
Archäogeophysik

AG-P.01

Archäologisch-geophysikalische Prospektion im Bereich des Apollon Amyklaios-Heiligtums bei Sparta (Peloponnes, Griechenland)

V. Schmidt¹, M. Wendel¹, M. Becken¹, S. Nomicos², A.-K. Hönerloh², S. Vlivos³

¹Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland, ²Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Klassische und Christliche Archäologie, Münster, Deutschland, ³Ionian University, Department of Archives, Library Science and Museology, Corfu, Griechenland

Das Apollon Amyklaios-Heiligtum liegt auf dem Agia-Kyriaki-Hügel südlich von Sparta und wird seit über 130 Jahren archäologisch erforscht. Inzwischen konnte die Bebauung im Inneren des Heiligtums vollständig untersucht werden. Das archäologische Forschungsinteresse gilt nun der unmittelbaren Umgebung, in der sekundäre Heiligtumsstrukturen wie Herbergen, Zisternen u.a. erwartet werden. Dazu wurde begonnen, die Flanken des Agia-Kyriaki-Hügels mit geophysikalischen Methoden zu untersuchen. Das gesamte Untersuchungsgebiet umfasst eine Fläche von etwa 2,5 ha.

Im Sommer 2022 wurden sowohl geomagnetische Messungen als auch Georadar- und Multielektroden-Geoelektrik-Messungen durchgeführt, um zu bestimmen, welche Methode für die Untersuchung des Untergrundes am besten geeignet ist. Das überwiegend steile Gelände und der Bewuchs mit Olivenbäumen erschwerten dabei die Messdurchführung. Die Ergebnisse der magnetischen Messungen zeigen Bereiche mit einer Häufung von Anomalien, was auf anthropogenen Einfluss schließen lässt; allerdings sind keine Anomalien zu erkennen, welche eindeutig baulichen Strukturen zuzuordnen sind. Andere Bereiche dagegen sind nahezu frei von Anomalien. Geoelektrische Messungen zeigen einen gut leitfähigen geologischen Untergrund, welcher aus mergeligem Material besteht. Die geoelektrischen Profile zeigen darüber in fast allen Bereichen eine gering leitfähige Deckschicht, deren Mächtigkeit etwa 1 m und stellenweise bis zu 2 m beträgt. Die internen Strukturen dieser Schicht lassen sich gut mit Georadar-Messungen untersuchen. Erste flächenhafte Georadar-Messungen zeigen auch lineare Strukturen, welche als Mauern oder verfüllte Gräben angesprochen werden können. Die Ergebnisse zeigen, dass Georadar-Messungen am besten geeignet sind, das Umfeld des Heiligtums zu erkunden. Magnetische und elektrische Messungen können aber weiterführende Hinweise zur Art des Materials im Untergrund geben.

EM VORTRÄGE

EM / Georadar

EM-A.01

Recent advances in airborne EM induction surveying of sea ice

C. Haas, S. Hendricks, T. Krumpen, M. Neudert, J. Rohde

Alfred Wegener Institute, Sea Ice Geophysics, Bremerhaven, Deutschland

In order to better observe and understand the rapid changes of sea ice in the Arctic and Antarctic, the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) in Bremerhaven, Germany, has carried out helicopterborne, frequency-domain, electromagnetic (EM) induction surveys of sea ice thickness and other sea ice properties for more than two decades. More recently, also AWI's DC3-T fixed-wing aircraft were used for this purpose. Those provide the opportunity for additional, complementary measurements with a laser scanner, camera, and frequency-modulated, continuous-wave (FMCW) snow thickness radar, thus constituting a powerful airborne geophysical sea ice observatory. Here we report on recent achievements and advances of our airborne surveys, retrieval methods, and technological developments. These include long-term, concurrent observations of ice thickness and roughness change in the Arctic and Antarctic; observations of collocated snow and ice thickness and snow freeboard, supporting estimates of ice density and ice type; retrievals of sub-ice platelet ice jointly inverting both inphase and quadrature EM signal components; and validation of satellite data. We have also developed our own EM hard- and software which we plan to use for advanced applications over ice and land, and which can be implemented on drones. With those future applications EM surveying will remain one of the most important tools for the observation of sea ice properties, processes, and change.

EM-A.02

Transient Electromagnetic Exploration for Paleoclimate Research of the Aurus Clay Pan, Namibia

H. Nienhaus¹, P. Yogeshwar¹, W. Mörbe¹, B. Tezkan¹, C. Büttner², S. Buske², B. Lushetile³, M. Melles⁴

¹Institut für Geophysik and Meteorologie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland, ²Institut für Geophysik und Geoinformatik, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland, ³Geological Survey of Namibia, Windhoek, Namibia, ⁴Institut für Geologie und Mineralogie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland

The Namib Desert is one of the oldest deserts on the Earth. Its climate history can be investigated by exploring the sedimentary infill in endorheic basins, as these sediments may hold valuable information about the paleoclimate on timescales beyond the Quaternary (2.6 Ma). Geophysics offers the possibility to image these targets spatially down to large depths, whereas boreholes have only limited penetration depths and provide only point information. We have investigated the potential of the Aurus Clay Pan, which is located in the southern Namib Desert, for longer-term paleoclimate research with an interdisciplinary geophysical and geological approach. The geophysical survey included refraction seismics and loop source transient electromagnetics (TEM).

The TEM soundings were carried out along two perpendicular transects, using the coincident loop setup with a loop size of (50 x 50) m² and an interstation distance of 100 meters. To interpret the TEM data, we applied conventional 1D inversion algorithms. A three layered subsurface with a maximum sedimentary depth of approximately 30 meter overlying a resistive bedrock was imaged. Additionally, conductive anomalies appear in greater depths along both profiles.

The TEM results are confirmed by the seismic tomography models, showing a remarkable agreement. Furthermore, an existing aeromagnetic data set was integrated for regional scale context, which shows a fault zone correlating with the deep conductive anomalies visible in the TEM data. The fault zone indicates that the regional tectonic setting likely drove the formation of the clay pan.

This study highlights the advantage of combining different geophysical methods to achieve complimentary information. Along with the age estimates derived from radiocarbon dating of an initial, 4 meter long sediment core, this allows for an improved understanding of the late Quaternary landscape evolution and climate of the Namib Desert.

EM-A.03

Feasibility study of drone-based semi-airborne electromagnetics for hydrogeophysical characterization

M. Ronczka¹, R. Rochlitz¹, F. Oppermann², T. Günther¹

¹Leibniz Institute for Applied Geophysics, S2, Hannover, Deutschland, ²Leibniz Institute for Applied Geophysics, S3, Hannover, Deutschland

Drone-based geophysical measurements gained high attention recently because of the possibility to cover survey areas on local or regional scales with comprehensive data. Semi-airborne controlled-source electromagnetic (SAEM) measurements enable 3D subsurface investigations and complement for instance, geoelectric profiles or 1D-2D transient electromagnetic (TEM) or airborne EM data. SAEM was developed during the DESMEX project for deep mineral exploration, using grounded electrical dipoles for signal transmission and a drone carrying a receiver for recording the magnetic field vector. In contrast to DESMEX, our main objective is to adapt the measurement technique for hydrogeophysical investigations, which demand near-surface resolution from the surface to approx. 250 m depth.

We performed 1D and 3D synthetic inversion experiments based on a real 2D resistivity distribution derived from geoelectric data on the island of Borkum. The resolution study includes tests for recovering shallow horizontal conductors or resistors as well as targets reaching the surface. Our studies reveal that the key requirement for shallow SAEM measurements is analysing magnetic transfer functions at frequencies greater than 1 kHz.

Furthermore, it is of great advantage for the target recovery to increase the data density by covering survey areas with multiple overlapping transmitter-receiver combinations.

From a practical point of view, it is important to ensure the accurate recording of both, current and receiver signals. We used the ADU07 and ADU08 data loggers, which provide sufficient sampling rates of 64 kHz or higher and tested three different sensors for current recordings. The processing of the recorded signals shows clear differences at frequencies above 1 kHz in the spectra of the current recordings. We are confident that the current recordings based on our newly developed zero-fluxgate detector are suited for deriving accurate transfer functions up to 24 kHz.

EM-A.04

A new 3D inversion toolbox for MT and AFMAG data using custEM and pyGIMLI

M. Schiffler¹, R. Rochlitz², T. Günther², R. Stolz¹

¹Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Quantensysteme, Jena, Deutschland, ²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

We present a new inversion toolbox for obtaining the electrical conductivity distribution in the subsurface from MT and AFMAG data. We extended the open-source finite-element electromagnetic modelling toolbox custEM for calculating the required response functions and sensitivities. We can handle both, magnetotelluric impedance tensor elements and tipper vectors, also referred to as vertical magnetic transfer function. For the inversion, the Jacobians of these quantities are calculated and connected with the iterative solution of the inverse problem using the Gauss-Newton minimization algorithm provided by the pyGIMLI toolbox.

The forward modelling involves a direct solver and the use of a total-field approach with first- or second-order finite element basis functions on unstructured meshes. The source for the magnetotelluric excitations is implemented as two perpendicular polarizations represented by Dirichlet boundary conditions on the top of the modelling domain. This allows us to incorporate the topography of the survey area accurately and to handle mixed setups with airborne and ground-based magnetic field receiver stations and electrodes. We present synthetic field studies with error analysis.

EM-A.05

Multidimensional Interpretation of Controlled-Source Radio-Magnetotelluric (CSRMT) of a waste-site in Cologne, Germany

S. Fadavi Asghari¹, A. Shlykov², M. Smirnova³, A. Saraev², P. Yogeshwar¹, B. Tezkan¹

¹Institute of Geophysics and Meteorology, Cologne, Deutschland, ²Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russische Föderation, ³Boliden company, Stockholm, Schweden

Radio-Magnetotelluric (RMT) method is based on measurements of the electromagnetic (EM) field using military and civilian radio transmitters broadcasting in a frequency range between 10 to 1000 kHz as the source. In order to reach to higher signal to noise ratio and a deeper penetration depth, CSRMT measurements are performed using a controlled-source in a wider frequency range of 1 to 1000 kHz.

The survey accomplished in a waste-site in Cologne, Germany, where the empty part of sand and gravel pit from 1940s to the 1950s, was filled with different kinds of wastes including household refuse, construction and industrial waste, cinder, tires, wood, plastic, military fences, etc. The aim is to detect the boundary and the basement of it as far as any signature of contamination leakage to the deeper subsurface.

Two perpendicular transmitters with 265 and 580 meters long, were setup to obtain the full impedance tensor and the tipper elements. In order to validate the far-field condition, RMT measurements also was carried out when the transmitters were off. The far-field data have been acquired in a total of 177 stations from thirteen profiles. The separation between the stations and the profiles was 10 and 30 meter respectively.

RMT and CSRMT data acquired in this field experiment, are processed and the corresponding apparent resistivity, phase and tipper are calculated. 2D and 3D inversion results of the computed transfer functions will be discussed and indicated in an oral presentation.

The interpretation results, are in a high agreement with the DCR results that are obtained from the same region indicating the reliability of the data acquisition, processing and inversion.

EM-A.06

Three-Dimensional Inversion of Magnetotelluric Data from the Tarawera Dome Complex, New Zealand

P. Semper¹, T. Bertrand², G. Caldwell², W. Heise², M. Scheunert¹, K. Spitzer¹

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Deutschland, ²GNS Science, Lower Hutt, Neuseeland

We have merged our long-term numerical software developments at TU Bergakademie Freiberg and TU Chemnitz into a finite element toolbox that now provides blueprints for the implementation of forward operators and inversion routines for arbitrary geophysical EM problems.

Here we present an application of this toolbox to the magnetotelluric method by inverting both synthetic and real MT field data sets to study the behaviour of the implemented numerical solutions and prove the applicability to large field data sets. The MT data were acquired by GNS Science at 68 sites over an area of 25 x 30 km² at the Tarawera Dome Complex, New Zealand, from 2006 to 2017. For the 3D inversion, we have used 16 periods between 0.013 s and 341.297 s and placed particular emphasis on an appropriate representation of the rugged topography. In a first attempt, we adapted the level of detailedness of the topography using an inverse distance weighting scheme, which for the time being sufficiently resolves the features of the topography that are important for this particular survey setup. We explicitly show that parts of the data are strongly affected by the topography at sites that are less than 2 km away from steep slopes and that these topographic features have to be resolved with sufficient accuracy.

For the synthetic case, we have used the targeted field dataset as a guide. Two simplified models of the Tarawera Dome Complex have thus been created to generate synthetic data sets. The models are based on the knowledge of the regional geology and an analysis of the raw data. Both consist of four main layers, but differ in the number of conductive plume-like structures. In addition, the lakes in the study area and the Pacific Ocean have been included using rough geometric approximations of their true shape.

For the inversion of the synthetic data, we have restricted ourselves to the impedances which leads to the resolution of the stratigraphy in terms of layer thicknesses and resistivities.

The 3D inversion of the impedances of the real data set yields very similar results to the ones obtained in previous studies. Two conductive plume-like structures, which seem to rise from a larger conductive zone at depth, are well resolved. These have been previously interpreted to be either high temperature fluids or partial melt rising from a partial melt body at depth.

Both studies give us positive feedback regarding the practical inversion of extensive MT field datasets with our toolbox.

EM-B.01

Realistische Simulationen der Kampfmitteldetektion mittels Georadar

J. Igel¹, T. Hiller^{1,2}, S. Stadler¹, S. Schennen¹

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Berlin, Deutschland

Das Georadar ist eine verbreitete Methode zur Detektion von Landminen und improvisierten Sprengsätzen (IEDs). Die Sensorperformance hängt neben der Charakteristik des Zielobjektes maßgeblich von den Untergrundeigenschaften ab. Die hieraus resultierende Boden-spezifische Variabilität der Georadar Signaturen erfordert für eine genaue und zuverlässige Identifikation verschiedener Zielobjekte umfangreiche Erfahrung. Der Aufbau von Testflächen für systematische Untersuchungen verschiedenster Szenarien ist sehr aufwändig weshalb die experimentellen Daten durch Simulationen ergänzt bzw. ersetzt werden. Bei den Finite-Differenzen Time-Domain (FDTD) Simulationen der elektromagnetischen Wellenausbreitung ist es wichtig, Ankopplungseffekte zwischen Antenne und Boden, die Geometrie und den inneren Aufbau der Zielobjekte, als auch die Signalveränderungen, die durch Dispersions- und Streuungseffekten hervorgerufen werden, akkurat umzusetzen. Wir implementieren für verschiedene Szenarien ein detailliertes Modell einer geschirmten Georadarantenne, verschiedene metallische und nicht-metallische Zielobjekte, frequenzabhängige Bodeneigenschaften als auch die Untergrundheterogenität, z.B. basierend auf der Korngrößenverteilung eines Schotters. Unsere Simulationen stimmen sehr gut mit Messdaten überein, die auf kontrollierten Testflächen mit vergrabenen Zielobjekten erhoben wurden. Wir präsentieren einen Simulationsansatz zur Generierung realistischer, synthetischer Daten, mit denen sich systematisch der Einfluss von Boden, Zielobjekt und Sensor auf die Detektionsrate analysieren lässt ohne zeit- und kostenintensive Messungen durchführen zu müssen. Solche Studien haben das Potenzial, die Landminen- und IED-Detektion sicherer und effektiver zu gestalten, indem realistische synthetischen Daten z.B. für das Training von Personal oder maschinelle Mustererkennung genutzt werden.

EM-B.02

Considerations for the application of the full-waveform inversion to high-frequency GPR data: A numerical study

D. Hoven, H. Vereecken, A. Klotsche

Forschungszentrum Jülich, Agrosphäre IBG-3, Jülich, Deutschland

The location and extent of small-scale structures related to preferential flow paths, impermeable zones and root distribution in soil-root systems are important aspects in soil ecosystems. To improve the understanding of the role of such small-scale zones, it is essential to enhance their characterization and hence the resolution of imaging methods. Ground-penetrating radar (GPR) full-waveform inversion (FWI) has shown great potential as such an imaging tool in the last decade. Most of the studies applying the GPR FWI have considered crosshole GPR data with frequencies between 100-250 MHz, resulting in subsurface images within a resolution in the decimeter scale. Here, we investigate the potential and requirements to use FWI for higher frequency signals, since theoretically, higher frequencies should increase the spatial resolution towards the centimeter scale. When applying GPR FWI to experimental data, two important pre-processing steps are required: the definition of an adequate starting model full-filling the half-wavelength criterion and the estimation of the effective source wavelet. Here, we focus on both steps and we investigate the effects of related errors. We could show that standard starting model approaches for the time-domain GPR FWI only provide good parameter reconstruction for lower frequency data, while a frequency-hopping approach is required for 700 MHz GPR data, to create a starting model fulfilling the half-wavelength criterion. Additionally, the reconstruction of the conductivity distributions is more sensitive to the presence of noise (25 dB) than the permittivity reconstructed spatial distribution. Considering the multi-parameter nature of FWI, we observe that time-shifts in the source wavelet have a greater influence on the performance of the FWI than amplitude-variations. Using a stochastically perturbed synthetic model, we determine an improved parameter reconstruction for higher frequencies. On the basis of our findings, we develop a workflow to obtain reliable results for high-frequency GPR FWI for future users.

EM-B.03

High resolution salt tracer monitoring using time-lapse GPR Full-waveform inversion

P. Haruzi^{1,2}, J. Schmäck¹, J. van der Kruk¹, H. Vereecken¹, J. Vanderborght¹, A. Klotzsche¹

¹Forschungszentrum Jülich, Agrosphäre IBG-3, Jülich, Deutschland, ²The Volcani Center, ³Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, Rishon LeZion, Israel

To manage groundwater resources, a detailed knowledge of the flow and transport processes is necessary. Thereby, the imaging of small-scale subsurface features is important since these can have a significant effect on preferential flow paths or act as impermeable boundaries. More than 50 different aquifer datasets from various test sites were investigated using crosshole ground penetrating radar (GPR) full-waveform inversion (FWI) and demonstrated that the obtained decimeter-scale permittivity and electrical conductivity images could be correlated with hydrological properties. So far, no time-lapse GPR FWI were used to obtain in-depth knowledge of tracer distribution within an aquifer. To enhance the understanding of flow and transport processes, we performed for the first time time-lapse GPR measurements using a salt tracer and monitored the fate of the tracer plume in an area of 11 by 10 m over 14 days at the Krauthausen aquifer. We injected a salt tracer which increases the electrical conductivity and hence the attenuation of the electromagnetic waves. Thereby, we investigate the potential and challenges for time-lapse GPR data and discuss several processing steps to derive reliable FWI results for each data set measured during the experiment. During the preparation of the time-lapse datasets, it is important to provide a good starting model strategy and to perform an accurate estimation of the effective source wavelets. In contrast to ray-based approaches, the FWI can account for the varying borehole salt concentrations during the experiments, allowing FWI tomograms of the time-lapse data being independent from borehole filling effects. We validated the reconstruction of the plume by temporal and spatial continuity across neighboring planes, by correlating with borehole logging data, and with expectations based on past tracer tests in the aquifer.

EM POSTER

EM / Georadar

EM-P.01

3D GPR zur Erkundung von Torfvorkommen: Strategien zur Datenaufzeichnung, -bearbeitung und -interpretation

P. Koyan, J. Tronicke, T. Klose, J. Guillemoteau

Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Potsdam, Deutschland

Bei bodenkundlichen und geologischen Untersuchungen werden ground-penetrating radar (GPR)-Reflexionsdaten routinemäßig zur Erkundung des oberflächennahen Untergrundes verwendet. Da Torfgebiete einen wichtigen Teil des globalen Klimasystems darstellen, besteht ein zunehmendes Interesse daran, Torfablagerungen detaillierter zu untersuchen und zu charakterisieren. Bis heute konzentriert sich die Anwendung von GPR in Mooren auf die Erfassung von 2D-Daten entlang ausgewählter Profile, häufig mit dem Ziel, Modelle der Torfdicke und -stratigraphie abzuleiten. Wir stellen eine 3D-GPR-Fallstudie aus einem Moorgebiet im Nordosten Deutschlands vor, in welcher wir unter Verwendung moderner Aufzeichnungs-, Bearbeitungs- und Interpretationsstrategien ein detailliertes 3D-Modell des untersuchten Torfkörpers entwickeln. Unsere Ergebnisse zeigen erhebliche Schwankungen in der Torfmächtigkeit einschließlich einer markanten, kreisförmigen Vertiefungsstruktur. Wir kommen zu dem Schluss, dass solche Strukturen mittels 2D-GPR-Aufzeichnungsstrategien nicht zuverlässig hätten abgebildet werden können. Indes unterstreichen unsere Ergebnisse den Nutzen von 3D-GPR-Strategien, um ein tieferes Verständnis von Torfablagerungen und ihrer Eigenschaften zu etablieren.

EM-P.02

Numerical simulation and analysis of directional borehole radar for fracture detection

J. Ni^{1,2}, X. Han^{1,2}, S. Liu¹, C. Yin¹, A. Hördt²

¹Jilin University, College of Geo-exploration Science and Technology, Changchun, China, Volksrepublik, ²TU Braunschweig, Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland

Research on the spatial distribution of fractures plays an important role in many geophysical fields. Borehole radar is one of the most effective tools in the detection of underground fractures. The borehole radar is a special form of ground penetrating radar. Since the antennas are placed in a borehole, they are closer to the target and less influenced by the near-surface weathering layer than surface measurements. The conventional borehole radar usually uses omnidirectional antennas that can estimate the depth and radial range of geological targets but cannot determine their azimuth. Three-dimensional (3D) target positions must be estimated from radar images acquired at multiple boreholes or by using 3D cross-hole tomography. These methods come with high drilling costs and time expenditures. To solve this problem, the directional borehole radar was developed. There are many ways to achieve directional detections. Here, we apply a method based on an array of four receiving antennas, arranged in a uniform circular geometry. Limited to the borehole diameter, the array aperture is designed to be 0.06m. We utilize the time difference of received radar waves from different antennas to estimate the azimuth of the target.

To study the effectiveness of directional borehole radar in detecting fractures, we carried out numerical simulations. First, we construct a fracture model close to the actual fracture morphology, characterized by rough, irregular, and pinch-out edges. Next, to simulate the fracture, borehole, and antenna structures, we use the conformal sub-grid time-domain finite-difference method for forward simulations. Then, we carry out the orientation recognition to the simulated data using the multiple signal classification (MUSIC) algorithm. Finally, 3D imaging is performed using the migration results combined with the azimuth information. The imaging results show the positions of many scattering points on the fracture surface, which can be matched with the fracture model. Numerical simulation studies confirm the effectiveness of directional borehole radar in detecting fractures.

EM-P.03

Structurally-constrained FD-EMI data inversion with GPR reflection data using a Minimum Gradient Support regularizer

T. Klose¹, J. Guillemoteau¹, G. Vignoli^{2,3}, P. Koyan¹, J. Walter⁴, A. Herrmann⁵, J. Tronicke¹

¹University of Potsdam, Institute of Geosciences, Potsdam, Deutschland, ²University of Cagliari, Department of Civil, Environmental Engineering and Architecture, Cagliari, Italien, ³Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Department of Groundwater and Quaternary Geology Mapping, Aarhus, Dänemark, ⁴State Office for Mining, Geology and Natural Resources Brandenburg, Cottbus, Deutschland, ⁵Humboldt-Universität zu Berlin, Thaer-Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Berlin, Deutschland

One way to decrease the ambiguity of a geophysical inverse problem is to incorporate structural constraints in the subsurface model. Such structural prior information can be derived from collocated geophysical data, that are more sensitive to subsurface structures and parameter contrasts than the to-be-inverted data. A common approach to incorporate such structural a priori information in a grid-based inversion is to reduce the weight of the standard smoothness constraints in model regions where we expect an interface. However, in practice, the structural a priori information is often not complete, but the possibility to recover sharp interfaces is still desired in model areas where no structural a priori information is available.

In this study, we present and evaluate a structurally-constrained inversion approach based on the Minimum Gradient Support (MGS) regularization approach, that allows to reconstruct sharp model parameter variations also in areas where no structural a priori information is explicitly specified. We test and evaluate this regularization approach for the inversion of frequency-domain electromagnetic induction (FD-EMI) data, where we use a constant-offset 3D GPR data set to derive structural a priori information. Our field data set covers an area of about 120 m x 50 m and has been collected at a field site in Kremmen, Germany, to explore peat deposits. Our results demonstrate that the proposed structurally-constrained inversion approach helps in finding reliable subsurface structures (e.g., peat thickness) as well as a reliable reconstruction of the subsurface electrical conductivity distribution within the peat formation (e.g., related to varying degrees of peat decomposition) and within the sandy substratum.

EM-P.04

Entwicklung von Methoden zur Kampfmittelortung mit ungerichteten Bohrlochgeoradar

A. Bredeck, V. Schmidt

Institut für Geophysik, WWU Münster, Münster, Deutschland

Die präzise und zuverlässige Lokation von Blindgängern insbesondere auf Baugrund ist auch knapp 80 Jahre nach Beendigung des zweiten Weltkriegs weiterhin unabdingbar für die sichere Durchführung von Bauvorhaben. Eines der verwendeten Verfahren zur Detektion tiefliegender Kampfmittel ist Bohrlochgeoradar, wobei die Messungen in zahlreichen, regelmäßig angeordneten Bohrlöchern durchgeführt werden. Anschließend wird die Reflexion des Körpers in mehreren Bohrlochradargrammen gepickt. Aus dieser Laufzeit kann die Entfernung des Blindgängers von den jeweiligen Bohrlöchern berechnet und seine Lage durch Triangulation bestimmt werden. Diese bisher verwendete Methode erfordert die manuelle Auswertung eines jeden Radargramms und ist damit sehr arbeits- und zeitaufwendig. Wir haben zwei Methoden entwickelt, welche diesen Aufwand reduzieren sollen.

Die erste Methode projiziert die Einhüllenden der migrierten Radargramme in den Raum um die jeweiligen Bohrlöcher. Die Reflexionen werden dadurch an jeden möglichen Reflexionspunkt abgebildet. In jeder Zelle eines Modellraums werden die projizierten Werte aus allen Bohrlöchern summiert. Diese Summe nimmt an den tatsächlichen Reflexionspunkten besonders große Werte an. Idealerweise kennzeichnen diese die Ränder des Kampfmittels. Wir zeigen, wie die Daten modifiziert werden können, damit sich die Energie im Kampfmittel selbst anstatt seiner Ränder summiert.

Bei der zweiten Methode wird der in den Raum um das Bohrloch projizierten Energie auch die Information über die Projektionsrichtung hinzugefügt. Die Summierung der Werte in jeder Zelle ist nun eine Vektorsumme. In Zellen, bei denen die projizierte Energie aus allen Raumrichtungen eintrifft, sollte die Vektorsumme geringer sein als bei Zellen, bei denen die Energie nur aus einer Richtung eintrifft. Dadurch sollten Reflexionen kompakter Objekte von anderen Reflexionen und Noise unterscheidbar sein.

Zur Überprüfung der Methoden wenden wir diese auf synthetische und reale Daten an. Die realen Daten wurden auf einem Testfeld mit einem vergrabenen Blindgänger gemessen. Mit allen drei Methoden können mit den synthetischen und realen Daten die Kampfmittel lokalisiert werden. Der herkömmliche Ansatz ist dabei aber stark von der Erfahrung des Bearbeiters abhängig. Die Energieprojektion und die vektorbasierte Methode stellen Werkzeuge für eine objektivere Interpretation der Daten bereit. Sie erfordern aber eine gründlichere Datenbearbeitung und erhöhten Rechenaufwand.

EM-P.05

Ein neues Spulenlayout mit intrinsischer Rauschunterdrückung für Oberflächen-NMR

T. Hiller^{1,2}, S. Costabel¹, R. Dlugosch^{2,3}, T. Splith², M. Müller-Petke²

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Berlin, Deutschland, ²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland, ³Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland

Oberflächen-NMR (SNMR) ist ein etabliertes Verfahren der angewandten Geophysik zur zerstörungsfreien hydrogeologischen Charakterisierung des Untergrundes bis in ca. 150m Tiefe. In jüngerer Zeit haben auch kleinräumige Oberflächen-NMR-Messungen mit einer Grundfläche von wenigen Quadratmetern an Interesse in der Bodengeophysik gewonnen. Aufgrund der Beziehung zwischen Spulengröße und angeregtem Volumen, ist es bei kleinräumigen Messungen notwendig, der eigentlichen NMR-Anregung ein starkes statisches Präpolarisationsfeld (PP) vorzuschalten, welches die Magnetisierung im Untergrund und damit die Signalstärke signifikant erhöht. In einer vorausgegangenen Arbeit konnten wir zeigen, dass, im Gegensatz zur Verwendung eines klassischen Anregepulses, auch das schnelle Abschalten des PP-Feldes als effektiver Anregemechanismus genutzt werden kann. Dieser Ansatz erlaubt es im Gerätedesign auf die komplexe Anregungselektronik zu verzichten und ermöglicht es Signale mit kurzen Abklingzeiten aufgrund der Reduzierung der effektiven Totzeit besser zu detektieren. Daher kann dieser Ansatz direkt genutzt werden um Informationen über die Bodenfeuchte und Porengeometrie aus dem oberen Bereich der ungesättigten Zone zu gewinnen.

Zusätzlich zu den oben beschriebenen vorteilhaften Eigenschaften zur Bodenfeuchtebestimmung, sollen die kompakten SNMR-PP Setups zukünftig auch für den mobilen Einsatz genutzt werden. Hierfür müssen jedoch Strategien entwickelt werden, die nicht nur einen zügigen Messfortschritt, sondern auch eine mobile Rauschunterdrückung ermöglichen. Bisher werden entweder stationäre Referenzstationen genutzt oder Spulenlayouts verwendet deren Rauschunterdrückung richtungssensitiv ist. Wir haben ein neues konzentrisches Figure-Of-Eight (cFOE) Spulenlayout entwickelt, welches die Richtungsunabhängigkeit einer kreisförmigen Spule mit den Rauschunterdrückungseigenschaften einer klassischen FOE-Spule kombiniert. Dieser Ansatz verkürzt die Messzeit erheblich, da geeignete Signal-Rausch-Verhältnisse im Vergleich zu einer klassischen Kreisspule viel schneller erreicht werden. Damit nähern wir uns weiter in Richtung schneller und nicht-invasiver Bodenfeuchtekartierungen.

EM-P.06

In Situ Time Calibration Concepts for Stationary Multichannel GPR Monitoring Systems

L. Steinbeck¹, A. Mester¹, E. Zimmermann¹, A. Klotzsche², S. van Waasen^{1,3}

¹Forschungszentrum Jülich, Electronic Systems (ZEA-2), Jülich, Deutschland, ²Forschungszentrum Jülich, Agrosphere (IBG-3), Jülich, Deutschland, ³Universität Duisburg-Essen, Nachrichtentechnische Systeme, Duisburg, Deutschland

Accurate time calibration, termed as time-zero correction, is an essential pre-processing step for the application of high resolution GPR data analysis. In many GPR applications, the system is time calibrated using the airwave between the transmitting and receiving antenna. In more specific measurement configurations, e.g., borehole measurements, the systems are repeatedly calibrated during surveys by positioning the transmitter and receiver in air. Recently, a stationary multichannel GPR monitoring system was introduced that requires novel approaches for its time calibration. The system uses thousands of antennas positioned around a soil-filled lysimeter, where each antenna is capable of transmitting and receiving. Several antennas are combined with further hardware to form data acquisition modules, which in turn are connected to a central control unit. For the time-zero correction, both the connection from the central control unit to the modules and the analog signal propagation times on a module up to the antenna must be taken into account. To correct for temporal variations of time-zero over time, calibration approaches that require a known propagation medium between antennas, e.g., air, cannot be applied. Removing the system from the lysimeter for the purpose of calibration would be too time consuming, and removing the soil from the lysimeter would interfere with the non-invasive nature of the measurement procedure. Therefore, we propose a novel calibration of the system in two steps. In the first step, time differences between the control unit and individual modules are corrected via reciprocal measurements. By exploiting the coupling of adjacent antennas and implementing the minimization of a least-square problem, the error variance of time-zero is minimized. In the second step, signal reflections within the system are used to obtain additional signal propagation information of the transmit and receive paths up to the antennas. This two-step procedure allows an accurate calibration of any pair of antennas independent of the unknown medium between the antennas. Numerical models and experimental results with prototype hardware of essential parts of our future measurement system indicate an achievable calibration accuracy of up to 25 ps. Thus, the system can be calibrated in situ at any time and without additional effort for setting up distinct calibration measurements.

EM-P.07

Multi-frequency FD-EMI sounding in shallow marine environment: feasibility study and first experiment in Olous, Greece

J. Guillemoteau¹, F.-X. Simon^{2,3}, N. Papadopoulos⁴, D. Oikonomou⁴

¹University of Potsdam, Institute of Geosciences, Potsdam, Deutschland, ²Inrap, Paris, Frankreich, ³UMR 6249 Chrono-Environment, Besançon, Frankreich, ⁴Laboratory of Geophysical Satellite Remote Sensing and Archaeoenvironment, Institute for Mediterranean Studies, Foundation for Research and Technology, Rethymnon, Griechenland

Marine environments are characterized by a rather high electrical conductivity. This particular setting allows electromagnetic induction to operate at high induction number, even for relatively low frequency and/or small source-receiver distances. By definition, the high induction number is a regime for which the frequency of the transmitter and the subsurface conductivity have a critical impact on the depth of investigation. Thus, small rigid-boom loop-loop frequency domain electromagnetic induction (FD-EMI) instruments can thereby perform a vertical sounding using a multi-frequency transmitter coil and a single, although small, coil distance.

We study the feasibility of imaging the sub seafloor medium with a rigid-boom multi-frequency loop-loop FD-EMI instrument floating on very shallow aquatic environment with bathymetry less than 2 m. By first performing a synthetic study, we quantitatively evaluate how the 1D laterally constrained inversion of such FD-EMI soundings can reconstruct vertical variations of electrical conductivity with known bathymetry ranging from 0.1 m to 2 m. We then apply this methodology to interpret a multi-frequency FD-EMI field data set, which was acquired for archeological prospection from the submerged site of Olous, Greece. For this case, the pseudo-3D model of sub seafloor conductivity obtained using the LCI of FD-EMI data is comparable with the 3D conductivity model resulting from the 3D inversion of collocated marine direct current (DC) data. The synthetic modeling and field results demonstrate the potential of this approach in mapping the submerged cultural material in ultra shallow aquatic environments.

EM-P.08

AEM forward modeling with adaptive octree mesh

X. Han^{1,2}, C. Yin¹, J. Ni^{1,2}, A. Hördt²

¹Jilin University, College of Geo-Exploration Science and Technology, Changchun, China, Volksrepublik, ²TU Braunschweig, Institute for Geophysics and Extraterrestrial Physics, Braunschweig, Deutschland

The finite-element (FE) method for airborne electromagnetic (AEM) modeling has high accuracy. It can flexibly model an undulating surface and complex underground structures. However, challenges exist due to its large computational cost, low efficiency, and high memory requirements. In order to reduce the computational effort while maintaining the accuracy, it is necessary to create a reasonable mesh. In view of this, we develop an FE method for AEM modeling based on the goal-oriented adaptive octree mesh. In an octree mesh, specific volumes are subdivided into eight subvolumes. However, we cannot subdivide the mesh everywhere for the reason of high computational cost. To effectively refine the octree mesh, we develop a goal-oriented adaptive scheme for the FE algorithm by locally refining the meshes according to the weighted posterior errors.

Taking the horizontal coplanar coil system in frequency domain as example, we test the mesh refinement and model efficiency on different models. The accuracy check against the semi-analytical solution for a homogeneous half-space shows that our adaptive FE method has high accuracy. To test the effectiveness of our method for the multi-frequency and multi-source AEM problem, we simulate responses for a specific system, where the distance between transmitter and receiver is 10 m, and the frequencies are 1600 Hz and 25000 Hz. We test the meshes created for each frequency individually, and a mesh that combines frequencies together. We find that the single-frequency mesh can only model the single frequency at high accuracy, while the combined-frequency mesh can model multiple frequencies at high accuracy, rendering the creation of a mesh for each frequency unnecessary.

Moreover, we compare our adaptive FE results with those from the spectral element (SE) method and find that the SE method has higher computational accuracy, but at much higher computational cost and memory consumption than our method. Finally, we create a model with topographic undulations and an abnormal body. The simulation results show that our algorithm has the feasibility to model the complex underground structures including the terrain.

We conclude that the FE method based on the goal-oriented adaptive octree mesh is very suitable for AEM forward modeling of multiple frequencies and sources. This will help AEM data interpretation in the future.

EM-P.09

Radar data acquisition and model integration for deciphering ice-ocean interactions and ice-shelf stability

R. Drews¹, O. Eisen², M. Ershadi¹, C. Henry^{1,3}, I. Koch¹, C. Martin⁴, G. Moss^{5,6}, L. S. Muhle¹, F. Oraschewski¹, V. Richter¹, V. Višnjević¹

¹University Tübingen, Department of Geosciences, Tübingen, Deutschland, ²Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Geosciences, Bremerhaven, Deutschland, ³Max Planck Institute for Meteorology, The Ocean in the Earth System, Hamburg, Deutschland, ⁴British Antarctic Survey, Natural Environment Research Council, Cambridge, Vereinigtes Königreich, ⁵University Tübingen, Excellence Cluster Machine Learning, Tübingen, Deutschland, ⁶University of Tübingen, Department of Geosciences, Tübingen, Deutschland

The floating ice shelves surrounding the Antarctic ice sheet govern the dynamics of tributary glaciers through buttressing, and provide the contact area of ocean-induced melting responsible for more than half of the total ice mass loss. This poster provides an overview of radar and modelling approaches towards understanding the relevant processes of the ice sheet-shelf system. This includes (1) profiling of the radar stratigraphy, which in combination with ice-dynamic forward models can be inverted for the surface and basal accumulation history using machine learning (in this case simulation based inference), (2) polarimetric radar, which in combination with a radar forward model can be inverted for relevant parameters in ice rheology, (3) vertical radar interferometry detecting internal strain rates and relative thickness changes within mm for inferring basal melt rates, (4) horizontal radar interferometry sensitive to cm displacements relevant for tidal modulation of ice streams, (5) phase-coherent radar profiling using autonomous rovers for synthetic aperture radar processing resulting in increased sensitivity for deep internal stratigraphy and basal targets such as crevassing and terracing. Many of those techniques also have applications in terrestrial settings (e.g., hydrogeology, geomorphology), and preliminary work in terms of detecting soil moisture variability and the ground-water table is ongoing. We seek collaboration with other groups to develop this further.

EM-P.10

Coupling of metal-bearing infrastructure in semi-airborne EM investigations

H. Treppke¹, R. Rochlitz², A. Thiede¹, M. Schiffler³, M. Becken¹

¹Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland, ²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland, ³Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Jena, Deutschland

Within the DESMEX (Deep Electromagnetic Sounding for Mineral Exploration) projects, the semi-airborne electromagnetic (EM) method was implemented to efficiently investigate deep exploration targets. It involves airborne receivers towed by helicopters or drones to measure electromagnetic induction fields generated by grounded electric dipole transmitters. Various case studies demonstrate that the semi-airborne EM method is a promising geophysical exploration technique to investigate deep mineral deposits. Recent developments in numerical simulation, such as the open-source Python code *custEM*, make it feasible to use realistic transmitter and receiver geometries and to include topography, providing a powerful modeling tool.

However, interesting targets for mineral exploration often spatially correlated with anthropogenic infrastructure, especially when existing mining areas are re-assessed with the aim of extending exploration depth. This infrastructure comprises numerous types of metal-bearing objects, such as pipeline casings or railway tracks, cables and lining shafts, which are good conductors and could couple to the EM field inductively and galvanically. This electromagnetic interaction with the infrastructure can cause characteristic but distorting features in the data and must be either masked or explicitly considered to avoid systematic artifacts in the inversion process. Here, we test the direct implementation of infrastructure elements into the 3D model as boundary conditions, implying infinite conductivity. First modeling results indicate that this approach can generate infrastructure effects that share characteristics with field observations. Ultimately, we aim at determining the current flow in the infrastructure by inversion and including it in the inversion procedure that determines the conductivity distribution.

EM-P.11

DESMEX Helicopter Case Study: Revealing the true Nature of the Gosetal Anomaly

A. Thiede¹, R. Rochlitz², W. Mörbe³, P. Yogeshwar³, A. Steuer⁴, M. Becken¹, A. Thiede¹

¹Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland, ²Leibniz Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik und Elektromagnetik, Hannover, Deutschland, ³Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln, Deutschland, ⁴Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geophysikalische Erkundung - Technische Mineralogie, Hannover, Deutschland

The nowadays depleted world-class SEDEX Rammelsberg deposit and its adjacent areas are a prime location to test and demonstrate new geophysical exploration methods. Here, we present results of a semi-airborne electromagnetic (EM) survey centered at the Gosetal and the Rammelsberg, which was conducted in September 2020 as part of the DESMEX II project. Previous airborne EM exploration surveys, carried out about a decade ago in that area, revealed a high-conductivity anomaly in the Gosetal, but subsequent drillings could not verify its existence. Therefore, the results of the airborne EM survey remained enigmatic. Semi-airborne EM has the potential to image deeper than pure airborne EM and may detect conductivity anomalies from the near surface to about 1000 m. Furthermore, recent developments in numerical simulation codes make it feasible to invert semi-airborne EM fully in 3D, avoiding the shortcomings of 1D approximations widely used in airborne EM data analysis. We installed four electrical dipole transmitters of 2-3 km length and injected an alternating current with a fundamental frequency of 9.26 and 4.63 Hz and covered an area of about 45 sqkm with the helicopter induction coil DESMEX system. EM Transfer functions were used for inversion in the frequency range up to 1 kHz. We performed 3D inversions using custEM which allows for precise transmitter and receiver geometry as well as topography implementation. Inversion results indicate a confined shallow conductor along the Gosetal as well as a deep-seated anomaly. We discuss the influences of the challenging survey geometry on semi-airborne EM inversion and present the origin of the Gosetal anomaly.

EM-P.12

Automatische Hyperbelbestimmung mit RetinaNet: Anwendung auf neue Datensätze und Skalierbarkeit

T. Wunderlich^{1,2}, A. Fediuk¹, B. S. Majchczack^{1,3}, C. Mohr^{1,3}, N. Pickartz⁴, D. Wilken^{1,2}

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²SFB 1266 Scales of Transformation, Kiel, Deutschland, ³Cluster of Excellence ROOTS, Kiel, Deutschland, ⁴Landesamt für Denkmalpflege, Regierungspräsidium Stuttgart, Ludwigsburg, Deutschland

Machine Learning wurde in den letzten Jahren häufig dafür verwendet automatisch Hyperbeln in Radargrammen zu detektieren, die z.B. auf Rohre, Leitungen, Wurzeln oder Steine hindeuten. Ein mögliches künstliches neuronales Netz ist das RetinaNet, was in unserem Beitrag mit einem Datensatz trainiert wurde, der von 400 MHz 16-Kanal Mala MIRA Daten von der Insel Föhr stammt. Bei der Anwendung ergeben sich nun folgende Fragen: (1) Funktioniert die automatische Detektion mit dem trainierten Netz auch bei anderen Datensätzen, die zum Teil auch mit anderen Antennen gemessen wurden, und (2) wie müssen die Bilder skaliert werden beziehungsweise welchen Einfluss hat die Skalierung der Bilder auf das Detektionsergebnis.

Die Anwendung des trainierten Netzes auf neue Datensätze, die mit anderen GPR-Systemen und auch anderen Antennen gemessen wurden, ist zufriedenstellend. Wichtig bei der Vorbereitung der Bilder ist die Auswahl der geeigneten Skalierung, die vor allem über den Spurbestand gesteuert wird, da die Bilder eine vorgegebene feste Größe von 256 x 256 Pixeln haben und die Skalierung in y-Richtung durch die Aufzeichnungszeit vorgegeben ist. Ist die Skalierung der Bilder ähnlich zu denen des Trainingsdatensatzes, ist die Anzahl der richtig detektierten Hyperbeln größer. Bei zu groß gewähltem Spurbestand erscheinen kleine Undulationen in sonst eigentlich fast horizontalen Reflektoren wie Hyperbeln und werden fälschlicherweise detektiert. Bei einem Datensatz mit vielen weiten Hyperbeln, die von Ästen oberhalb des Messprofils stammen und somit auch nicht von Interesse für die Interpretation des Untergrundes sind, werden diese nicht detektiert, sondern nur die Hyperbeln die von Objekten im Untergrund stammen. Dies ist ein großer Vorteil für die weitere Auswertung wie zum Beispiel die automatische Geschwindigkeitsbestimmung.

Die Arbeit entstand im Rahmen des DFG geförderten SFB 1266 "Scales of Transformation" (2901391021) und dem Schwerpunktprogramm "Häfen" (RA 496/26-2).

EM-P.13

Multicopter semi-airborne EM exploration: a case study from the Hope massive sulfide deposit, Namibia

P. O. Kotowski¹, M. Becken¹, J. Schmalz¹, G. Symons², P. Tolksdorf¹

¹University of Münster, Institute of Geophysics, Münster, Deutschland, ²terratec Geophysical Services Namibia, Windhoek, Namibia

Autonomous aerial vehicles are highly suitable as sensor carriers for the semi-airborne electromagnetic (EM) method, an efficient exploration technique. More so, when it is not a requirement to carry heavy EM transmitters but rather just passive sensor systems. We present results of a case study from the Hope massive sulfide deposit in Namibia. The Hope mineralization zone is an electrically conductive tube-shaped structure that is embedded in a resistive background and plunges downward from its surface outcrop to more than 400 m depth. This target enables to evaluate the penetration depth and resolution that can be achieved with a multicopter-based EM setup. The deployed survey geometry combines 8 grounded electrical dipole transmitters of 2 km length each with overlapping flight areas covering a total of 20 km². We utilized a high-frequency induction coil triple suspended below an octocopter to record EM signals in the frequency range from 32 Hz to more than 4 kHz. An optically pumped scalar magnetometer was used in additional flights to cover frequencies in the range from 1 Hz to 256 Hz. Both data sets are processed into transfer functions between the observed components of the magnetic flux density and the injected current amperage, and inverted separately and jointly. The inversion models show that the mineralization zone can be traced down to at least 400 m depth, validated through drillings and existing ground and airborne geophysical data. These results clearly demonstrate that the method exceeds the penetration of purely airborne EM systems while offering a spatial coverage that is not achievable with purely ground-based methods. Moreover, due to the unique flying capabilities of multicopters, both low and high frequency data can be acquired at high quality offering a great range of potential applications.

EM-P.14

Ergebnisse unterschiedlicher Bodenradarsysteme auf einer Testfläche im Archäologischen Park Xanten.

R. Kniess¹, N. Allroggen², A. Fediuk¹, R. Freiboth¹, H. Zöllner¹, B. Ullrich¹

¹Eastern Atlas GmbH & Co. KG, Berlin, Deutschland, ²Universität Potsdam, Institut für Geophysik, Potsdam, Deutschland

Seit 2005 werden im Archäologischen Park Xanten von Eastern Atlas Georadarmessungen durchgeführt. Die gesamte Fläche der römischen Stadt „*Colonia Ulpia Traiana*“ wurde dabei mit dem System SIR3000 von GSSI mit einer 270-MHz-Antenne bei einem Profilabstand von 50 cm abgelaufen. Einige Flächen, so auch die hier vorgestellte Testfläche, wurden zusätzlich mit weiteren Bodenradarsystemen, verschiedenen Frequenzen und unterschiedlicher Auflösung untersucht. Die hier vorgestellte Testfläche wurde anhand der Ergebnisse aus der Flächenprospektion mit der 270-MHz-Antenne ausgewählt, da hier sowohl historische oberflächennahe Strukturen, die wenige Zentimeter unter der Geländeoberkante liegen, als auch römische Fundamente bis in eine Tiefe von bis zu 3 m im Untergrund detektierbar sind.

Im Beitrag werden die mit verschiedenen Systemen namhafter Hersteller (aus den USA, Kanada, Schweden und Norwegen) erzielten Ergebnisse hinsichtlich der Eindringtiefe, Auflösung, Messgeschwindigkeit und Aufnahmetechnik betrachtet. Dazu wurden verschiedene Impulsradargeräte mit unterschiedlichen Mittenfrequenzen sowie mit und ohne getrennter Sende- und Empfangsantenne als auch „step frequency continuous wave“ Antennen eingesetzt. Ein weiterer Unterschied der verwendeten Systeme besteht in der Anzahl der gleichzeitig registrierten Kanäle und der Kanalanordnung. Für die Positionierung kamen sowohl RTK-GNSS-Empfänger und robotische Tachymeter als auch Maßbänder und Odometer zum Einsatz. Weiterhin liegen Datensätze aus trockenen und feuchten Jahreszeiten vor, die ebenfalls betrachtet werden. Als Ergebnis werden für die verschiedenen Datensätze möglichst aussagekräftige Tiefenschnitte erzeugt, die die relevanten Strukturen flächenhaft zeigen. Die Datenaufbereitung und die dafür genutzte Software ist teilweise abhängig vom Hersteller und erfordert je nach eingesetztem Gerät auch unterschiedliche Prozessingschritte, was ebenfalls einen großen Einfluss auf die erzielten Ergebnisse hat. Diese werden in einem Poster zur Diskussion gestellt.

GF-A.01

Optimized routes for ship in-ice navigation based on earth observation data and ice drift forecasts

B. Schmitz^{1,2}, C. Eis¹, C. Büskens¹

¹University Bremen, WG Optimisation and Optimal Control, Center for Industrial Mathematics, Bremen, Deutschland,

²Drift+Noise Polar Services, Bremen, Deutschland

Sea ice retreat as a consequence of climate change leads to increasing shipping activities within polar waters, as newly opened shipping routes can be much shorter than the established ones. Cargo ships benefit from about 30% reduced travel distances between Europe and Asia by taking Arctic passages. Consequently, the demand for time and fuel is strongly reduced. However, navigation in polar waters is still challenging and even dangerous, e.g. because of fast changing ice conditions or unknown bathymetry. Even with having access to the proper earth observation data like radar images, ice classifications, or ice charts, manoeuvring in polar waters is not trivial and requires trained staff as well as expert knowledge.

To provide navigational assistance in polar regions, we develop a system that provides route suggestions based on earth observation data, given ship characteristics, bathymetry and drift / weather models. Using these models, ice classifications derived from earth observation data are interpolated in time to gain high-resolution knowledge about the changing ice conditions.

The resulting 3-dimensional route optimization problem can be solved using an A* algorithm. However, this algorithm is inefficient when applied to long-distance routes, as large datasets offer too many possible combinations of connecting waypoint candidates. To overcome this issue, different methods are tested, which can be divided in two categories: preprocessing steps and further modification of the A* algorithm. The preprocessing techniques reduce the number of waypoint candidates, while keeping important information about small features in the ice, like (open) leads or divergence zones. The reduced set of identified waypoint candidates and the connections between them is called 'road map' and serves as input for the A* algorithm. Investigated variants of the A* algorithm include e.g. weighting methods and an anytime implementation. Both approaches and their combination are evaluated in terms of efficiency and reasonability.

GF-A.02

Analyse von Bodendeformationen in der Region Patras

M. Evers^{1,2}, A. Thiele^{1,2}, H. Hammer¹

¹Fraunhofer IOSB, Ettlingen, Deutschland, ²KIT, IPF, Karlsruhe, Deutschland

Die Region um die Küstenstadt Patras im Nord-Westen der Halbinsel Peloponnes in Griechenland gilt als eines der seismisch aktivsten Gebiete des Mittelmeerraums. Das Gebiet grenzt im Norden an den Golf von Patras, einen aktiven Halbgraben, im Westen an die hellenische Subduktionszone und wird im Süden und Osten von den Erymanthos- und Panachaiko-Gebirgen begrenzt. Die Region ist außerdem von einigen aktiven Verwerfungen, wie der Rio-Patra und der Aigia-Triada, durchzogen, wodurch sie einem erhöhten Risiko für Bodendeformationen und Erdbeben unterworfen ist. Zusätzlich sind 137 aktive Rutschungen in dem Gebiet bekannt und es kommt zu Setzungen im urbanen Raum. Um die beschriebenen Bodendeformationen zu dokumentieren, wurde im Rahmen dieser Studie eine Zeitreihe von Sentinel-1-SAR-Aufnahmen mit dem Persistent Scatterer Interferometry-Algorithmus StaMPS ausgewertet. Basierend auf den resultierenden Deformationskarten wurde eine räumliche Analyse der Deformationsmuster durchgeführt. Zusätzlich wurde die Dynamik der Deformationen betrachtet. Die Matlab-basierte Software Persistent Scatterer Deformation Pattern Analysis Tool (PSDefoPAT) ordnet der Versatzzeitreihe jedes einzelnen Persistent Scatterers automatisiert ein passendes Zeitreihenmodell zu. Berücksichtigt werden Zeitreihenmodelle mit und ohne Saisonalitätskomponente, sowie ein linearer, quadratischer oder stückweise linearer Langezeittrend. Durch die Darstellung unterschiedlicher Kombinationen der ermittelten Modellparameter als RGB-Triplet ermöglicht PSDefoPAT die visuelle Darstellung der zeitlichen Deformationsmuster in einem räumlichen Kontext und unterstützt dadurch die Analyse von Persistent Scatterer Interferometry im Hinblick auf die Stabilität von Infrastruktur, wie Staudämmen, und das Risiko von Geohazards, wie Erdbeben.

GF-A.03

3D-Kartierung von Sandsteininformationen im Geopark Böhmisches Paradies (CZ) mit Hilfe von UAV- und DSLR-Photogrammetrie

A. Herbers, M. Kluth, J. Mundl

Universität Bremen, FB05 Geowissenschaften, Bremen, Deutschland

Ziel dieser geowissenschaftlichen Projektarbeit im Rahmen des Masterstudiums war es, ein 3D-Modell der Sandsteininformationen im UNESCO Global Geopark Böhmisches Paradies an einem Standort in der Felsenstadt Prachovské Skály zu erstellen. Zu diesem Zweck wurden Bilddateien von ausgewählten Sandsteintürmen und -wänden mit Hilfe einer Drohne und zusätzlich manuell mit DSLR-Kameras aufgenommen.

Die hier eingesetzte photogrammetrische Methode erzeugt eine dreidimensionale Ansicht von Objekten durch eine große Anzahl sich überlappender Bilder aus verschiedenen Blickwinkeln. Durch diese Bildvermessung kann die Lage und Form der Sandsteininformationen bestimmt und anschließend der Inhalt durch Bildinterpretation beschrieben werden. Für die photogrammetrische Bearbeitung der Bilder wurde die Software *Agisoft Metashape Professional Edition* (Agisoft LLC) verwendet, innerhalb derer die Bilddateien in verschiedenen Arbeitsschritten überprüft, orientiert und korrigiert wurden. Als Zwischenprodukte konnten Punktwolken und Netze mit unterschiedlichen Eigenschaften erzeugt werden, die die Grundlage für die späteren Endprodukte bilden. Das Endergebnis ist ein 3D-Modell mit einer Grundfläche von 117,2 x 148,0 m, das die Sandsteintürme mit einer Auflösung von 2,21 mm/Pixel abbildet. Darüber hinaus wurden ein digitales Höhenmodell mit einer Auflösung von 8,84 mm/Pixel und ein georeferenziertes Orthomosaik mit einer Auflösung von 2,21 mm/Pixel erstellt.

Diese Produkte sollen in erster Linie der Forschung, dem Tourismus und der Bildung dienen. Im Rahmen der Forschung kann mit diesem Modell eine visuelle geologische Auswertung vorgenommen werden. So lassen sich beispielsweise sequenzstratigraphische Merkmale klassifizieren oder Verwitterungs- und Erosionserscheinungen beobachten. Dem Geopark kommen die Ergebnisse als Werbung hinsichtlich des Tourismus zugute, wobei beispielsweise das Modell in einem Online-Geoguide durch das Gebiet integriert werden kann. Interessant könnte dies auch für Kletterer sein, die ihre Routen an den Felswänden im Voraus im Modell planen können. Schließlich können die Produkte auch für Bildungszwecke über die Geologie genutzt werden und zum Beispiel in eine virtuelle Exkursion umgewandelt oder einfach als Lehr- und Lernmaterial verwendet werden. Grundlegend hat diese Methode der Fernerkundung großes Potenzial sich in Bereichen wie der Wissenschaft oder Lehre zu etablieren.

GF-P.01

Automatische Detektion großflächiger Bodenbewegungsmuster in Hessen mittels Radarinterferometrie und Laserscan

B. Homuth¹, K. Krzepek², M. Rudolf³, D. Iwaszczuk², A. Henk³

¹Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Geologie und Boden, Geologischer Landesdienst, Wiesbaden, Deutschland, ²Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Fernerkundung und Bildanalyse, Darmstadt, Deutschland,

³Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Ingenieurgeologie, Darmstadt, Deutschland

Digitale Gelände-Modelle (DGM) erstellt aus Laserscan-Daten und Daten der Persistent Scatterer Interferometrie (PSI) bieten Datengrundlagen zur Analyse von großflächigen Bodenbewegungen im cm- und mm-Bereich. Es besteht ein Bedarf an geeigneten Verarbeitungs- und Interpretationswerkzeugen für diese Datenquellen, um sie der breiten Öffentlichkeit zur Nutzung zur Verfügung zu stellen.

Die dafür notwendigen Arbeiten werden innerhalb des Umwelt 4.0 – Projektes, Cluster I – „Nutzung digitaler Geländemodelle und Copernicus-Daten“, durchgeführt, welches vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie in Kooperation mit der TU Darmstadt durchgeführt und von der Hessischen Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung gefördert wird.

Um automatisch Bewegungs-Hot-Spots in Hessen zu detektieren, werden mittels eines erstellten GIS-Tools Gebiete, die detektierbare Setzungen (Geschwindigkeit < -2 mm/a) oder Hebungen (Geschwindigkeit > 2 mm/a) aufweisen und in denen möglichst viele Persistent Scatterer Bewegungsgeschwindigkeiten aufweisen, ermittelt. Je stärker eine Bodenbewegung ist und je mehr Persistent Scatterer diese Bodenbewegung anzeigen, desto stärker wird dieser Bereich hervorgehoben. Zur Analyse der Bewegungsursachen werden die Zeitreihen mittels Fitting untersucht und des Weiteren mit möglichen Bewegungsursachen der Region verglichen. Um die räumlichen Lücken der Persistent Scatterer Daten in un bebauten Regionen zu füllen, wird an zwei unterschiedlichen Lösungen gearbeitet. Zum einen werden Differenzkarten aus Digitalen Geländemodellen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen wurden, erstellt. Zum anderen soll das Small Baseline Subset (SBAS)-Verfahren Anwendung finden.

Der hier beschriebene Workflow liefert verschiedene Bewegungs-Hot-Spots in Hessen. Anhand von Fallbeispielen werden erste Ergebnisse des Projektes vorgestellt. Die räumliche Fusion der PSI-Daten mit Differenzkarten und SBAS-Daten ist im weiteren Projektverlauf vorgesehen.

GD VORTRÄGE

Geodynamik

GD-A.02

What can geophysical parameter relationships tell us about the structure of the lithosphere?

M. Moorkamp

Ludwig-Maximilians-Universität, Geophysik, München, Deutschland

One of the main goals of geophysical imaging is to understand the composition and evolution of the lithosphere. However, inversions of geophysical data provide us with distributions of seismic velocity, electrical resistivity or density, for example. The relationships between these parameters and quantities of interest such as composition or temperature are complex and non-unique, i.e. the same resistivity can be caused by various combinations of composition and temperature, for example. Joint inversion of several datasets provides us with strongly coupled models for several parameters and allows us to also analyze the relationships between them. Results from the western United States have shown how this can be used to characterize melt in the lower crust. Here I present joint inversion models and parameter relationships from various regions of the world with different geological settings, western United States, Germany, Africa and Australia. The results indicate some common features in the resistivity-density relationship in each region, but also some significant differences, possibly caused by different hydration states of the lithosphere. I will discuss the implications of these results for the interpretation of geophysical inversion results and sketch a route toward a quantitative interpretation in terms of temperature and composition.

GD-A.03

Stabilization and magmatic underplating of cratonic crust: Insights from global gravity gradient inversion

P. Haas, J. Ebbing, W. Szwillus

Institute of Geosciences, Kiel University, Kiel, Deutschland

In this global study, we focus on the stabilization of cratonic crust and its modification by magmatic underplating. In an inverse scheme, satellite gravity gradient data of the GOCE mission are inverted for the Moho depth, exploiting laterally variable density contrasts based on seismic tomography. The results are constrained by an active source seismic data base, as well as a tectonic regionalization map, derived from seismic tomography. A moving window approach is implemented to perform the gravity inversion on global scale, followed by interpolating the estimated density contrasts of common tectonic units with a flood-fill algorithm. The Moho depth model reveals variable patterns with average values ranging between 33-40 km for the individual cratons. To highlight the tectonic evolution of once connected cratons, we rotated the estimated Moho depth in a Gondwana reconstruction. Further, the estimated Moho depth is investigated together with the stabilization age of the individual cratons. We identify a secular trend of increasing crustal thickness proceeding from the Archean that reaches its turning point at the Archean-Proterozoic boundary. The Paleoproterozoic cratons are characterized by shallow average Moho depth, reflecting exhumation of the lower crust during orogenic events. Magmatic underplating of volcanic material after craton stabilization is the main factor that causes deviations from the observed secular trend of Moho depth variation. This is partly reflected by anomalous deep Moho depth.

GD-A.04

Modification of the stress state at depth due to volume-reducing phase transitions

M. Thielmann¹, E. Aharonov², P. Yamato³, T. Duretz⁴

¹Bayerisches Geoinstitut, Universität Bayreuth, Bayreuth, Deutschland, ²Institute of Earth Sciences, Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel, ³CNRS, Géosciences Rennes, Université de Rennes 1, Rennes, Frankreich, ⁴Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt, Frankfurt, Deutschland

Phase transformations in the Earth's mantle are ubiquitous, with some of these transformation having a potentially strong impact on subduction dynamics and/or deep earthquake occurrence. Several of these phase transformations result in a density increase of the transformed phase and hence a volume reduction. This process triggers a stress transfer from the transformed material to the untransformed material, which results in elevated stresses around the transformed phase.

Despite its importance for deep earthquake generation, this stress transfer has not yet been sufficiently quantified. In this study, we employ numerical models with a viscoelastic compressible rheology to quantify the stress levels and patterns resulting from volume-reducing phase transformations. To gain a better understanding of the parameters controlling the stress transfer from transforming regions to the surrounding matrix, we employ simplified numerical models where transforming regions are approximated using elliptical inclusions. Results show that volume-reducing phase transitions may induce strong stress variations, with stresses reaching GPa levels. These stress levels are strongly dependent on the rheology of the transforming and surrounding material as well as the geometry of the transforming phase. Combining these results with scaling analyses, we determine the material parameters governing the temporal and spatial stress variations induced by the phase transformation.

GD-A.05

Global constraints on intermediate-depth intraslab stresses from slab geometries and mechanisms of double seismic zone earthquakes

C. Sippel¹, A. Dielforder², T. John³, S. Schmalholz⁴

¹Institute of Geophysics, Czech Academy of Sciences, Prag, Tschechische Republik, ²Leibniz-Universität Hannover, Hannover, Deutschland, ³Freie Universität Berlin, Berlin, Deutschland, ⁴Universität Lausanne, Lausanne, Schweiz

Double seismic zones (DSZs), parallel planes of intermediate-depth earthquakes inside oceanic slabs, have been observed in a number of subduction zones and may be a ubiquitous feature of downgoing oceanic plates. Focal mechanism observations from DSZ earthquakes sample the intraslab stress field at two distinct depth levels within the downgoing lithosphere. A pattern of downdip compressive over downdip extensive events was early on interpreted to indicate an unbending-dominated intraslab stress field. In the present study, we show that the intraslab stress field in the depth range of DSZs is much more variable than previously thought. Compiling DSZ locations and mechanisms from literature, we observe that the "classical" pattern of compressive over extensive events is only observed at about half of the DSZ locations around the globe. The occurrence of extensional mechanisms across both planes accounts for most other regions. To obtain an independent estimate of the bending state of slabs at intermediate depths, we compute (un)bending estimates from slab geometries taken from the slab2 compilation of slab surface depths. We find no clear global prevalence of slab unbending at intermediate depths, and the occurrence of DSZ seismicity does not appear to be limited to regions of slab unbending. Focal mechanism observations are frequently inconsistent with (un)bending estimates from slab geometries, which may imply that bending stresses are not always prevalent, and that other stress types such as in-plane tension due to slab pull or shallow compression due to friction along the plate interface may also play an important role.

GD-A.06

Geophysical Studies and Geodynamic Evolution in Greece. A Review

J. Papoulia¹, J. Makris²

¹Hellenic Centre for Marine Research, Institute of Oceanography, Anavissos, Griechenland, ²University of Hamburg, Hamburg, Deutschland

Since the early 80's the University of Hamburg, the Hellenic Centre for Marine Research, the National Observatory of Athens and GeoPro GmbH Hamburg cooperated and performed geophysical projects in several areas of Greece. Field operations covered western Greece and the Ionian islands, the north Aegean Sea, the Cyclades Metamorphic Core Complex, the Cretan Sea and Crete, the Dodecanese volcanic area and the Libyan Sea. Active seismic experiments, on and offshore, provided crucial information on crustal structure, geometry of sedimentary basins and velocity behaviour of the upper mantle. Gravity and magnetic surveys covered the complete area of the Hellenides and surrounding seas. Microseismicity observations using local, temporarily deployed seismic stations, on and offshore, delineated active faults. They were combined with observations of the National Seismograph Network of Greece and mapped the deformation processes presently active. By combining seismic data with gravity, a 3D density model of the Hellenides was developed. It was shown that the North Aegean Trough is covered by more than 6 km thick sediments, while in the Cretan Sea sediments are thin and do not exceed 3 km. South of Crete, and to the southeast and southwest areas of the Island, basins are covered by 16 km thick sediments. Below the Hellenides, to the western and eastern part of the Ionian Sea, sediments are also thick and the basins range from 6 to 10 km. The crust in the Aegean Sea is 22 km thick in the north and thins to 16 km in the Cretan Sea. The thickest crust was mapped below the external Hellenides with maximum values of 38 to 40 km, while below the Ionian Sea it thins to 18 to 22 km. The Vp velocity of the upper mantle is 7.6 to 7.7 km/s below Moho in the Aegean Sea and this low velocity/density zone extends at least to 120 km depth in the central Aegean area. Normal velocity mantle was mapped below the external Hellenides and also south of Crete. Isostatic processes due to density variations in the crust/mantle system, the dextral strike slip deformation of the Anatolian Fault and the North Aegean Trough extending into central Greece, force the westwards motion of the Hellenic napes. Models and results of the above mentioned studies are presented and discussed.

GD POSTER
Geodynamik

GD-P.01

Partitioning of deformation along the Andean margin: insights from elastic block modelling

F. Kusche, C. O. Schwarze, N. Kukowski

Institut für Geowissenschaften, Allgemeine Geophysik, Jena, Deutschland

Along the Andean margin, oblique subduction of the Nazca Plate is accommodated by slip on the subduction interface and deformation of the overriding South American Plate. Active plate boundary deformation, in particular due to strain partitioning, is analyzed using elastic block modelling constrained by compiled GPS velocities to estimate plate motions, fault slip rates, and spatially variable interplate coupling on the Nazca-South American subduction interface. In the block modelling approach, interseismic GPS velocities are assumed to be the sum of rigid block rotation and elastic strain accumulation on block-bounding faults. Therefore, the western South American margin is divided into smaller blocks, primarily based on active faults traces. The block model geometry is adjusted to minimize the misfit between observed and modeled velocities.

The preferred model shows strain partitioning of varying degrees along the Andean margin. In the North, the trench-parallel component of convergence is partially accommodated by right-lateral slip on a strike-slip system that extends from the Gulf of Guayaquil off southern Ecuador to the Venezuelan Coastal Range. This results in the northeastward motion of the North Andean Block with respect to stable South America. In Peru, the model confirms the existence of the southeastward moving Inca Sliver that is bounded by the trench and the Subandean fold-and-thrust belt. Along the northern and central Chilean margin, minor right-lateral strike-slip along the Subandean thrust belt results in a slight northward translation of the Andean orogen. In southern Chile, oblique convergence is partially accommodated by right-lateral slip along the intra-arc Liquiñe-Ofqui Fault Zone. The separation of the North Andean Block, the Peruvian Inca Sliver, and the north Chilean Andean orogen is related to the curvature of the Andean margin and the associated changes in the sense of convergence obliquity. The differing movement directions of these blocks result in extension at the Gulf of Guayaquil, where the Andean margin is seawardly convex, and shortening in the Altiplano at the concave bend of western South America. The spatial distribution of interplate coupling as estimated by our block modelling shows that the Andean margin is segmented into strongly and weakly coupled zones. Epicenters of major thrust earthquakes correlate fairly well with areas of strong interplate coupling.

GE VORTRÄGE

Geoelektrik / IP

GE-A.01

The space weather hazard to the German power grid derived from geomagnetically induced electric field modeling

L. Pick, A. Guimaraes-Carvalho, J. Berdermann

DLR Institute for Solar-Terrestrial Physics, Space Weather Impact, Neustrelitz, Deutschland

Space weather driven geomagnetic disturbances can induce geoelectric fields in the subsurface that give rise to currents flowing through the groundings of power transformers into the high-voltage transmission grid. Those parasitic currents, commonly referred to as geomagnetically induced currents (GICs), can potentially damage and/or cause malfunction of inductive grid components with significant socioeconomic ramifications. In terms of a GIC risk assessment the hazard posed by large geoelectric field amplitudes can be quantified based on extreme value statistics. This contribution focuses on the geoelectric field modeling approach adopted to derive meaningful GIC hazard maps for Germany down the line. The solution of the induction problem requires an appropriate processing of one-minute mean geomagnetic measurements from four German and surrounding INTERMAGNET observatories as well as their connection with a conductivity model derived from magnetotelluric surveys across Germany. The electric field modeling is imbedded within our GIC calculation scheme which is illustrated exemplarily by means of resulting GICs in the northwestern part of the German power grid during historic geomagnetic storms. Given the interdisciplinary nature of the GIC topic combining elements of extraterrestrial physics, geoelectromagnetism, electrical engineering and natural hazard research we appreciate this opportunity to touch base with experts of the German geoelectric community.

GE-A.02

Numerical modelling of the spectral induced polarization response of closely packed metallic particles in sand-column experiments

D. Kreith¹, Z. Zhang², A. Weller³, M. Bucker¹

¹Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland,

²Technische Universität Clausthal, Institut für Geologie und Paläontologie, Clausthal, Deutschland, ³Technische Universität Clausthal, Institut für Geologie und Paläontologie, Clausthal, Deutschland

The detection of metallic particles in the subsurface, e.g. for ore exploration or investigation of landfills, has been an important field in applied geophysics for several decades. Because of the high conductivity and high polarizability of metallic particles, geophysical methods using electrical properties, especially induced polarization, are highly relevant.

To correctly interpret the field measurements, a deep understanding of the underlying processes is necessary. Both, lab experiments and theoretical models help to achieve that kind of understanding. However, existing models usually consider idealized situations and are therefore not suitable to directly be compared to experimental results. To overcome this gap, we present a theoretical model of laboratory measurements carried out on cm-scale metallic spheres embedded in a water-saturated sand column.

We first focus on the spectral IP response of one single sphere in a cylindrical measurement cell. We investigate the influence of the position of the potential electrodes, the position of the sphere inside the cell, and the effect of cell size compared to the sphere's radius. To distinguish the signal of the sphere from the effects of the measurement setup, we compare the results to existing analytical models of one polarizing metallic particle in a medium of infinite size. While changing the position of the potential electrodes or the sphere only leads to variations caused by the varying effective volume fraction, changing the cell size leads to observable deviations, when the sphere is relatively large compared to the cell size.

We then add a second sphere to study the interaction between the two spheres and the influence of this interaction on the IP signal. We begin with two overlapping spheres and then gradually increase the distance between the centres of both spheres. Comparing the results to the IP response of one single sphere, we can observe the influence of the interaction between the spheres. The resulting spectrum is similar to that of one particle with increasing size as long as both spheres overlap. When the two spheres are separated, the spectrum is influenced by their interaction. At larger distances, the spectrum approaches the one of a single particle with twice the magnitude.

Based on these results it is possible to understand the effects caused by the measuring setup and also to get a first impression of the effects arising from the interaction of particles in close packings.

GE-A.03

Lokalisierung pyritisierter Fossilien mittels Spektraler Induzierter Polarisation

B. Brömer¹, J. Hoppenbrock¹, S. Radecker², R. Kosma², M. Bücken¹

¹TU Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland, ²Staatliches Naturhistorisches Museum, Abteilung Paläontologie, Braunschweig, Deutschland

Versteinerte Fossilien im Sediment des Jurameeres rund um Braunschweig sind teilweise mit dem Eisensulfid Pyrit angereichert. Das pyritisierte oder „verkieste“ Material erschwert aufgrund seiner Härte nicht nur die Präparation der eingelagerten Fossilien, sondern weist auch deutlich andere elektrische Eigenschaften auf als das umliegende Gestein. In Labormessungen an zerkleinerten Proben konnte gezeigt werden, dass das pyrithaltige Material Polarisierungseffekte verursacht, welche mittels Spektraler Induzierter Polarisation (kurz: SIP) messbar sind. Dadurch stellt sich die Frage, ob sich SIP-Messungen zur Prospektion paläontologischer Grabungsstätten eignen.

Zunächst wurden in der hier vorgestellten Arbeit verschiedene Ankopplungsmethoden für die Messung am Festgestein untersucht und bewertend miteinander verglichen. Für die geplante Anwendung sollten die genutzten Elektroden möglichst wenig invasiv sein, um eine Beschädigung von Fossilien zu verhindern, und sich für kleinskalige Messungen eignen. Für SIP-Messungen an festem Gestein haben sich vor allem EKG-Elektroden und Stahlzylinder-Elektroden mit einem in Elektrolytlösung getränkten Filz als Kontaktfläche als besonders geeignet herausgestellt.

Im Anschluss konnte die Methode in der Präparationswerkstatt des Staatlichen Naturhistorischen Museum Braunschweig an einer geborgenen Gesteinsplatte, die ein unpräpariertes, pyritisiertes Fossil enthielt, getestet werden. Mithilfe einer 2D-Inversion konnte gezeigt werden, dass die Position des pyritisierten Bereiches vor allem in der Phase des spezifischen Widerstandes gut sichtbar wird. Während die Messungen an den zerkleinerten Proben einen deutlichen Phasenpeak um ca. 0.1 Hz herum aufweisen, ist die spektrale Variation der Messungen an der Gesteinsplatte deutlich geringer, ein vergleichbar deutlicher Peak nicht zu erkennen.

Abschließend wurden SIP-Messungen auf einer fossilführenden Schicht in einer Grabung bei Schandelah in der Nähe von Braunschweig durchgeführt. Eine erste Auswertung dieser Feldmessungen zeigt ebenfalls Anomalien, die auf die Position von Fossilien schließen lassen können.

GE-A.04

Influence of Inner Surface Roughness on the Spectral Induced Polarization Response – a Numerical Study

E. Zibulski, N. Klitzsch

RWTH Aachen, CGGR, Aachen, Deutschland

Spectral induced polarization (SIP) laboratory measurements on water-saturated rocks show a strong correlation between the electrical polarization strength and the inner surface area of rocks. Previously published mechanistic SIP models account for this correlation based on grain or pore size but neglect the influence of inner surface roughness. We investigate the influence of inner surface roughness on the SIP response by simulating the frequency dependent complex conductivity of micro-scale rock models. Starting with smooth grain models, we introduce surface roughness using two different approaches. One is to increase the surface roughness in a fractal-like manner, which gives us more control over the added structural features. The second approach involves the creation of a randomly generated surface, resulting in more natural-looking surfaces. We observe a strong influence of inner surface roughness on the SIP response. Compared to smooth grains of the same size, surface roughness causes additional polarization at higher frequencies and decreases the primary relaxation frequency. We also compare the normalized chargeability and imaginary conductivity at 1 Hz obtained by Debye decomposition with mechanistic and empirical SIP models. Our simulation results confirm the relationship between relaxation time and grain size predicted by mechanistic models. In addition, we observe a linear relation between normalized chargeability and inner surface area that has the same slope as a widely used empirical relationship. However, our results do not confirm the empirical relationship between imaginary conductivity at 1 Hz and inner surface area. We conclude from these results that the polarization lengths in rocks are larger than those of individual grains and that additional polarizations must be considered to fully explain the IP response of rocks.

GE-A.05

Ein neuer methodischer Ansatz zur Bestimmung elektrokinetischer Eigenschaften von klastischen Sedimentgesteinen

M. Halisch¹, D. Parvaz²

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Sektion 5 - Gesteinsphysik & Bohrlochgeophysik, Hannover, Deutschland,

²SelFrag AG, Kerzers, Schweiz

Elektrokinetische Eigenschaften von natürlichen Materialien werden schon seit langem gemessen, bewertet und quantifiziert, zumeist für klassische kolloidale Systeme (z. B. Böden), oder für Suspensionen (z. B. Ton-Wasser-Gemische). Elektrokinetische Parameter (z.B. das Zeta-Potential, oder die Debye-Länge) werden dabei sowohl für die Grundlagen-, als auch für die angewandte Forschung und Erforschung von Materialien herangezogen. So können diese Größen der grundlegenden Quantifizierung der komplexen elektrischen Leitfähigkeit und damit einhergehender Polarisationsprozesse, aber auch für die systematische Untersuchung von Flüssigkeitsstabilitäten (z.B. von Lösungs- und Stützmitteln) mit einem direkten Anwendungsbezug dienen. Die Quantifizierung elektrokinetischer Parameter ist jedoch besonders herausfordernd, weil sie nicht direkt gemessen werden können. Gängige Techniken basieren auf der Messung elektrokinetischer Effekte, durch die bestimmte elektrokinetische Parameter dann abgeleitet werden können. Darüber hinaus hängen die elektrokinetischen Eigenschaften von einer Vielzahl von Material- und Fluid-Kenngrößen ab: von der Art des Minerals und des Fluids, der Korngröße, der Kornform, der Kornrauigkeit, der spezifischen Oberfläche, dem Ionengehalt des Fluids, der Valenz, der Ionenbeweglichkeit und dem pH-Wert, um nur die wichtigsten zu nennen. Diese Parameter weisen eine außerordentliche Heterogenität über viele Skalen hinweg auf. Zudem müssen die Proben für derartige Analysen bisher zerkleinert werden, wodurch die in-situ-Geometrien und die Oberflächentopologie zerstört werden. Schlimmer noch, denn durch das Zerkleinern entstehen amorphe Mineralphasen, die mineralogisch gleichwertig zu den Ausgangsphasen sind, sich aber hinsichtlich der elektrokinetischen Eigenschaften stark unterscheiden können. Der Wert dieser „konventionell“ gewonnenen Daten ist somit eher beschränkt für ein tiefergehendes Prozessverständnis. Im Rahmen dieser Fallstudie stellen wir einen brandneuen und höchst innovativen methodischen Ansatz vor, mit dem die oben genannten Herausforderungen bei der Probenpräparation und der Messung elektrokinetischer Eigenschaften überwunden werden können. Hauptfokus dieses Beitrags wird die detaillierte Beschreibung der neuen Methoden und Arbeitsabläufe sein. Darüber hinaus präsentieren wir erste Ergebnisse von ausgesuchten Sandsteinen, die schon jetzt vielversprechend für das Verständnis der Grenzflächeneigenschaften natürlicher Formationen sind.

GE-B.01

Erfassung von saisonalen Änderungen der Untergrundtemperatur zur Korrektur gleichstromgeoelektrischer Messungen mit dem Salzwasser-Monitoring-System SAMOS

M. Grinat, N. Skibbe

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Das vom Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) entwickelte Salzwasser-Monitoring-System SAMOS ist aktuell an fünf Stationen an der niedersächsischen Nordseeküste in Betrieb. Es besteht aus 20-24 m langen vertikalen Elektrodenstrecken mit ca. 80 Elektroden, die fest im Untergrund verbaut sind, und automatisierten Geoelektrikmesssystemen an der Erdoberfläche. Mit dem gleichstromgeoelektrischen Monitoring werden mögliche Änderungen des spezifischen elektrischen Widerstandes im Salz-Süßwasser-Übergangsbereich z.B. durch Salzwasseraufstieg erfasst.

Der Einbau erfolgte auf Borkum in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Borkum (Projekt CLIWAT) und bei Abickhafe sowie in den Dünen von Spiekeroog im Rahmen des Projektes go-CAM zusammen mit dem Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverband; die SAMOS-Messungen dienen somit auch als Frühwarnsystem für Salzwassergefährdungen des Trinkwassers. Eine weitere Station wurde im Rahmen des Projektes DynaDeep (<https://uol.de/icbm/verbundprojekte/dynadeep>) nahe der Hochwasserlinie am Strand von Spiekeroog installiert. Die vertikalen Elektrodenstrecken sind auf Borkum in 44-65 m Tiefe unter Geländeoberkante (GOK), bei Abickhafe in 35-55 m Tiefe und bei Spiekeroog-Düne in 29-53 m Tiefe installiert. Bei der SAMOS-Station Spiekeroog-Strand wurde die Elektrodenstrecke im Bereich 1-21 m Tiefe unter GOK eingebaut.

Da der spezifische elektrische Widerstand temperaturabhängig ist, wurden die Elektrodenstrecken bei Abickhafe und auf Spiekeroog mit ca. zehn Temperatursensoren im Abstand von etwa zwei Metern bestückt. Die Messungen erfolgen mit Pt1000-Sensoren und dem SDL-Datenlogger der Firma Solexperts.

Messungen in Pegeln an der SAMOS-Station CLIWAT2 im Ostland von Borkum zeigen, dass die Amplitude der saisonalen Änderungen der Grundwassertemperatur mit zunehmender Tiefe des Messfühlers deutlich absinkt. Sie beträgt bei einem Sensor in 6 m Tiefe unter GOK etwa 3 °C, bei einem Sensor in 10 m Tiefe dagegen nur noch etwa 1 °C. Wie erwartet sind die Temperaturänderungen auf Elektrodenstrecken in größeren Tiefen sehr gering. Sie liegen teilweise unterhalb von 0.1 °C; dabei ist die Auflösung von 0.01 °C deutlich erkennbar. Große jahreszeitliche Temperaturänderungen treten lediglich an der Station Spiekeroog-Strand oberhalb von 15 m unter GOK auf; sie können mehrere Grad Celsius betragen. In Tiefen von 15-19 m liegen sie jedoch schon unterhalb von 1 °C. Oberhalb von etwa 7 m Tiefe ist ein Tideeinfluss auf die Temperaturmessungen nachweisbar.

GE-B.02

Geoelectrical Monitoring of freshwater/saltwater interactions at the high-energy beach of Spiekeroog (DynaDeep) – First Results of one year monitoring

N. Skibbe, T. Günther, M. Müller-Petke

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik & Elektromagnetik, Hannover, Deutschland

Subterranean estuaries are hidden connective zones between inland aquifers and the open sea where meteoric freshwater and circulating seawater mix and undergo major biogeochemical changes. In particular, at high-energy beaches undergoing significant changes even at short time scales, the effect of hydro- and morphodynamics on subsurface flow and transport is yet unclear. As a subproject of the recently started research unit DynaDeep, we study the groundwater flow patterns as a function of hydro- and morphodynamics. The DynaDeep project focused on the beach of the north-sea barrier island of Spiekeroog.

Investigating the dynamics of the saltwater/freshwater interface presents an ideal target for geoelectrical monitoring. We collect ERT data in the intertidal zone in a regular six-week interval and support them by direct-push measurements, pore water sampling and the installation of a vertical electrode chain SAMOS starting summer 2022. ERT data set have been collected repeatedly since 12/2021 investigating the current state of the upper saline plume (UPS) and freshwater discharge tube (FDT), the two main features defining the fresh/saltwater interface. We conduct all ERT measurements using the ABEM Terrameter LS2, 2.5 m electrode spacing and a gradient array. We use up to four chains of electrodes with 32 electrodes each. The main profile is oriented south north from the dunes to the North Sea, i.e. crossing the east-west oriented beach. The actual length of the profiles depend on the current beach and tidal conditions affecting the mean low-water line. We invert the ERT data using the pyGIMLI framework and using geostatistical regularization.

We present the data, challenges and preliminary results from the first year of monitoring at this high-energy environment including the impact of winter storm flooding. We show not only data from ERT and SAMOS but integrate direct-push EC measurements and compare to pore fluid sampling.

GE-B.03

Efficient joint probabilistic inversion of electromagnetic induction and direct current resistivity data

C. Bobe¹, E. Van De Vijver²

¹RWTH Aachen University, Computational Geoscience, Geothermics, and Reservoir Geophysics, Aachen, Deutschland, ²Ghent University, Department of Environment, Gent, Belgien

Data sets derived from different geophysical methods can be inverted jointly producing inverse models with improved uncertainty quantification compared to a separate inversion of the same data sets. If the data are sensitive to the same physical property of the subsurface, probabilistic inversion methods are readily usable as joint inversion frameworks. Moreover, the expected reduction of uncertainty for the joint inversion is quantified in the posterior model.

We present a joint probabilistic inversion using the Kalman ensemble generator (KEG). We invert direct current resistivity data and small-loop frequency-domain electromagnetic data collected at a forest site in Gontrode, Belgium. Probabilistic inversion of these type of data can be expensive as numerical sampling is indispensable in order to derive a meaningful Bayesian update. For complex parameter models, the number of achievable forward model runs for standard Markov chain Monte Carlo (MCMC) computation might be too small to achieve convergence of the chain, and thus, no posterior model can be given. The KEG is a computationally efficient alternative to MCMC joint inversion methods. In particular, the KEG delivers a Gaussian approximation to the posterior probability density function at much reduced computational cost when compared to MCMC.

We present synthetic examples testing the performance of the KEG as a joint inversion framework. We demonstrate the generally expected improvements for joint inversion by comparing separate and joint KEG inversion results for direct current resistivity and frequency-domain electromagnetic data. Finally, we will provide joint KEG inversion results for field data of vertical electrical sounding and multi-receiver frequency-domain electromagnetic data set

GE POSTER

Geoelektrik / IP

GE-P.01

Direct inversion of cross-borehole induced polarization data for hydraulic conductivity: Synthetic examples, hydraulic calibration and implications for transport modeling

L. Römhild¹, G. Fiandaca², L. Hu³, P. Bayer¹

¹Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften und Geographie, Halle (Saale), Deutschland,

²Università degli Studi di Milano, Department of Earth Sciences, Milano, Italien, ³Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

For the reliable modeling of groundwater flow and transport processes, accurate information about the spatial distribution of hydraulic conductivity (K) in an aquifer is crucial. While hydraulic testing is often time-consuming, costly and limited in imaging small-scale structures correctly, induced polarization (IP) measurements have the potential to retrieve the K-distribution more efficiently and with higher resolution. We present results of a novel inversion procedure for IP data that incorporates petrophysical relations between electrical and hydraulic parameters by re-parameterizing the Cole-Cole model, and therefore allows for the direct computation of K. The approach was successfully implemented for the Bolstern aquifer analog by performing synthetic IP experiments with a combined surface and cross-borehole setup. By inverting those data, the resulting K-distribution could be retrieved with a high degree of spatial resolution and accuracy that can easily compete with images achieved by hydraulic tomography (HT). While IP has an advantage in resolving small-scale heterogeneities, the quantitative estimates of K might be less reliable compared to HT due to bias or scatter in the underlying petrophysical relations. Therefore, we use synthetic pumping test data to inform two novel calibration strategies for the IP inversion results. Both calibrations are shown to be helpful for correcting a possible bias of the IP inversion, e.g., due to resolution limitations and/or to uncertainties in the petrophysical relations. The performances of the inversion and the different calibration strategies are also evaluated by conducting synthetic tracer experiments on the retrieved tomograms. Thereby, we underline the accuracy of the inversion results and the significant role of the proposed calibrations, showing that IP is indeed a helpful tool for providing the hydraulic information required for groundwater modeling.

GE-P.02

Beziehung zwischen Cole-Cole-Modellparametern in den Formulierungen für die dielektrische Permittivität und für die elektrische Leitfähigkeit

J. K. Limbrock, A. Kemna

Universität Bonn, Institut für Geowissenschaften, Abteilung Geophysik, Bonn, Deutschland

Zur Auswertung von Messungen der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) und zur Beschreibung des zugehörigen frequenzabhängigen Relaxationsverhaltens werden häufig sogenannte Cole-Cole-Modelle genutzt. Typischer Weise werden hierzu bei geophysikalischen Anwendungen das Cole-Cole-Modell in der Formulierung für die komplexwertige elektrische Leitfähigkeit und das sogenannte Pelton-Modell für den komplexwertigen spezifischen Widerstand genutzt. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Modellbeschreibungen, insbesondere der Unterschied zwischen den jeweiligen Zeitkonstanten, sowie deren Umrechnung sind dabei bereits gut untersucht. Zusätzlich zu diesen beiden Modellformulierungen gibt es noch eine dritte und ursprüngliche Formulierung des Cole-Cole-Modells: für die komplexwertige dielektrische Permittivität. Diese Modellformulierung wird häufig in den Materialwissenschaften genutzt, um das frequenzabhängige Polarisationsverhalten zu beschreiben. In der Regel können alle diese Modellformulierungen gleichwertig für das Fitten von SIP-Daten genutzt werden. Hierbei ergeben sich jedoch unterschiedliche Werte für die verschiedenen Modellparameter, in Abhängigkeit von der gewählten Modellformulierung. Auch unterscheiden sich die verschiedenen Modellparameter in ihrer physikalischen Bedeutung. Um (Literatur-)Werte für Cole-Cole-Modellparameter verschiedener Messungen direkt miteinander vergleichen zu können, ist es somit zwingend erforderlich, dass diese auf der gleichen Modellformulierung basieren. Andernfalls ist eine entsprechende Umrechnung notwendig. In der hier vorgestellten Studie wurde die mathematische Beziehung zwischen den Cole-Cole-Modellparametern in der Formulierung für die dielektrische Permittivität und die elektrische Leitfähigkeit hergeleitet. Diese Umrechnung ist allerdings nur für die Debye-Formulierung, also einen Cole-Cole-Exponenten von Eins, möglich. Die hergeleitete Beziehung ist auch für die entsprechende Umrechnung von Modellformulierungen mit mehrfachen Debye-Termen gültig. Hieraus ergibt sich insbesondere eine Beziehung zwischen den jeweiligen Peak-Relaxationszeiten der entsprechenden Relaxationszeitenverteilungen. Die abgeleiteten Beziehungen ermöglichen, zusammen mit den bereits bekannten Beziehungen für die Modellparameter in der Leitfähigkeits- und Widerstandsformulierung, die Umrechnung der Modellparameter zwischen allen drei gängigen Cole-Cole-Formulierungen zur Beschreibung elektrischer Polarisationsphänomene.

GE-P.03

Nichtlineare elektrische Effekte an Erzproben

Z. Zhang, K. Breede, A. Weller

Technische Universität Clausthal, Institut für Geologie und Paläontologie, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland

An Erzproben wurden bei Laboruntersuchungen mit der Methode der spektralen induzierten Polarisation (SIP) nichtlineare Strom-Spannungsbeziehungen beobachtet. Um diese Effekte genauer zu untersuchen, wurde die an die Messzelle angelegte Spannung systematisch in einem Bereich vom 0,1 V bis 9 V variiert. Damit änderte sich die Stromdichte in der Probe. Wir konnten zeigen, dass bis $0,1 \text{ A/m}^2$ die Stromstärke linear mit der angelegten Spannung ansteigt. In diesem Bereich ist die Probenleitfähigkeit unabhängig von der Stromdichte. Bei höheren Stromdichten zeigen einige Erzproben einen starken Anstieg der Leitfähigkeit mit der Stromdichte. Dieser Effekt, der bei der kleinsten Messfrequenz (1 mHz) besonders stark ausgeprägt ist, nimmt bei höheren Frequenzen ab. Die nichtlineare Strom-Spannungsbeziehung wirkt sich auch auf die Aufladbarkeit der Proben aus, die mit zunehmender Stromdichte abnimmt. Bei größeren Stromdichten ($> 0,1 \text{ A/m}^2$) treten nichtreversible chemische Veränderungen in einzelnen Proben auf, die bei nachfolgender Nutzung kleinerer Stromdichten nicht rückgängig gemacht werden können. Daher sollte bei SIP-Messungen an gutleitenden Erzproben zunächst mit kleinen Spannungssignalen gearbeitet werden, um die wirksame Stromdichte abzuschätzen.

GE-P.04

Temperatureinfluss bei der Abschätzung des Eisgehalts im Permafrost mit hochfrequenter induzierter Polarisation

F. Ulrich, A. Hördt, M. Sugand

Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik | Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Deutschland

Der Eisgehalt gefrorener Böden ist ein wichtiger Parameter in der Permafrostforschung, da er wegen der speziellen thermischen Eigenschaften von Eis beeinflusst, wie Permafrost auf eine Erwärmung reagiert. Eine geophysikalische Methode, mit der der Eisgehalt bestimmt werden kann, ist die hochfrequente induzierte Polarisation. Bei dieser Methode wird die frequenzabhängige elektrische Permittivität des Untergrundes über einen großen Frequenzbereich gemessen. Eine 2-D Inversion der im Gelände aufgenommenen Daten liefert ein frequenzabhängiges Spektrum von Betrag und Phase der Permittivität. Die Abschätzung des Eisgehaltes erfolgt dann über eine weitere Inversion, bei der ein petrophysikalisches Modell an die Spektren angepasst wird. Bislang wurde dabei die Temperatur des Eises nicht explizit berücksichtigt, sondern auf 0°C abgeschätzt und bei der Inversion fest vorgegeben. Allerdings ist die Relaxation und insbesondere die Relaxationszeit des Eises abhängig von der Temperatur. Bei einer Temperatur unter 0°C wird die Relaxationszeit länger. Um den Einfluss der Temperatur bei der Eisgehaltsbestimmung von Permafrostböden zu beschreiben, werden zunächst die Modellparameter eines in der Literatur beschriebenen petrophysikalischen Modells auf ihre Temperaturabhängigkeiten hin untersucht und die Auswirkungen auf die Form des Phasenspektrums beschrieben. Eine neue Inversionsroutine wird betrachtet, die das Modell an ein bereits räumlich zugeordnetes Spektrum der Leitfähigkeit anpasst und bei der die Temperatur nicht fest vorgegeben ist. Die Inversionsroutine wird auf synthetische Daten angewandt, um zu untersuchen, inwiefern eine möglicherweise unbekannte Temperatur das Inversionsergebnis beeinflusst. Es wird gezeigt, dass es durch eine Festlegung der Temperatur in der Inversion zu einem Fehler in der Eisgehaltsbestimmung kommen kann. Des Weiteren wird dargestellt, dass die Temperatur implizit aus dem Inversionsergebnis mitbestimmt werden kann und daher eine Festlegung der Temperatur nicht nötig ist.

GE-P.05

Modellierung der elektrischen Polarisations-eigenschaften von Bakterien

F. Keiser¹, M. Bucker¹, A. Mellage², N. Klitzsch³

¹Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland,

²Universität Kassel, Bauingenieur- & Umweltingenieurwesen, Kassel, Deutschland, ³RWTH Aachen, Lehrstuhl für Angewandte Geophysik 1: Computational Geoscience, Geothermie und Reservoirgeophysik, Aachen, Deutschland

Die spektrale induzierte Polarisation (SIP) erlaubt die Untersuchung der frequenzabhängigen komplexen Leitfähigkeit des Untergrundes. Im Niederfrequenzbereich (<10 Hz) reagiert die komplexe Leitfähigkeit empfindlich auf Redoxreaktionen, die die elektrischen Eigenschaften der Bodenmatrix verändern, sowie auf die Anwesenheit aktiver Mikroben. Das SIP-Signal verschiedener Bakterienkulturen wurde bereits im Labor sowohl in Suspensionen als auch in porösen Medien nachgewiesen. Dabei wurden Peaks im Imaginärteil der Leitfähigkeit zwischen 0.1 Hz und 10 Hz gemessen. Bislang wurde zur Interpretation von Zellpolarisationssignalen das klassische Kornpolarisationsmodell verwendet, welches jedoch Bakterien extrem vereinfacht und beispielsweise die Komplexität der dreidimensionalen Zellwandoberfläche nicht berücksichtigt.

Um Zellpolarisationssignale besser interpretieren zu können ist unser Ziel ein mechanistisches Modell der bakteriellen Zellpolarisation auf Grundlage der Nernst-Planck-Poisson-Gleichungen zu entwickeln. Das Modell soll ein einzelnes Bakterium in einem Elektrolyt beschreiben und besteht von innen nach außen aus vier Schichten:

- (1) einem leitenden Zellinneren,
- (2) einer nichtleitenden Membran sowie der
- (3) inneren und (4) äußeren Zellwand.

Die äußere Schicht der Zellwand besteht aus Polymeren, welche eine fixierte negative Ladungsdichte tragen. Diese Schicht ist für das umgebende Elektrolyt permeabel, sodass sich ähnlich wie bei einem Mineralkorn eine diffuse Schicht aus Kationen bildet, welche das Bakterium umgibt und die fixierten Ladungen abschirmt. Es ist plausibel, dass sich eine ähnliche Schicht auch auf der Innenseite der Zellmembran bildet.

Mit dem beschriebenen Aufbau können zunehmend komplexere Modelle entwickelt werden, indem immer mehr Prozesse berücksichtigt werden. Im einfachsten Fall kann das Bakterium als Partikel mit nichtleitender Schale und leitendem Inneren betrachtet werden, während komplexere Modelle z.B. auch den Ionenaustausch durch die Zellmembran oder die Biegsamkeit der Polymere in der äußeren Zellwand berücksichtigen. Wir planen, diese Modelle in Comsol Multiphysics numerisch umzusetzen, um die SIP-Signale von Bakterien vorherzusagen.

GE-P.06

Induktionseffekte bei hochfrequenter induzierter Polarisation

R. Schulz, A. Hördt

Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik, Angewandte Geophysik, Braunschweig, Deutschland

Die induzierte Polarisation (IP) ist eine Methode der Geophysik, bei der Wechselstrom in den Boden eingespeist wird, um die frequenzabhängige Impedanz des Untergrunds zu messen. Standardmäßig wird sich dabei an Frequenzen bis in den unteren Kilohertzbereich bedient.

Das von Radic-Research im Jahr 2018 entwickelte Messinstrument „Chameleon II“ ist für Impedanzmessungen im Feld bis zu Frequenzen von 230 kHz geeignet. Bei Untersuchungen in diesem Frequenzbereich wird von hochfrequenter induzierter Polarisation (HFIP) gesprochen. Ein Hauptanwendungsgebiet der Methode ist die Abschätzung des Eisgehaltes in Permafrostgebieten.

Bei der Auswertung und Interpretation von IP-Daten wird häufig davon ausgegangen, dass Induktionsmechanismen gegenüber Polarisationsmechanismen vernachlässigbar sind, um so die zugrundeliegenden mathematischen Beschreibungen zu vereinfachen. Begründet werden kann diese Annahme beispielsweise durch eine niedrige Induktionszahl also einen kleinen Quotienten aus Untersuchungsskala und Skintiefe. Eine niedrige Induktionszahl wird bei kleinen Auslagen, kleinen Frequenzen und hohem Widerstand erreicht. In alpinem Permafrost ist diese Bedingung wegen der sehr hohen spezifischen Widerstände meist gut erfüllt. In arktischem Permafrost sind die Widerstände häufig niedriger, und Induktionseffekte können bei den hohen Frequenzen, die für die Abschätzung des Eisgehalts notwendig sind, nicht grundsätzlich vernachlässigt werden.

Ziel ist es Daten, zum Beispiel aufgenommen mit der „Chameleon II“, unter Berücksichtigung des Induktionseffekts zu interpretieren. Es wird untersucht, unter welchen Voraussetzungen Induktionseffekte vernachlässigbar sind und ob andernfalls eine Korrektur dieser möglich ist. Dazu werden Daten verschiedener geschichteter Untergrundmodelle mit und ohne Induktionseffekte modelliert und miteinander verglichen. Um den Induktionseffekt für ein konkretes Modell gezielt kontrollieren zu können, wird es sich zu Nutze gemacht, dass der Einfluss des Induktionseffekts von der Induktionszahl und somit von der Untersuchungsskala abhängt. Bei einem Herunterskalieren von Schichtdicken und Elektrodenabständen im gleichen Maße werden Induktionseffekte vernachlässigbar ohne andere Aspekte des Modells, wie Widerstand oder Frequenz, verändern zu müssen.

GE-P.07

Auswirkung von Mikrovariabilität auf die elektrischen Gesteinseigenschaften – Untersuchungen basierend auf Mikrostruktursimulationen

J. Börner, P. Menzel, M. Scheunert

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

In der Petrophysik werden die physikalischen Eigenschaften von Gesteinen in der Regel durch Labormessungen an einzelnen oder wenigen Proben bestimmt. Diese Werte können nicht ohne weiteres auf die gesamte Gesteinsformation extrapoliert werden, da die Eigenschaften von der individuellen Mikrostruktur abhängen und lokal stark variieren können.

Um zu untersuchen, wie sich Mikrovariabilität auf die petrophysikalischen Größen auswirken, erzeugen wir Ensembles zufälliger Repräsentationen der Mikrostruktur einer Probe auf der Grundlage makroskopischer Parameter wie Porosität und mittlere Korngröße. Für jede Mikrostruktur werden die entsprechenden petrophysikalischen Größen simuliert und statistisch ausgewertet.

In dieser Studie werden Ensembles für verschiedene Arten von 2D-Mikrostrukturen erzeugt, die parametrisiert werden können. Für jede virtuelle Probe wird der elektrische Widerstand simuliert und analysiert, um seine Abhängigkeit von der Mikrovariabilität zu bewerten.

GE-P.08

Physics Informed Neural Networks for DC Resistivity Problems

S. Weit

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

Machine Learning is becoming a more and more relevant topic in a variety of applications.

However, typical machine learning approaches utilizing neural network require a large quantity of labeled training data to attain high amounts of accuracy. This can pose a problem for geophysical applications, as very large amounts of correctly labeled data can be hard to obtain. The amount of data needed is further inflated, because a large variety of data are needed to attain a network whose prediction is not limited to very few cases. Even given large data sets, a geophysical modeling or inversion using neural networks is not guaranteed to produce a result that satisfies the underlying physics.

One approach to mitigate these problems could be utilizing Physics Informed Neural Networks (PINNs). For this, the loss function used to train the network is expanded with a term derived from the relevant partial differential equation. This term is acquired using automatic differentiation inherent to many deep-learning implementations. For the present poster, the DC resistivity problem is considered and such the relevant partial differential equation is the continuity equation. This incentivizes the network to produce physically correct outputs, resulting in a network that can predict using a select few boundary values for training. In a first step, this PINN is used to simulate physically correct potential distributions, which will be illustrated on various cases. A second step lies in the application of this framework to the inverse DC problem.

GE-P.09

Unlocking the Secrets of Complex Conductivity Changes: A Combined Experimental and Simulation Approach

M. Sonntag¹, M. Scheunert¹, J. Börner¹, H. A. K. Bräuer¹, V. Herdegen²

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland, ²TU Bergakademie Freiberg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik, Freiberg, Deutschland

We are investigating the dynamic changes in the complex electrical conductivity of porous media, driven by fluid flow through its pore space. Our experimental approach uses a set-up with a flow cell filled with natural and artificial porous media and a sodium chloride solution as a tracer fluid. Physico-chemical processes such as adsorption and desorption of ions on solid surfaces of charged particles are thought to be responsible for the variations in polarization properties of the media. To describe these dynamic complex conductivity changes, we have developed an electro-chemical model based on the Pelton model, that accounts for both fluid conductivity and inner surface area. In parallel, we exploit the TU Freiberg and TU Chemnitz MATLAB FE library to create finite element simulations that can be compared to the measured apparent complex conductivities in a virtual experiment. Our poster shows the experimental setup, the numerical modeling approach and compares simulated and measured data.

GE-P.10

Geoelektrisches Monitoring der Bodenfeuchte an urbanen Pflanzenstandorten

J. Hoppenbrock^{1,2}, R. Glebe², N. Krüger³, M. Beyer³, F. Feldmann¹, A. Flores-Orozco⁴, M. Bücken²

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün, Braunschweig, Deutschland, ²Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland, ³Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie, Braunschweig, Deutschland, ⁴Technische Universität Wien, Department of Geodesy and Geoinformation, Wien, Österreich

Hydrogeophysikalisches Monitoring der Bodenfeuchte kann einen wichtigen Beitrag zur Planung und Pflege von Stadtgrün leisten. Durch den Klimawandel wird die Verfügbarkeit von Wasser im Boden immer mehr eingeschränkt. Dies stellt vor allem im urbanen Raum, wo den Pflanzen zusätzlich wenig Platz zur Verfügung steht und versiegelte und verdichtete Flächen die Infiltration von Regenwasser verhindern, eine große Herausforderung dar. Die Bodenfeuchte spielt jedoch eine entscheidende Rolle für die Pflanzenvitalität und ist dadurch relevant für die Ökosystemleistung der Pflanzen. Insbesondere Stadtbäume leisten neben der Kohlenstoffsequestrierung z.B. durch Kühleffekte einen wichtigen Beitrag zur Abmilderung von Klimafolgen im urbanen Raum.

Im Rahmen eines interdisziplinären Projektes untersuchen wir hier die Anwendbarkeit von geophysikalischen Methoden zur Charakterisierung der Bodenfeuchte in der Rhizosphäre im urbanen Raum. In einem ersten Experiment wurden dazu zunächst geoelektrische Messungen auf einem Versuchsfeld mit verschiedenen Pflanzen und punktueller Bewässerung im Boden durchgeführt. Es wurden dabei zum einen Gleichstromgeoelektrikmessungen (GG-Messungen) mit 0,4 m Elektrodenabstand an der Oberfläche, und zum anderen auch Bohrlochmessungen mittels Spektraler Induzierter Polarisation (SIP) für eine höhere räumliche Auflösung in der Rhizosphäre (minimaler Elektrodenabstand 4 cm) zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt. Die Messungen wurden dabei sowohl für die Beobachtung von jahreszeitlichen Schwankungen in Abständen von Monaten, als auch für die Analyse von Bewässerungsereignissen zeitlich hochaufgelöst in Abständen von etwa einer Stunde durchgeführt.

Die GG-Messungen an der Oberfläche wurden für die Untersuchung der Schichtungen im Untergrund zuerst einzeln invertiert. Es zeigen sich Schichten mit variablen Ton- und Sandanteilen. Während die Auswirkung der Bewässerungsereignisse durch unabhängig voneinander durchgeführte Inversionen nicht aufgelöst werden kann, wird die Bewässerung durch die Anwendung eines Time-Lapse Inversionsansatzes in Form einer Verringerung des spezifischen Widerstands sichtbar. Auch in den SIP-Messungen in den Bohrlöchern macht sich die Bewässerung sowohl im Real- und Imaginärteil der Rohdaten, als auch in den Time-Lapse-Ergebnissen bemerkbar. Es zeigt sich, dass der hier verwendete geoelektrische Aufbau für ein Monitoring der Bodenfeuchte geeignet ist und in Zukunft auch im urbanen Raum angewendet werden kann.

GE-P.11

Geoelectrical Monitoring of freshwater/saltwater interactions at the high-energy beach of Spiekeroog (DynaDeep) – Evaluating and determining optimal parameters of geostatistical inversion

N. Skibbe, P. Oelkers, T. Günther, M. Müller-Petke

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik & Elektromagnetik, Hannover, Deutschland

Subterranean estuaries are hidden connective zones between inland aquifers and the open sea where meteoric freshwater and circulating seawater mix and undergo major biogeochemical changes. As a subproject of the recently started research unit DynaDeep, we study the groundwater flow patterns as a function of hydro- and morphodynamics.

Investigating the dynamics of the saltwater/freshwater interface presents an ideal target for ERT. However, the resolution to accurately image the fast changing environment especially at high energy beaches with high tidal fluxes can be improved by additional measurements such as direct-push (DP) data and pore-water sampling when included in the inversion process. We use a geostatistical regularization, which allows introducing mesh independent correlation length in the inversion enabling physical length scales for regularization and better supporting time-lapse inversion to monitoring over a hydrological season including strong topographic changes. This, however, raises several questions: How to choose optimal inversion parameter and how sensible is the result with respect to those? What is the best way introducing the DP data in the ERT inversion process?

We present a synthetic study with the focus of the choice of regularization parameters, like the correlation length, and present a method to deduce these parameters (vertical at least) directly from the DP data. We also present the first synthetic models investigating the sensitivities of combined inversions on the inversion parameter choice and show how the additional DP data can help to increase resolution and robustness of ERT measurements in these environments.

GE-P.12

Application of 3D Electric Resistivity Tomography for the monitoring of soil water dynamics - An experiment with Scots pine in the North German lowlands

E. Hemmens¹, B. Ahrends², K. Bosch¹, S. Fleck², H. Meesenburg², U. Noell¹, S. Stadler¹, E. Hemmens^{1,3}

¹BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Berlin, Deutschland, ²NW-FVA Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen, Deutschland, ³Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Berlin, Deutschland

In a joint project between the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) and the Northwest-German Forest Research Institute (NW-FVA) the effect of selected climate adapted tree species on groundwater recharge is observed. The installation of 3D ERT monitoring plots serves the purpose of mapping the dynamic evolution of soil water movement in a selected soil volume. One observation plot within the project is located in a Scots pine (*Pinus sylvestris*) forest in the North German lowlands. Starting in September 2022 an area of 17 m by 6.5 m containing three Scots pines was equipped with a 3D ERT Array using 300 electrodes with distances of 0.5 m and 1 m. We apply 3D inversion separately to the ongoing measurements (one measurement every six hours). In addition, we performed time-lapse inversion to visualize differences between the single measurement steps.

The expected highly variable soil moisture dynamics along with dry conditions in summer pose a challenge to the ERT measurements. We limited the current to a maximum of 10 mA in order to prevent sparks under extremely dry soil conditions and accepted the loss of data quality. In order to keep the measurement time for a single measurement low, we only performed reciprocal measurements for one fifth of the data. Counting in the drawbacks regarding the data quality, we used a fixed error estimation of 6% and the L1 norm for the inversion. In the inversion results, we could find lower electric resistivities associated with the location of Scots pine specimens in the monitoring plot. Furthermore, we observed diurnal changes between the single measurements in the time-lapse inversion results, which are subject to further investigations.

GE-P.13

Geoelektrische Untersuchung des Krähenmoors mit ERT und HFIP

P. von Unwerth¹, A. Hördt², S. Frank³

¹Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik, AG Angewandte Geophysik, Braunschweig, Deutschland, ²Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik, AG Angewandte Geophysik, Braunschweig, Deutschland, ³Johann Heinrich von Thünen-Institut, Agrarklimaschutz, Braunschweig, Deutschland

Moore sind ein wichtiger Faktor im Kampf gegen den Klimawandel. Je nach Zustand kann es als Kohlenstoffquelle oder -speicher dienen. Den Zustand eines Moors quantitativ zu untersuchen, ohne großen Schaden an dem Ökosystem anzurichten, bleibt eine Herausforderung. Eine gute, nicht invasive Methode, ein Moor im Untergrund zu untersuchen, bietet die Gleichstromgeoelektrik (ERT). Diese Methode wurde in einer Wenner und Dipol-Dipol Auslage auf zwei orthogonalen Profilen verwendet, um das naturbelassene Hochmoor *Krähenmoor* bei Steimbke in der Tiefe zu untersuchen. Vermutet durch vorherige Untersuchungen des Thünen-Instituts wurde eine horizontal monotone Schichtung von Schwarztorf ca. 0 bis 4 m. Eine 2D-Inversion der im Gelände aufgenommenen Daten liefert eine räumliche Verteilung des spezifischen Widerstandes über die Erkundungstiefe. In dieser Darstellung können bereits die Schichtgrenzen differenziert werden. Um die Grenze zwischen Torf und silikatischem Unterboden mithilfe einer 1D-Inversion noch genauer zu definieren, wurde aus dem 2D-Datensatz ein Sondierungsdatensatz extrahiert und mittels einer 1D-Inversion ausgewertet. Die Grenze liegt demnach in ca. 3,90m Tiefe, in guter Übereinstimmung mit den Vorinformationen. Neben der Gleichstromgeoelektrik wurde auch die *hochfrequente induzierte Polarisation (HFIP)* eingesetzt. Bei dieser Methode wird zusätzlich zum Betrag auch die Phasenverschiebung des spezifischen Widerstandes über einen großen Frequenzbereich (1 Hz bis 100 kHz) gemessen. Das Hauptanwendungsgebiet der Methode ist die Eisgehaltsbestimmung in der Permafrostforschung. Hier wurde die Methode auf dem Krähenmoor eingesetzt, um charakteristische Signale eines naturnahen Moorbodens herauszuarbeiten. Dies kann dazu dienen die Messsignale der *HFIP* auf Mooren mit Permafrost von den Eigensignalen des Torfes zu trennen. Die gemessenen Spektren zeigen, dass die Phasenwerte bei niedrigen Frequenzen einen konstanten Wert annehmen. In dem Bereich, der für die Torfschicht repräsentativ ist, liegen die Werte bei ca. -88 Grad.

Geophysik in der Öffentlichkeit

GO-A.01

FID GEO: How publishing and linking all research products fosters open and visible geophysical research.

M. Lorenz¹, K. Elger¹, M. Semmler²

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland, ²Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Göttingen, Deutschland

Improving the visibility and acceptance of open science by researchers and the public is a long-standing demand of modern science policy. The change requires a transformation of publication processes and poses diverse challenges. Different business and funding models for open access need to be developed and established. New journals often take years to gain a reputation similar to that of traditional subscription journals. In addition, there is an increasing demand to not only make research articles publicly available, but all data, software and even samples. All of this has to evolve and be accepted by the scientific community.

The Specialized Information Service for Geosciences (Fachinformationsdienst Geowissenschaften - FID GEO) is a community-oriented service-project realized by the GFZ German Research Centre for Geosciences (GFZ) and the State and University Library Göttingen (SUB), funded by the German Research Foundation (DFG). The project promotes and enables holistic access to digital scientific resources by considering the entire chain of scientific products in the geoscience publication cycle - from sample to data and software to scientific articles – and by promoting the best possible digital linkage of all individual elements. FID GEO actively provides data and text publishing services as well as an on-demand digitization service for texts and older, non-digitally available publication series, like the “Zeitschrift für Geophysik” or the DGG “Rote Blätter”. In detail, research data and scientific software can be published via the domain repository GFZ Data Services, run at GFZ in Potsdam. The service for text publications is provided in FID GEO's own domain repository GEO-LEOe-docs, realized by the SUB in Göttingen.

In addition, FID GEO aims to comprehensively inform the community about Open Science policies, developments and best practices (such as FAIR data) by bringing the discussions to individual research groups and sub-communities through workshops, talks and individual consultations.

GO-A.02

Ein relationales Datenbankkonzept für geowissenschaftliche Labordaten

S. Nordsiek, M. Halisch

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Sektion 5 - Gesteinsphysik & Bohrlochgeophysik, Hannover, Deutschland

Die Gewinnung geophysikalischer Forschungsergebnisse ist in der Regel mit hohem Aufwand verbunden, sowohl bei Untersuchungen im Gelände, als auch bei Laborstudien. Bei Letzteren sind es Faktoren wie aufwendig hergestellte Probekörper, langwierige Versuchsreihen oder seltenes Probenmaterial, die die resultierenden Daten besonders wertvoll machen. Um einmal gewonnene Messdaten nachhaltig nutzen und später mit der wissenschaftlichen Community teilen zu können, wird eine Datenbank benötigt, die die Daten den Forschenden verständlich und langfristig verfügbar macht. Dabei muss beachtet werden, dass für eine möglichst breite Nutzung zusätzliche Informationen, sogenannte Metadaten, benötigt werden. Diese Metadaten beziehen sich zum Beispiel auf das verwendete Messgerät, das Probenmaterial oder den Messablauf. Das Gesamtpaket aus Messdaten und zugehörigen Metadaten bezeichnet man als Forschungsdaten. Die FAIR Prinzipien beschreiben Bedingungen, denen Forschungsdaten entsprechen sollten, um für die wissenschaftliche Community verwendbar zu sein. FAIR ist dabei ein Akronym, das die wesentlichen Anforderungen an Forschungsdaten zusammenfasst: auffindbar (findable), zugänglich (accessible), interoperabel (interoperable) und wiederverwendbar (reusable). Im Rahmen eines NFDI4Earth-Pilotprojektes entwickeln wir ein konzeptionelles Datenbankmodell, das den o.g. Prinzipien folgt. Zusätzlich sind weitere Bedingungen zu erfüllen, die an eine geophysikalische Datenbank gestellt werden. Die nachträgliche Erweiterbarkeit muss gegeben sein, um z. B. neu entwickelte Untersuchungsmethoden oder Auswertelgorithmen aufnehmen zu können. Für eine breite Anwendbarkeit ist die Einbeziehung weiterer geowissenschaftlicher Disziplinen essentiell, so dass die Anpassbarkeit der abgefragten bzw. bereitgestellten Forschungsdaten an die jeweilige Disziplin der Nutzenden gegeben sein muss. Die Komplexität realer Laborstudien, bei denen die Kombination verschiedener Messdaten und Auswertemethoden, ggf. auch mit älteren Datensätzen, darstellbar sein muss, stellt eine weitere Anforderung an das Konzept einer solchen Datenbank dar. In unserem Konzept bedienen wir uns einer relationalen Datenbankstruktur, um die erforderliche Flexibilität insbesondere langfristig zu gewährleisten. Die Nutzung disziplinspezifischer Thesauri und die Einbindung vorhandener Systeme durch verbreitete persistente Identifikatoren öffnet das Datenbankkonzept auch für andere geowissenschaftliche Disziplinen.

GO-K.01

Das Geologiedatengesetz – Eine Einführung

H.-J. Brauner¹, B. Futterer²

¹Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover, Deutschland, ²Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Cottbus, Deutschland

Das Geologiedatengesetz (GeolDG) ist am 30. Juni 2020 in Kraft getreten. Es hat das Lagerstättengesetz (LagerstG) abgelöst und führt zu einer umfassenden gesetzlichen Neuregelung im Bereich der Aufnahme, Archivierung und Veröffentlichung geologischer Daten. Vorrangige Ziele des Gesetzes sind die Sicherung und die öffentliche Bereitstellung geologischer Daten, den nachhaltigen Umgang mit dem geologischen Untergrund zu gewährleisten sowie Geogefahren zu erkennen und bewerten zu können.

Von den umfangreichen Neuregelungen durch das Geologiedatengesetz sind ebenfalls die Auftraggeber von geologischen Untersuchungen und die zur Durchführung Beauftragten, wie z.B. Bohrfirmen etc., betroffen. Nach § 8 GeolDG besteht eine Anzeigepflicht für alle geologischen Untersuchungen spätestens zwei Wochen vor Beginn bei der zuständigen Behörde. Auch die Datenübermittlung und öffentliche Bereitstellung regelt das GeolDG mittels Fristen.

Dabei fasst die im Gesetz definierte „Geologische Untersuchung“ alle allgemein geologischen, rohstoffgeologischen, ingenieurgeologischen, geophysikalischen, mineralogischen, geochemischen, bodenkundlichen, geothermischen, hydrogeologischen sowie geotechnischen Messungen und Aufnahmen der Erdoberfläche, des geologischen Untergrunds, des Bodens oder des Grundwassers, die mit Hilfe von Schürfen, Bohrungen, Feld- oder Bohrlochmessungen und sonstigen Erkundungsmethoden wie der Fernerkundung gewonnen werden sowie die Aufbereitung der hierbei gewonnenen Daten mit am Markt verfügbaren technischen Mitteln in vergleichbare und bewertungsfähige Daten sowie Analysen und Bewertungen dieser Daten z.B. in Form von Gutachten, Studien oder räumlichen Modellen des geologischen Untergrundes.

Mit den beiden Vorträgen wird das Gesetz grundlegend und zum Vollzug des Gesetzes Anzeigeverfahren in den Ländern sowie Prozesse der Datenübermittlung und Verwaltungsvorgänge zur Datenbereitstellung vorgestellt.

GO-K.02

Von der Anzeige geologischer Untersuchungen bis zur Übermittlung und Bereitstellung geologischer Daten

B. Futterer¹, H.-J. Brauner²

¹Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Cottbus, Deutschland, ²Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover, Deutschland

Das Geologiedatengesetz (GeolDG) ist am 30. Juni 2020 in Kraft getreten. Es hat das Lagerstättengesetz (LagerstG) abgelöst und führt zu einer umfassenden gesetzlichen Neuregelung im Bereich der Aufnahme, Archivierung und Veröffentlichung geologischer Daten. Vorrangige Ziele des Gesetzes sind die Sicherung und die öffentliche Bereitstellung geologischer Daten, den nachhaltigen Umgang mit dem geologischen Untergrund zu gewährleisten sowie Geogefahren zu erkennen und bewerten zu können.

Von den umfangreichen Neuregelungen durch das Geologiedatengesetz sind ebenfalls die Auftraggeber von geologischen Untersuchungen und die zur Durchführung Beauftragten, wie z.B. Bohrfirmen etc., betroffen. Nach § 8 GeolDG besteht eine Anzeigepflicht für alle geologischen Untersuchungen spätestens zwei Wochen vor Beginn bei der zuständigen Behörde. Auch die Datenübermittlung und öffentliche Bereitstellung regelt das GeolDG mittels Fristen.

Dabei umfasst die im Gesetz definierte „Geologische Untersuchung“ alle allgemein geologischen, rohstoffgeologischen, ingenieurgeologischen, geophysikalischen, mineralogischen, geochemischen, bodenkundlichen, geothermischen, hydrogeologischen sowie geotechnischen Messungen und Aufnahmen der Erdoberfläche, des geologischen Untergrunds, des Bodens oder des Grundwassers, die mit Hilfe von Schürfen, Bohrungen, Feld- oder Bohrlochmessungen und sonstigen Erkundungsmethoden wie der Fernerkundung gewonnen werden sowie die Aufbereitung der hierbei gewonnenen Daten mit am Markt verfügbaren technischen Mitteln in vergleichbare und bewertungsfähige Daten sowie Analysen und Bewertungen dieser Daten z.B. in Form von Gutachten, Studien oder räumlichen Modellen des geologischen Untergrundes.

Mit den beiden Vorträgen wird das Gesetz grundlegend und zum Vollzug des Gesetzes Anzeigeverfahren in den Ländern sowie Prozesse der Datenübermittlung und Verwaltungsvorgänge zur Datenbereitstellung vorgestellt.

GO POSTER

Geophysik in der Öffentlichkeit

GO-P.01

Weiblich oder männlich, das ist hier die Frage! Wirklich? Geschlechtsbezogene Statistiken der DGG

S. Donner¹, A. Devdariani², C. Hadziioannou², K. Hannemann³, R. Maaß², T. Martin⁴, K. Schwalenberg¹

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, Deutschland, ²Universität Hamburg, Hamburg, Deutschland, ³WWU Münster, Münster, Deutschland, ⁴Universität Lund, Lund, Schweden

In dem gleichnamigen Artikel, veröffentlicht in den letztjährigen DGG-Mitteilungen (Ausgabe 2022/2), haben sich Vertreterinnen des DGG Komitees Chancengleichheit die Zahlen zur Geschlechterverteilung innerhalb der DGG angeschaut. Die Statistik der DGG Mitglieder wurde für die Jahre 2014 bis 2021 in drei unterschiedlichen Schemata der Altersklassifizierung jeweils getrennt für Frauen und Männer dargestellt: die DGG-Klassifizierung (Junior, Normal, Senior), eine numerische Altersklassifizierung in 5-Jahresschritten und eine Klassifizierung nach Karrierestatus. Außerdem haben wir uns die Statistik der Beitragenden auf Jahrestagungen, Plenarvortragende und die Statistik über die Empfänger*Innen von Preisen und Ehrungen in unterschiedlichen Zeiträumen von maximal 2000 bis 2022 angeschaut (Zeitraum abhängig von der Datenbasis).

Wir haben in der DGG bereits eine gute Datengrundlage für die Evaluierung von Chancengleichheit zwischen den Geschlechtern und befinden uns auf einem guten Weg in Richtung Gleichstellung. Trotzdem wird es bei der momentanen Entwicklung noch einige Jahrzehnte dauern, bis wir in der DGG Parität in der gesamten Alters- und Karrierestruktur erreichen. Als Vertreterinnen des Komitees Chancengleichheit sehen wir eine unserer Aufgaben, hier durch Statistiken zu informieren und gezielte Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen.

Auf diesem Poster wollen wir die Ergebnisse noch einmal präsentieren und allen eine Gelegenheit bieten, über diese Statistiken mit uns ins Gespräch zu kommen.

GO-P.02

Neuer DGG Arbeitskreis: Kampfmitteldetektion

J.-P. Schmoldt¹, C. Virgil², P. Gödickmeier³, J.-P. Schmoldt¹

¹Tauber Geo-Consult GmbH, Forschung & Entwicklung, Greven, Deutschland, ²TU Braunschweig, Angewandte Geophysik, Braunschweig, Deutschland, ³TU Bergakademie Freiberg, Geophysik, Freiberg, Deutschland

Die Räumung von Kampfmitteln ist noch immer ein sehr bedeutendes und aktuelles Thema. So existieren allein aus Bombardierungen im Zuge des Zweiten Weltkrieges in Deutschland noch geschätzte 250 Tausend Tonnen ungeborgenes Sprengmaterial. Hinzu kommen erhebliche Vorkommen aus Artillerie- und Infanteriekämpfen, sowie aus der Rüstung und unsachgemäßen Vernichtung. Neben der Kampfmittelbelastung in Deutschland gibt es eine Vielzahl weiterer Länder, die von Munitions-Altlasten vergangener wie auch aktueller Konflikte betroffen sind. Wesentliche Schwerpunkte bei der Räumung stellen zunächst eine zuverlässige Detektion und idealerweise die Identifikation dieser Kampfmittel dar. Aufgrund der enormen Kampfmittelbelastung ist im Allgemeinen sowohl eine hohe Effizienz aber auch eine sehr gute Verlässlichkeit der gewählten Untersuchungsverfahren von großer Bedeutung. Viele der Verfahren, die bei der Ortung der Kampfmittel heute eingesetzt werden, wie beispielsweise die Magnetik, die elektromagnetische Induktion oder das Georadar, stammen aus der Geophysik. Diese Nähe zur Geophysik schafft daher die Möglichkeit die Erkenntnisse, die sich Geophysiker*innen erarbeiten, in den Bereich der Kampfmittelräumung zu übertragen.

Das Ziel dieses neuen Arbeitskreises ist es, eine Plattform für den interdisziplinären Austausch zum beschriebenen Themenbereich der Kampfmittelräumung zu schaffen. Daher ist ein erstes, wichtiges Anliegen die Identifikation offener Fragestellungen und daraus resultierend die Formulierungen von Problemen als potenzielle Schwerpunktthemen für weitere wissenschaftliche Untersuchungen. Im Weiteren soll den identifizierten Schwerpunkten durch die gemeinsame Entwicklung neuer aber auch Weiterentwicklung bereits bestehender Methoden zur Kampfmitteldetektion und -identifikation begegnet werden. Ein wichtiges Ziel des Arbeitskreises ist dabei natürlich die Verknüpfung dieser Ansätze über dessen Mitglieder, so dass die gemeinsamen Ressourcen und Expertisen auf den jeweiligen Fachgebieten optimal genutzt werden können, um entsprechende Projektideen entstehen zu lassen sowie diese zu realisieren. Anhand der Ergebnisse des Arbeitskreises soll die Güte und Effizienz der Kampfmittelräumung optimiert werden und die Sicherheit für Personen, Schutzgüter und die Umwelt erhöht werden. Eine ausführlichere Übersicht über den neuen Arbeitskreis gibt es auf der Webseite der DGG: <https://dgg-online.de/ak-kampfmitteldetektion>.

GO-P.03

Das Geologiedatengesetz im marinen Bereich - Geophysikalische & geologische Daten in der AWZ

M. Breitzke¹, P. Knobloch²

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, FB 1.4 Marine Rohstofferkundung, Hannover, Deutschland, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, FB 3.1 Nutzungspotenziale des geologischen Untergrundes, Berlin, Deutschland

Das Geologiedatengesetz (GeolDG) ist am 30. Juni 2020 in Kraft getreten. Es löst das Lagerstättengesetz von 1934 ab und regelt die Grundlagen für die staatliche geologische Landesaufnahme, die Anzeige und Übermittlung geologischer Daten an die zuständigen Behörden sowie deren Pflichten zur dauerhaften Sicherung und öffentlichen Bereitstellung geologischer Daten. Der Anwendungsbereich erstreckt sich sowohl auf Daten, die den Behörden bereits vor Inkrafttreten des GeolDG vorlagen („Altdaten“), als auch auf neu gewonnene geologische Datensätze. Zuständige Behörden sind die staatlichen geologischen Dienste der Länder für den „onshore“ Bereich sowie die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe für den „offshore“ Bereich der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ).

Dieses Poster gibt einen Überblick über die Lage der vorliegenden „Altdaten“ sowie die seit Inkrafttreten des GeolDG neu angezeigten Daten in der AWZ.

Die vorliegenden „Altdaten“ wurden vorwiegend im Rahmen der Exploration auf Kohlenwasserstoffe (KW) in den 1970er - 2010er Jahren gewonnen und zielten auf eine Untersuchung des tiefen Untergrundes ab. Insgesamt liegen 154 2D-reflexionsseismische Surveys mit einer Gesamtlänge von ca. 140.000 km und 7 3D-reflexionsseismische Surveys mit einer Gesamtfläche von ca. 8.700 km² vor. Ergänzt werden diese Daten durch 3 gravimetrische Surveys, 85 KW-Bohrungen mit einer mittleren Bohrteufe von ca. 3.250 m sowie mehr als 1.000 flachere (ingenieur-)geologische Bohrungen und eine Labordatenbank mit mehr als 10.000 Einträgen zu sedimentologischen, geochemischen und mineralogischen Analysen.

Die nach Inkrafttreten des GeolDG neu angezeigten geologischen Untersuchungen zielen vorwiegend auf eine Untersuchung des flacheren Untergrundes ab. Neben hochauflösenden reflexionsseismischen Messungen kommen hier hydroakustische Geräte wie Sedimentecholot, Fächerecholot und Seitensichtsonar zum Einsatz, ergänzt durch magnetische Messungen, Bohrungen, Drucksondierungen (CPTs) und Beprobungen des meeresbodennahen Sediments mit Vibrocorer, Schwere-, Kasten- und Kolbenlot, Kastengreifer sowie Unterwasserfotos und -videos. Zielsetzungen solcher geologischen Untersuchungen sind beispielsweise Flächenvorerkundungen für Windparks, Kartierungen des Meeresbodens sowie die Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen. Insgesamt wurden bislang 26 geologische Untersuchungen in der AWZ angezeigt, deren Fachdaten nach den im GeolDG geregelten Fristen öffentlich bereitgestellt werden.

UI VORTRÄGE

Ingenieur- und Umweltgeophysik

UI-A.01

Geophysikalische Messungen an Submarine Groundwater Discharge (SGD) Lokationen im Königshafen (Sylt) und Vergleich mit Luftbildern und in-situ Leitfähigkeitsmessungen

T. Wunderlich^{1,2}, M. E. Böttcher^{3,4,5}, C. M. Ehlert von Ahn³, E. Erkul¹, S. Fischer¹, B. Gilfedder⁶, R. Gründling⁷, J. Igel⁸, A.-K. Jenner³, E. Lu¹, U. Mallast⁹, N. Moosdorf^{1,10}, M. Müller-Petke⁸, W. Rabbel¹, M. Ronczka⁸, D. Wilken^{1,2}

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²SFB 1266 Scales of Transformation, Kiel, Deutschland, ³Leibniz IOW, Geochemie und Isotopen-Biogeochemie, Warnemünde, Deutschland, ⁴Universität Greifswald, Marine Geochemie, Greifswald, Deutschland, ⁵Universität Rostock, Interdisziplinäre Fakultät, Rostock, Deutschland, ⁶Universität Bayreuth, Bayreuth, Deutschland, ⁷Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Department Bodensystemforschung, Leipzig, Deutschland, ⁸Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland, ⁹Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Department Monitoring- und Erkundungstechnologien, Leipzig, Deutschland, ¹⁰Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung (ZMT), Bremen, Deutschland

Submarine Groundwater Discharge (SGD) liefert einen bisher unbekanntem Anteil an Süßwasser und chemischen Bestandteilen für die Ozeane. Weltweit wird SGD von sehr lokalen bis zu regionalen Skalen mit unterschiedlichsten Methoden untersucht. Das DFG-Projekt „Königshafen Submarine Groundwater Discharge Network“ (KiSNet) hat zum Ziel die verschiedenen Disziplinen zu verknüpfen und geeignete Methodenkombinationen zu finden. Dazu wurden im Königshafen auf Sylt zwischen 2019-2022 Messkampagnen unterschiedlicher Disziplinen zur Untersuchung von SGD durchgeführt. In diesem Beitrag fokussieren wir uns auf die geophysikalischen Ergebnisse zur Lokalisierung von SGD-Lokationen, die mit Geoelektrik, Seismik, Elektromagnetischer Induktion (EMI), Georadar und Oberflächen-Nuklearmagnetischer Resonanz (Oberflächen-NMR) sowohl im Watt als auch im Wasser erzielt wurden. Zugleich zeigen wir aber auch die Verknüpfung der Ergebnisse mit Indikatoren aus Luftbildern, sowie in-situ Leitfähigkeitsmessungen an ausgewählten Lokationen. Da das austretende Grundwasser eine geringere Leitfähigkeit als das Salzwasser der Nordsee hat, sind die SGD-Lokationen durch die Geoelektrik gut erfassbar. Unterschiedliche Mischungsverhältnisse geben jedoch in Abhängigkeit vom Standort verschiedene Salzgehalte. Damit ist allerdings die Unterscheidung zwischen tonigen und Salzwasser gesättigten Bereichen in der Elektrik nicht trivial. Zusatzinformationen kann in diesem Fall die Oberflächen-NMR liefern, was beispielsweise an Stellen mit sehr geringem NMR-sichtbarem Wassergehalt eher auf eine Tonschicht als Erklärung für hohe elektrische Leitfähigkeiten hindeutet. Die profilhaften Ergebnisse der Geoelektrik können mit Hilfe von EMI in die Fläche extrapoliert werden. Mögliche SGD-Lokationen aus geophysikalischen Messungen stimmen räumlich gut mit Indikatoren zu SGD-Lokationen aus Luftbildern der Wattfläche und in-situ Leitfähigkeitsmessungen überein. Bei dem Vergleich mit in-situ Leitfähigkeitswerten müssen die unterschiedlichen Auflösungen der Methoden betrachtet werden, als auch die hohe Dynamik im oberflächennahen Sediment. Diese Messungen sind für ein Ground truthing unerlässlich und werden idealerweise durch lange Porenwasserprofile ergänzt. Die Analyse der stabilen Wasserisotope ergänzt Hinweise auf die Süßwasserquelle. Die interdisziplinäre Kombination aller Methoden ermöglicht somit einen vielversprechenden Ansatz räumlich explizit SGD-Lokationen mit hoher Verlässlichkeit auszuweisen.

UI-A.02

Comparison of the hydrogeological properties based on IP, surface NMR and hydraulic drilling tests

T. Martin¹, A. Kass², A. Mendoza¹, D. Grombacher², C. Butron³, T. Dahlin¹

¹Lund University, Engineering Geology, Lund, Sweden, ²Aarhus University, Hydrogeophysics Group, Aarhus, Denmark,

³Trafikverket, Göteborg, Sweden

To protect groundwater resources and to avoid structural and environmental problems, for example in infrastructure projects, the knowledge about the groundwater is crucial. To determine the hydrogeological properties in an aquifer, usually drillings followed by hydraulic tests are conducted which are reliable but expensive and, in most cases, only give point-wise information. The use of geophysical methods can overcome this problem and help to minimise drillings and therefore provide continuous information while also saving resources, time and budget. It has been shown that the IP (Induced Polarisation) method can give information about the intrinsic permeability respectively the hydraulic conductivity. The NMR (Nuclear Magnetic Resonance) method can provide direct information about the water content and pore size characteristics. By combining both methods and use them in a two- or three-dimensional approach, a more elaborated interpretation of the underground is possible. We investigated three sedimentary test sites in Sweden that were chosen based on their different geological setting and the electromagnetic noise level. While for two test sites only sparse hydraulic information was available via older reports, HPT (hydraulic profiling tool) and slug tests were conducted at the third site in the South of Sweden (Mjölkalånga). At all three sites several DCIP profiles and a variety of surface NMR soundings were measured. Unfortunately, the noise conditions at the first two sites were too unfavourable to extract reliable NMR information, so only in Mjölkalånga a good NMR data quality could be achieved. That area is characterised by several geological units as postglacial clay, sand till and glaciofluvial deposits. So, focussing on test site 3 the DCIP data was inverted with AarhusInv and a permeability calculation was done based on published laboratory relationships (Weller et al. 2015). By comparing these results with the hydraulic testing, the same general trend could be found but the absolute values differ, depending on the chosen hydraulic data set (HPT or slug test). The large number of surface NMR soundings made it possible to visualise an interpolated 2D section which shows a decreasing water content and increasing relaxation times with depth.

Weller et al. (2015). Permeability prediction based on induced polarization: Insights from measurements on sandstone and unconsolidated samples spanning a wide permeability range. *Geophysics*, 80(2), D161–D173.

UI-A.03

Geophysikalische Messungen zur Charakterisierung von Moorgebieten – eine multimethodische Fallstudie im Gnarrenburger Moor

S. Costabel¹, S. Schennen², C. Salat², M. Ibs-von Seht², B. Siemon²

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Abteilung 2 Grundwasser und Boden, Berlin, Deutschland, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland

Die meisten Moore in Europa sind trockengelegt und werden landwirtschaftlich genutzt oder abgebaut. Durch die Verwitterung des belüfteten Torfbodens entweicht CO₂ und trägt somit wesentlich zur Klimaerwärmung bei. Entsprechende Gegenmaßnahmen erfordern standortspezifische Lösungen, die als Planungsgrundlage eine vorausgehende Analyse erforderlich machen. Diese schließt biologische, chemische und physikalische Merkmale des Torfkörpers und dessen Rolle im Stoff- und Wasserkreislauf mit ein.

Geophysik wird dabei nur selten in Betracht gezogen, obwohl Torf im Vergleich zu mineralischen Böden starke Kontraste in geophysikalisch meßbaren Größen aufweist. Im BGR-Forschungsprojekt „D-AERO Moore“ werden, neben der regionalen Erkundung mit dem Hubschrauber, auf einer Pilotfläche im Gnarrenburger Moor auch vom Boden aus geophysikalische Messmethoden eingesetzt und bewertet. Entscheidende Kriterien sind dabei z.B. (i) Erkundung der Torfbasis, bzw. Mächtigkeit des Torfkörpers, (ii) Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone, (iii) Verwitterungsgrad und mineralische Beimengungen.

Zum Einsatz kommen die Elektromagnetische Induktion (EMI), Ground Penetrating Radar (GPR), Radiometrie und Surface Nuclear Magnetic Resonance (SNMR). Die Radiometrie eignet sich am besten, um die laterale Ausdehnung der Torfbedeckung sichtbar zu machen, da der wassergesättigte Torf die natürliche Gammastrahlung des tieferen Mineralbodens effektiv dämpft. Das GPR Verfahren detektiert die Torfbasis als Reflektor sehr präzise und erlaubt die Bestimmung von dessen Tiefe - im Erkundungsgebiet bis über 4 m. EMI liefert flächenhaft qualitative Hinweise sowohl auf die Wassersättigung des Oberbodens als auch auf die Mächtigkeit des Torfkörpers, wobei sich der Torf durch erhöhte elektrische Leitfähigkeit vom Mineralboden der Umgebung abhebt. Das Verfahren ist aber z.B. durch Beimengungen mit Sand und Dünger gestört und daher mehrdeutig. SNMR wird nur als punktuell Verfahren eingesetzt und liefert eine plausible Abschätzung des Wassergehaltes mit bis zu 90 vol%, was wir durch Labormessungen bestätigen konnten. Die NMR-Relaxationszeiten im Labor ließen eine Korrelation mit dem Zersetzungsgrad erkennen, was durch zukünftige Studien in den Feldmaßstab übertragen werden soll.

In folgenden Arbeiten werden wir methodenübergreifende Interpretationsansätze entwickeln, um die Stärken der einzelnen Verfahren zu kombinieren.

UI-A.04

Three years 3D ERT monitoring in a Norway spruce forest: a mix of expected and unexpected results

U. Noell¹, E. Hemmens¹, B. Ahrends², H. Meesenburg², S. Fleck², S. Stadler¹, U. Noell¹

¹BGR, Grundwasser und Boden, Berlin, Deutschland, ²Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), Abt. Umweltkontrolle, Göttingen, Deutschland

During the years 2019 – 2022 we conducted a geoscientific research project in a Norway spruce forest (*Picea abies* (L.) KARST.) in the Solling mountain range in Central Germany. We combined 3D ERT with soil physical, (forest) hydrological, and hydrogeological research methods. The final aim was to evaluate the modeled soil water regimes and groundwater recharge in forests. We collected ERT array measurements every 8 hours, applied 3D inversion to the data and combined the results with soil water content measurements to construct a site specific Archie function. The developed function was used to quantify the water content in the array area. We detected higher water contents beneath the spruces and lower water content in the area where blueberry shrubs (*Vaccinium myrtillus*) prevail. During a four months drought period in spring 2020, the observed resistivities below the spruces increased below the main rooting zone of about 50 cm. We interpret this as indication of soil water depletion down to this depth. Unexpectedly we observed an obvious diurnal signal specifically in summer in the ERT measurement data. The reason for the signal is not yet clear. Temperature effects, diurnal soil water fluctuations and root water redistribution are possible reasons. We will discuss those and propose experiments for further investigation.

UI-A.05

Aerogeophysikalische Erkundung von Mooregebieten bei Gnarrenburg in Niedersachsen

B. Siemon, M. Ibs-von Seht

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland

Moore sind als Kohlenstoffspeicher auch für den Klimaschutz von großer Bedeutung. Für den Klimaschutz im Bereich der Moorböden ist eine landesweite systematische Erfassung der Moore notwendig. Moore sind dynamische Ökosysteme, sodass gewonnene Moorinformationen über die Zeit an Zuverlässigkeit verlieren. Durch Kultivierungsmaßnahmen sowie oxidativen Torfverzehr, Sackung oder Schrumpfung haben sich sowohl die Ausdehnung der Moorflächen als auch die Mächtigkeit der Moorböden verändert, sodass die Erfassung des Ist-Zustandes der Moore (Ausdehnung und Mächtigkeit) regelmäßig wiederholt werden sollte.

Aerogeophysikalische Methoden bieten eine Alternative (Siemon et al., 2020) zu den traditionell für eine Moorerkundung eingesetzten Verfahren am Boden, die arbeitsintensiv und nicht geeignet sind, räumliche Informationen in großem Umfang schnell zu erfassen. Für eine aerogeophysikalische Erkundung eines Mooregebietes in Niedersachsen verwendete die BGR elektromagnetische (HEM) und radiometrische (HRD) Daten, die mit dem BGR-Hubschraubermesssystem gewonnen wurden. Das 173 km² große Messgebiet Gnarrenburg liegt etwa 30 km nordöstlich von Bremen wurde mit 6 Messflügen innerhalb einer Woche im Mai 2022 erkundet.

Die laterale Abgrenzung der Torfe in den Mooren gelang mit einer Kombination aus HEM-Parametern (scheinbare Tiefe der höchsten Messfrequenz) und HRD-Daten (Ionendosisleistung). Etwa 90 % der verwendeten 389 LBEG-Bohrungen mit Torf (Torfmächtigkeit mindestens 0,3 m) liegen in dem ausgewiesenen Bereich. Die vertikale Abgrenzung der Torfe gegenüber dem sedimentären Untergrund (Torfbasis) gelang am besten mit einer gewichteten Mittelung der aus den HEM- und HRD-Daten sowie aus den 1D-HEM-Inversionsmodellen abgeleiteten Mächtigkeiten. Im Mittel stimmen diese abgeschätzten Mächtigkeiten gut mit den erbohrten Torfmächtigkeiten überein bei einer Standardabweichung von 1 m.

Somit bietet eine aerogeophysikalische Erkundung mit dem Messsystem der BGR eine gute Möglichkeit, sowohl die Ausdehnung als auch die mittlere Mächtigkeit und somit das Torfvorkommen in Mooren großräumig zu erfassen. Unsicherheiten bestehen vor allem in Bereichen mit wenig Torf, Überdeckungen bzw. Einlagerungen von mineralischen Böden und nahe von Infrastrukturobjekten.

Literatur:

Siemon, B., Ibs-von Seht, M. and Frank, S., 2020. Airborne electromagnetic and radiometric peat thickness mapping of a bog in northwest Germany (Ahlen-Falkenberger Moor). Remote Sensing, 12, 203, doi: 10.3390/rs12020203.

UI-A.06

Entwicklung eines SNMR-basierten Bodenfeuchtesensors

T. Splith¹, T. Hiller^{1,2}, A. Chwala³, R. Stolz³, M. Müller-Petke¹

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Berlin, Deutschland, ³Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Jena, Deutschland

Oberflächen-NMR (SNMR) ist ein etabliertes Verfahren zur zerstörungsfreien Charakterisierung von Wassergehalt und Porengröße in der gesättigten Zone des Untergrundes. Typische SNMR-Messungen verwenden Spulen mit Durchmessern zwischen 10 m und 150 m, um Informationen aus entsprechenden Tiefen zu erhalten.

In den vergangenen Jahren gab es Bestrebungen, SNMR auch für die Charakterisierung der ungesättigten Zone zu verwenden. Dabei sollen kompakte Messanordnungen zum Einsatz kommen, welche die Mobilität erhöhen und somit ein Mapping der Bodenfeuchte ermöglichen. Durch das wesentlich kleinere angeregte Volumen und den geringeren Wassergehalt ist jedoch mit einem deutlich schwächeren Signal als bei klassischer SNMR zu rechnen, weshalb die Nutzung einer Präpolarisation (PP) notwendig wird. Hierbei wird vor der NMR-Sequenz ein statisches Magnetfeld angewendet, wodurch die Magnetisierung im Untergrund und somit das NMR-Signal verstärkt werden. Durch die starke Wechselwirkung zwischen den Wassermolekülen und dem Porenraum der ungesättigten Zone ist außerdem mit kurzen Relaxationszeiten zu rechnen, weshalb möglichst kurze NMR-Pulse mit hoher Intensität notwendig sind.

Wir präsentieren die ersten Ergebnisse von Kalibrationsmessungen, welche im Rahmen der Entwicklung und Evaluierung des kompakten Bodenfeuchtesensors auf Wassertanks durchgeführt wurden. Der verwendete Sensor-Prototyp hat eine Fläche von weniger als 4 m² und besteht aus Sende- und Empfangsspulen mit jeweils 1 m Durchmesser, sowie einer PP-Spule mit 1,6 m Durchmesser. Durch die Präpolarisation mit einem effektiven Präpolarisationsstrom von ca. 1500 A wird das NMR-Signal um mehr als eine Größenordnung erhöht. Zurzeit befindet sich eine supraleitende Präpolarisationsspule im Aufbau, die eine weitere Signalerhöhung bewirken wird.

Wir zeigen, dass zur Auswertung der gemessenen Daten die Spin-Dynamik durch vollständige Lösungen der Bloch-Gleichungen sowohl während der PP-Abschaltrampe als auch während des NMR-Pulses berücksichtigt werden muss, während für klassische SNMR zumeist einfache Approximationen ausreichend sind. Aus den Messungen ergeben sich weiterhin erste Aussagen zur Tiefensensitivität und Auflösungsvermögen des Sensors. Darüber hinaus zeigen wir Optimierungen des Layouts anhand einer Sensitivitätsstudie.

UI-B.01

Zeitabhängige GPR Messungen zum Monitoring von Fließprozessen auf der Hang-Skala

S. M. Stephan¹, N. Allroggen¹, C. Jackisch², J. Troncke¹

¹Institut für Geowissenschaften Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland, ²Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

Geophysikalische Methoden können gängige destruktive hydrologische Messmethoden (z.B. punktuelle Wasserproben und Bodenfeuchtemessungen) zur Untersuchung von Fließprozessen im Untergrund ergänzen, da sie zerstörungsfreie und flächenhafte Informationen liefern. Allerdings zeigen hydrologische Prozesse insbesondere entlang präferenzierter Fließpfade eine hohe Dynamik (Sekunden bis Minuten) auf kleinen räumlichen Skalen (Millimeter bis Dezimeter).

Die Untersuchung solcher dynamischen Prozesse erfordert Methoden, die eine schnelle, zeitabhängige Datenaufzeichnung mit einer hohen räumlichen Auflösung sowie eine hohe Messgenauigkeit ermöglichen. Georadar (GPR) erfüllt diese Voraussetzungen und eignet sich durch den Zusammenhang zwischen GPR-Ausbreitungsgeschwindigkeit und Wassergehalt zum Monitoring von Bodenfeuchteänderungen. Trotz geeigneter Messstrategien bleiben jedoch Messunsicherheiten bestehen, was die Identifizierung von Änderungen in den Reflexionsmustern aufgrund von Fließprozessen im Untergrund erschwert. Daher ist für die Dateninterpretation der Einsatz spezieller Auswertemethoden, z.B. mittels Attributanalyse, notwendig. Bisher wurden solche zeitabhängigen GPR Messungen vor allem unter Labor- bzw. idealen Feldbedingungen durchgeführt.

Wir präsentieren zeitabhängige GPR Reflexionsmessungen während eines Beregnungsexperimentes auf der Hang-Skala, an einem komplizierten Feldstandort aufgrund dichter Vegetation. Während der Simulation eines Starkregens wurde ein ca. 6,5 m langes GPR Profil im zeitlichen Abstand von ca. 5 min über einen Zeitraum von 9 Stunden wiederholt aufgezeichnet. Nach einer grundlegenden Datenbearbeitung erfolgt die Datenanalyse mithilfe von sogenannten „time-lapse“ Attributen. Zur hydrologischen Interpretation der resultierenden Attribute vergleichen wir diese mit den ermittelten Abflusskurven aus den Wasserstandmessungen im Entwässerungsgraben. Unsere Ergebnisse zeigen Fließprozesse mit einer komplexen Dynamik, die auf eine Wasserausbreitung via präferenzierter Fließpfade hindeutet, was durch die hydrologischen Beobachtungen bestätigt wird. Aus den Attributen konnten zusätzlich zwei zeitlich und räumlich verschieden ausgeprägte Fließprozesse identifiziert werden. Insgesamt bestätigen unsere Ergebnisse die Anwendbarkeit von zeitabhängigen GPR Messungen zum Monitoring von hydrologischen Fließprozessen. Zusätzlich demonstrieren wir, dass solche Messungen auch unter schwierigen Feldbedingungen hydrologische Untersuchungen bereichern.

UI-B.02

Erste Untersuchungen zur Baugrundbeurteilung im Bereich von Bestandsbauwerken mittels Dispersionswellenmessungen

C. Reimers, S. Henke

Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg, Professur für Geotechnik, Hamburg, Deutschland

Das Ziel von Dispersionswellenmessungen besteht in der nicht-invasiven Erkundung des Baugrundes und der Ermittlung baugrunddynamischer Bodeneigenschaften. Vorgestellt wird in diesem Beitrag die Durchführung von Dispersionswellenmessungen anhand erster Feldversuche auf einer freien Messfläche sowie die schrittweise Entwicklung der Auswertungsmethodik der gemessenen Daten.

Im Rahmen der durchgeführten Messungen von Dispersionswellen kommt ein Schwingerreger zur Generierung seismischer Wellen zum Einsatz. Dieser Schwingerreger ermöglicht es, dynamische sinusförmige Anregungen mit verschiedenen, vorgegebenen Frequenzen zu generieren. Bei den erzeugten seismischen Wellen handelt es sich um Rayleigh-Wellen, die von Geophonen und Seismometern registriert werden. Seismometer ermöglichen aufgrund ihrer geringeren Eigenfrequenz gegenüber Geophonen die Erfassung von Schwingungen niedrigerer Frequenzen, mit denen größere Eindringtiefen der Rayleigh-Welle in den Untergrund erfasst werden können.

Hinsichtlich der Auswertung der gemessenen Daten kann aus den Laufzeitunterschieden gemessener Signale benachbarter Sensoren die Rayleigh-Wellengeschwindigkeit ermittelt werden. Im Anschluss daran wird aus der Rayleigh-Wellengeschwindigkeit die Scherwellengeschwindigkeit berechnet, sodass aus dieser tiefenabhängig auf den dynamischen Schubmodul geschlossen wird. Dieser Bodenparameter erlaubt es, z. B. Aussagen über die Lagerungsdichte des Bodens zu treffen und damit eine nicht-invasive Beurteilung des Baugrundes für geotechnische Fragestellungen vorzunehmen.

Die auf einer freien Messfläche durchgeführten Untersuchungen dienen zur Evaluation des Verfahrens, welches zur Anwendung der Dispersionswellenmessungen im Bereich von Bestandsbauwerken, wie beispielsweise Brückenbauwerken, weiterentwickelt werden soll. Im Bereich von bestehenden Bauwerken ergibt sich durch die Überlagerung der erzeugten seismischen Wellen mit an dem Bauwerk reflektierten Wellen ein komplizierteres Wellenfeld, das im Rahmen dieses Projektes wissenschaftlich untersucht werden soll. Im Zuge dessen werden zum Verständnis der Wellenausbreitung im Bereich von Bestandsbauwerken numerische Modellierungen auf Grundlage der Finite-Elemente-Methode angestrebt. Das Forschungsvorhaben ist Teil des Projektes „SHM – Digitalisierung und Überwachung von Infrastrukturbauwerken“ des Zentrums für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr (dtec.bw).

UI-B.03

Leben in einer Jurte - aerogeophysikalische Untersuchungen mit dem Multi-Sensor-Erkundungssystem D-MTUC in der Mongolei

R. Herd^{1,2}, W. Schafrik¹, B. Dörre¹, R. Wackerle³, J. Holst⁴

¹Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Rohstoff- und Ressourcenwirtschaft, Cottbus, Deutschland, ²German-Mongolian Institute for Resources and Technology, Nalaikh, Mongolei, ³Geointrepid Namibia, Windhoek, Namibia, ⁴GeoDuster, Knysna, Südafrika

Aus verschiedenen Gründen entwickelte der Lehrstuhl Rohstoff- und Ressourcenmanagement der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus mit internationalen Partnern ein „low noise“ Multi-Sensor-Erkundungssystem auf Basis eines Ultraleichtflugzeugs. Die geowissenschaftliche Instrumentierung des Systems umfasst ein CsI- γ -Spektrometer, 2 K-Magnetometer, einen VLF-EM-Empfänger und die Möglichkeit zur Installation weiterer Sensoren, Details siehe bei Herd und Holst (2015).

Im Rahmen der „Deutsch-Mongolischen Rohstoffpartnerschaft“ wurde das System 2018 für Rohstofferkundungen per LKW in die Mongolei verschickt. Partner vor Ort sind die Deutsch-Mongolische Hochschule für Rohstoffe und Technologie und die Mineral Resource and Petroleum Authority of Mongolia.

Bevor die wissenschaftliche Mission starten konnte, mussten in intensiven Gesprächen mit der mongolischen Zivilluftfahrtbehörde (MCAA) administrative Schwierigkeiten ausgeräumt werden. Anschließend musste das Forscherteam diverse Herausforderungen bewältigen: raue Wind- und Wetterbedingungen, starke Thermik, begrenzte Verfügbarkeit von 98-Oktan-Kraftstoff, verunreinigter Kraftstoff, der zu vorübergehenden Motorausfällen führte, Schotterpisten, die die Propellerblätter beeinträchtigten, usw. Dennoch konnten verschiedene Gebiete in der zentralen Wüste Gobi, im Hangai-Gebirge und im Großraum Ulan Bator untersucht und akzeptable Ergebnisse erzielt werden. Insgesamt wurden 4600 Linienkilometer bzw. 750 km² befliegen. Die Linienabstände betragen 100 m und 250 m, die Flughöhe betrug 100 m, trotz teilweise intensiver Topographie. Die durchschnittliche Fluggeschwindigkeit während der Vermessung betrug 120 km/h mit einer Abtastrate von 10 Hz für die Magnetometer und 1 Hz für das Spektrometer.

Da die Mongolei in Bezug auf zivile Luftfahrt noch recht jungfräulich ist, wurde hier Pionierarbeit geleistet. Für weitere ähnliche Missionen ist das Eis gebrochen. Das Verbundwerkstoff-Flugzeug sowie die Sensoren erwiesen sich als sehr robust und zuverlässig. Der Treibstoffverbrauch lag bei 10-15 l/h MOGAS 98, was zu niedrigen Kosten führte. Es zeigte sich, dass Vermessungsflüge mit ultraleichten Systemen in der Mongolei möglich sind, aber aufgrund der erwähnten Bedingungen sorgfältig geplant werden müssen. Die Erfahrungen und Eindrücke dieser ungewöhnlichen wissenschaftlichen Mission werden vorgestellt.

UI POSTER

Ingenieur- und Umweltgeophysik

UI-P.01

Elemental borehole logging of iron ore deposits at Erzberg, Austria

M. Tudor¹, J. Schubert¹, M. Queißer¹, H. Märten¹, A. Domula¹, T. Heinig¹, T. Rothe¹, A. Stadtschnitzer²

¹UIT Umweltleistungen, Mineralische Rohstoffe, Geophysik, Dresden, Deutschland, ²VA Erzberg GmbH, Erzberg, Eisenerz, Österreich

Erzberg (Styria, Austria) hosts the largest known siderite deposit in the world. Open pit mining is applied to extract iron ore. Motivated by the need for a more detailed and faster geochemical characterization of the deposit prior to blasting, the potential of a novel geochemical logging tool of type Orelog (UIT Dresden, Germany) has been tested. The instrument hosts a miniaturized Deuterium-Tritium (DT) neutron generator for real-time in-situ measurement of the elemental composition and geophysical characteristics of geological ore formations using time-resolved prompt gamma-ray spectroscopy (thus, distinguishing between gamma-rays from inelastic neutron scattering and thermal neutron capture) and time-resolved neutron detection at various detector locations (source, near, far) and in several energy groups (fast, thermal, optionally epithermal). The design is compact and highly integrative (76 mm diameter, 3.1 m length, 31 kg mass) to enable versatile applications. The Orelog tool measures mass fractions of main formation elements and provides important geophysical and geometrical information (including bulk density, porosity, estimated permeability, borehole diameter, azimuth, and inclination of the hole). 11 aligned blast holes separated by 6 m were logged in the Erzberg deposit, acquiring elemental concentrations with a depth resolution of 17 to 67 cm, depending on logging speed (1 m/min to 4 m/min). Excellent agreement between Orelog and laboratory results for drill-cut (grab) samples was found. For the present case, Orelog achieved highest sensitivities for Fe, Ca, and Mn, followed by Si, Mg, K, and S. An approximate oxide normalization model yielded reasonable results. In addition to Orelog's potential for an improved real-time mining control, the benefit of continuous, depth-resolved elemental logs is seen in the possibility to deduce a more refined and reliable geochemical model of the deposit, confirming the complex, interlaced mineralogy of the site, dominated by a carbonate body hosting an intergrowth of sideroplesit and a solid solution of dolomite/ankerite/kutnohorite. The capability of the Orelog tool to acquire a 2D-cross sectional image of element concentration in the formation was assessed. Element concentrations in agreement with orogenic fault lines were mapped within a few hours of measurement time.

UI-P.02

Entwicklung eines nicht-invasiven modularen elektromagnetischen Induktionssystems (EMI) mit hoher räumlicher Auflösung für landwirtschaftliche Anwendungen

M. Dick¹, E. Zimmermann¹, J. A. Huisman², A. Mester¹, M. Tchantcho Amin Tazifor¹, P. Wüstner¹, M. Ramm¹, S. van Waasen^{1,3}

¹Forschungszentrum Jülich GmbH, Systeme der Elektronik (ZEA-2), Jülich, Deutschland, ²Forschungszentrum Jülich GmbH, Agrosphäre (IBG-3), Jülich, Deutschland, ³University of Duisburg-Essen, Faculty of Engineering, Communication Systems (NTS), Duisburg, Deutschland

Die kontinuierliche Kartierung von Bodenparametern gewinnt im Sinne von Precision Farming für eine umweltfreundliche und effiziente Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen zunehmend an Bedeutung. Die elektrische Leitfähigkeit des Bodens kann schnell und ohne direkten Kontakt mit elektromagnetischen Induktionssystemen (EMI) gemessen werden. Die Leitfähigkeit hängt von Bodeneigenschaften wie dem Wassergehalt, der elektrischen Leitfähigkeit des Porenwassers, dem Nährstoffgehalt, dem Tongehalt und dem Salzgehalt ab. Um die tiefenabhängige Leitfähigkeit aus den gemessenen Daten zu rekonstruieren, werden EMI-Geräte mit unterschiedlichen Spulenabständen zwischen Sender und Empfänger oder unterschiedlichen Spulenausrichtungen benötigt. Für eine hochauflösende Messung mit möglichst vielen unterschiedlichen Spulenkonfigurationen müssen in der Regel Messungen mit mehreren kommerziellen Geräten kombiniert werden. Eine Herausforderung dabei ist die gegenseitige Beeinflussung der Geräte, so dass die Messungen mit den einzelnen Geräten entweder nacheinander oder mit ausreichendem räumlichen Abstand durchgeführt werden müssen, was den Aufwand für die Datenerfassung erheblich steigert. Um die EMI-Datenerfassung zu vereinfachen und die Tiefenauflösung zu verbessern, wird ein EMI-Gerät benötigt, das gleichzeitige Messungen mit einer größeren Anzahl von frei wählbaren Spulenabständen ermöglicht. Um dies zu erreichen, wurde ein modulares, skalierbares Mehrspulensystem (SELMA) mit einem Sender und 12 Empfängern entwickelt. In der ersten Testkonfiguration sind die Empfängerspulen koplanar zur Sendespule ausgerichtet und gleichmäßig im Abstand von 0,3 m bis 3,6 m vom Sender entlang einer geraden Linie verteilt. Das System arbeitet derzeit mit einer Sendefrequenz von 20 kHz und ist für einen Messbereich von 2 mS/m bis 100 mS/m ausgelegt. Das Rauschen der gemessenen scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit liegt unter 1 mS/m bei einer Messrate von 10 Hz. Um Modularität zu erreichen, werden für die Datenerfassung dezentrale System-on-Chip Module verwendet, die über Ethernet mit der Steuereinheit (PC) verbunden sind. Neben den scheinbaren Leitfähigkeitswerten werden auch Temperaturen, Druck und Beschleunigung aufgezeichnet. Die Zuverlässigkeit der EMI-Messungen wurde durch die wiederholte Messung eines Transekts mit einem speziell angefertigten Schlitten überprüft.

UI-P.03

Geophysics to mitigate browning of lake water

T. Martin¹, E. Hiss², T. Dahlin¹, T. Martin¹

¹Lund University, Engineering Geology, Lund, Schweden, ²University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, Vereinigte Staaten von Amerika

Browning of surface water is a rapidly increasing phenomenon due to growing concentrations of organic carbon and iron. Browning of rivers and lakes negatively affect the ecosystem (both flora and fauna) and the activities of the communities around those areas (*e.g.* increasing costs for drinking water production, reduced fish production and tourism). Land use and variation of water pressure level for power dams are likely factors that contribute to an altered hydrological system. Managing the hydrological pathways and the restoration of wetlands and peatlands are possible counteracts for decreasing the transport by soil and ground water and increasing the available time for natural bio-geochemical processes to reduce the concentrations of dissolved organic carbon and iron.

At Lund University, Sweden, two research projects are ongoing that aim to mitigate browning of lake water on the example of lake Bolmen in Småland (South of Sweden). There are the FORMAS (Swedish research council for sustainable development) financed *Blue Innovation* project and the EU Interreg financed project *Blue Transition – how to make my region climate resilient*. Both projects have a very strong focus on mitigation measures and a sustainable involvement of stakeholders. They are also strongly supported by the local water provider Sydsvatten AB.

From a geophysical perspective, our aim in both projects is to identify different surface and underground conditions on a large scale in combination with other sensors and in-situ investigations to identify and delineate areas that require different mitigations strategies. Furthermore, to monitor the effect of measures, tests to mitigate the browning will be carried out in selected areas to evaluate their impact. That should create the basis for testing and verification of selected mitigation measures through long-term hydrological, geophysical, and geochemical monitoring methods in selected areas. We plan to investigate different test sites depending on their forest and hydrogeological conditions (conifer/ deciduous tree areas, riparian, and wetlands zones with and without drainage systems), where baseline measurements will be conducted with several methods as ground penetrating radar method (GPR), direct current induced polarisation method (DCIP), magnetometry and selected electromagnetic methods.

The results from reconnaissance measurements with DCIP and GPR from two different areas will be presented and possible monitoring ideas discussed.

UI-P.04

Überwachung eines thermischen Aquifer-Speichersystems im Feldmaßstab mit Hilfe von Crosshole-Seismik

S. Birnstengel¹, U. Koedel¹, M. Pohle¹, G. Hornbruch², J. Nordbeck², U. Werban¹, P. Dietrich¹

¹Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Monitoring- und Erkundungstechnologien, Leipzig, Deutschland, ²Kiel Universität, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

Die Anzahl oberflächennaher geothermisch genutzter Flächen einschließlich notwendiger Infrastruktur nimmt in Deutschland stetig zu [1]. Es ist wichtig Überwachungssysteme zu etablieren um potentielle Auswirkungen auf unsere Grundwasserressource zu analysieren. Die physikalischen Eigenschaften eines Gesteins werden direkt von Änderungen der Porenflüssigkeit (z.B. Temperatur) beeinflusst. Diese Veränderungen finden u.a. durch Zufuhr von Wärme im Untergrund statt. Variationen geophysikalischer Indikatoren (z.B. seismische Geschwindigkeiten) liefern Informationen über die Veränderungen im Untergrund. Labormessungen [2] zeigen, dass die P-Wellen-Geschwindigkeiten mit steigender Temperatur abnehmen. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Nachfolgeprojekt TestUM II wurde ein „zyklisches Hochtemperatur-Aquifer-Thermalspeicher (ATES)-Experiment“ in einem flachen Aquifer durchgeführt, um diese Erkenntnisse im Feld zu verifizieren. Mit einem kombinierten hydrogeologischen, mikrobiologischen und geophysikalischen Monitoring System auf einer Fläche von ca. 100m² wurde der Zusammenhang zwischen geophysikalischen Proxys und der Temperaturverteilung im oberflächennahen Bereich untersucht. Über 15 Monate wurde eine zyklische Wärmeeinspeisung in einer Tiefe zwischen 7 und 14 m mit Hilfe von Crosshole Seismik innerhalb 16 verschiedener Bohrlöcher überwacht. Ziel war es die Wärmeausbreitung und richtungsabhängigen Heterogenitäten im gesamten Feld zu erfassen. Dabei wurden geophysikalische Parameteränderungen erfasst, welche auf die veränderten Eigenschaften der Porenflüssigkeit zurückgehen. Zur Vorhersage der Auswirkung von Temperatur auf die P-Wellen-Geschwindigkeit kann im Labor eine Modifikation der Gassmann-Gleichung [2] verwendet werden, welche die damit verbundenen thermophysikalischen Eigenschaften des Porenfluids berücksichtigt. Wir beobachten, im Gegensatz zu den Ergebnissen von [2], eine Zunahme der P-Wellengeschwindigkeit in unserem nicht-geschlossenen System. Die Bildung von Gasblasen schließen wir aufgrund der niedrigen Temperaturänderung (< 80°C) aus. Es ist eine Abnahme der Amplituden aufgrund der P-Wellen-Dämpfung zu beobachten, welche möglicherweise auf eine Viskositätsabnahme des Wassers zurückzuführen ist [2].

[1] Blöcher, G. et al. (2019): Geothermie in urbanen Räumen: thermische Untergrundspeicherung und Tiefe Geothermie in Deutschland.

[2] Jaya, M.S. et al. (2010) Temperature dependence of seismic properties in geothermal rocks at reservoir conditions.

UI-P.05

Geophysikalische Untersuchung der Hansekogge Kiel mit Hilfe von Ultraschall und Georadar

A. Ziehl, E. Erkul, Y. Esel, D. Schulte- Kortnack, T. Meier

CAU Kiel, Institut für Geowissenschaften, Geophysik, Kiel, Deutschland

Die Instandhaltung des hölzernen Nachbaues einer historischen Kogge ist für den ehrenamtlich tätigen Verein Hansekogge Kiel e. V. nicht nur mit handwerklich hohem Geschick und Knowhow, sondern auch mit hohem finanziellem Aufwand verbunden. Durch den mehr als 30 Jahre langen Einsatz im Wasser zeigen Teile, der äußerlich noch intakt wirkenden Holzkonstruktion, starke Ermüdungserscheinungen. Die Instandhaltung des Schiffes kann wirtschaftlich nur ermöglicht werden, wenn großflächig zerstörungsfrei das Schadensbild der betroffenen Holzkonstruktionen vor der Restaurierung abgeschätzt werden kann. Aus diesem Grund werden in dieser Arbeit die Ergebnisse der im Mai 2022 durchgeführten geophysikalischen Testmessungen mittels Georadars und Ultraschall gezeigt. Es wurden Ultraschall-Transmissionsmessungen im Frequenzbereich von 10 bis 80 kHz und Georadar-Reflexionsmessungen mit einer 1.6 GHz und 2 GHz Antenne an verschiedenen Bauteilen des Schiffes durchgeführt. An jedem Messpunkt wurden Ultraschall- und Georadarwellengeschwindigkeiten gemessen. Die Geschwindigkeiten variieren stark zwischen intakten und angegriffenen Bauteilen. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Kombination aus Ultraschall- und Georadarmessungen sehr gut geeignet ist, den Zustand von Holz zu klassifizieren.

UI-P.06

Geophysikalische Untersuchungen an der St. Jacobi Kirche Neuenkirchen

M. Scharnweber, Y. Esel, D. Schulte-Kortnack, E. Erkul, T. Meier

CAU zu Kiel - Institut für Geowissenschaften, Geophysik, Kiel, Deutschland

An der aus dem 14. Jahrhundert stammenden St. Jacobi Kirche Neuenkirchen im Kreis Dithmarschen (Schleswig-Holstein) werden seit 2021 begleitend zu Sanierungsmaßnahmen zerstörungsfreie geophysikalische Untersuchungen durchgeführt. Die Bausubstanz der Kirche ist durch eindringende Feuchtigkeit beschädigt und beeinträchtigt. Um das Ausmaß der Beschädigung und die Entwicklung der Sanierungsmaßnahmen zu beurteilen und dokumentieren zu können, wurden über einen Zeitraum von 1.5 Jahren wiederholende passive thermographische Untersuchungen an der Außen- und Innenfassade der Kirche durchgeführt.

Die Anwendung der passiven Thermographie ermöglicht eine berührungslose, großflächige Erfassung der oberflächennahen Temperaturvariationen an den untersuchten Mauerwerksabschnitten. Die Aufnahmedauer liegt in einem Zeitraum von mehreren Minuten bis hin zu 18 Stunden.

Mittelwerte und Standardabweichungen der thermographischen Daten geben Aufschluss über die oberflächennahe Feuchtigkeitsverteilung und Temperaturveränderungen in den Wänden der Kirche. Die Ergebnisse zeigen, dass an der Nordwand sowohl im Innen- als auch Außenbereich Feuchtigkeit im Mauerwerk aufsteigt. Zudem weisen sanierte Bereiche eine geringere Feuchtigkeit auf.

Passive Thermographie stellt eine geeignete Methode dar, um zerstörungsfrei eine zeitlich-räumliche Analyse der Temperaturveränderungen und Feuchtigkeitsentwicklung an historischen Bauwerken durchzuführen.

UI-P.07

Prospektion von Verwerfungen in der Südlichen Erftscholle mittels Refraktionsseismik und elektrischer Widerstandstomografie

N. Menzel¹, N. Klitzsch², M. Altenbockum³, L. Müller³, F. M. Wagner¹

¹Geophysical Imaging and Monitoring, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland, ²Computational Geoscience, Geothermie und Reservoirgeophysik, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland, ³Altenbockum & Partner, Geologen, Aachen, Deutschland

Komplexe tektonische Verhältnisse der südlichen Erftscholle beeinträchtigen insbesondere auf kleinräumigen Skalen die natürlichen geologischen und hydrologischen Verhältnisse. Das präsentierte Gebiet nahe Euskirchen wird von mehreren NW-SE-gerichteten Verwerfungen durchzogen, deren Lage sowie Einfluss auf die vorherrschenden Bedingungen bereits in vergangenen Studien ermittelt wurden. Da sich diese Untersuchungen jedoch ausschließlich auf räumlich punktuelle Datenquellen stützen, enthalten die Ergebnisse große Unsicherheiten. Die in dieser Studie beschriebenen geophysikalischen Messungen sollen dabei helfen, die angenommenen Störungsverläufe im Arbeitsgebiet zu evaluieren und gegebenenfalls zu korrigieren. Seismische Refraktionsstomografie (SRT) und elektrische Widerstandstomografie (ERT) wurden entlang von Messprofilen möglichst orthogonal zu den vermuteten Störungslagen durchgeführt. Ein Großteil der Datenverarbeitung sowie die Inversionen wurden mittels der frei verfügbaren Software pyGIMLi (Rücker et al., 2017) durchgeführt. Zusätzlich zu den individuellen Inversionen der SRT- und ERT-Datensätze wurde der *Structurally-Coupled Cooperative Inversion* (SCCI) Algorithmus (Skibbe et al., 2018) verwendet, um die seismischen und geoelektrischen Daten gemeinsam zu invertieren.

Diese Studie zeigt die Vorteile der individuellen und kombinierten Anwendung mehrerer geophysikalischer Methoden im Kontext oberflächennaher Untersuchungen, insbesondere hinsichtlich der Detektion kleinräumiger tektonischer Strukturen. Die Lage der Verwerfungen konnte im gesamten Arbeitsgebiet mittels geophysikalischer Tomografien identifiziert werden, sofern der vertikale Versatz an den Störungen groß genug ist, um von den Methoden dargestellt zu werden. Aufgrund der guten Auflösung der Einzelinversionen greift der SCCI-Algorithmus lediglich an den bereits erkennbaren lithologischen und hydrologischen Modellgrenzen und stellt diese verdeutlicht dar. Durch wiederholte Anpassung der Regularisierung nach jeder Iteration ermöglicht diese Methode den Austausch struktureller Informationen zwischen den individuellen geophysikalischen Datensätzen während der Inversion.

Rücker, C., Günther, T., Wagner, F.M. (2017). *pyGIMLi: An open-source library for modelling and inversion in geophysics*, Computers and Geosciences, 109, 106-123.

Skibbe, N., Günther, T., & Müller-Petke, M. (2018). *Structurally coupled cooperative inversion of magnetic resonance with resistivity soundings*. Geophysics, 83(6), 51-63.

UI-P.08

Airborne geophysical peat volume mapping in comparison with traditional methods – Case study Ahlen-Falkenberger Moor

B. Siemon¹, M. Ibs-von Seht¹, S. Frank²

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland, ²Thünen-Institut, Braunschweig, Deutschland

Peatlands release greenhouse gases to the atmosphere, particularly if drainage and land use take place. Knowledge on peat volumes is essential to estimate carbon stocks accurately and to facilitate appropriate peatland management as well as to support nature conservation policies. This case study uses helicopter-borne electromagnetic and radiometric data to investigate a bog in Northwest Germany. Airborne methods provide an alternative to ground-based methods, which are labour intensive and unfeasible to capture largescale spatial information.

One of the airborne surveys BGR conducted at the North Sea coast over the past two decades covered the *Ahlen-Falkenberger Moor*, an Atlantic peat bog (39 km²), which was investigated in the past by the State Authority for Mining, Energy and Geology (LBEG). The peat thicknesses derived from boreholes (range: 0.4–7.0 m, mean value: 2.9 ± 1.1 m) and peat thickness estimates derived from elevation data (range: 0.1–4.6 m, mean value: 2.6 ± 1.0 m) are compared with airborne geophysical results (Siemon et al., 2020).

The lateral extent of the bog is derived from low radiometric and elevated surface data. The vertical extent results from smooth resistivity inversion models derived from electromagnetic data in combination with a steepest gradient approach, as well as from radiometric data. The latter requires scaling of the relative depth values. Depths derived from electromagnetic data are usable for this scaling due to their similarity to borehole peat depths. The mean difference of the combination of depths derived electromagnetic and radiometric data and the peat depths of about 100 boreholes is very small (0.0 ± 1.1 m), but may differ significantly ($>\pm 2$ m) at 5% of the borehole locations. The airborne-derived results are better compared to peat thicknesses derived from elevation data alone. The latter show significantly larger deviations from borehole results (-0.3 ± 1.3 m) and more outliers (12% $>\pm 2$ m). Therefore, the application of airborne geophysics seems to be a promising approach to map the volumes of large-scale peatlands.

Reference:

Siemon, B., Ibs-von Seht, M. and Frank, S., 2020. Airborne electromagnetic and radiometric peat thickness mapping of a bog in northwest Germany (Ahlen-Falkenberger Moor). *Remote Sensing*, 12, 203, doi: 10.3390/rs12020203.

UI-P.09

Untersuchung der hydraulischen Konnektivität in heterogenen Lockergesteinsaquiferen mittels SIP

R. Herold¹, P. Dietrich², F. Börner¹

¹Technische Universität Berlin, Angewandte Geophysik, Berlin, Deutschland, ²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Umwelt- und Ingenieurgeophysik, Leipzig, Deutschland

Die Erkundung präferenzierter Fließpfade im Untergrund und damit die Bestimmung der hydraulischen Konnektivität in heterogenen Grundwasserleitern ist z.B. für die Prognose der Schadstoffausbreitung in der Grundwasserzone von Interesse. Zurzeit werden diese Informationen hauptsächlich mit aufwändigen hydraulischen Messungen gewonnen.

Mit dem Ziel eine Methode zu entwickeln, die Rückschlüsse auf die hydraulische Konnektivität von Grundwasserleitern erlaubt, wird experimentell und numerisch die Nachweisbarkeit von Heterogenitäten der hydraulischen Durchlässigkeit und damit von präferentiellen Fließwegen in den Messdaten der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) untersucht. Dieses geophysikalische Messverfahren wird als geeignet angesehen, da ein enger Zusammenhang zwischen hydraulischen Eigenschaften poröser Gesteine und deren komplexen elektrischen Eigenschaften besteht.

Im Rahmen eines gemeinsam von TU Berlin und UFZ Leipzig/Halle bearbeiteten DFG-Vorhabens wurde eine Versuchsanlage im Technikumsmaßstab aufgebaut, in der für einen definiert heterogenen Modellgrundwasserleiter die hydraulische Durchlässigkeit und die komplexen elektrischen Eigenschaften gemessen werden können. Der Untersuchungsraum wird dabei in Segmente für verschiedene Sande oder auch andere Gesteine mit unterschiedlichen elektrischen und hydraulischen Eigenschaften unterteilt. Die Versuchsanlage in Form einer geschlossenen Versuchsrinne ist leicht zugänglich, was es ermöglicht, diverse geometrische Anordnungen der hydraulischen Homogenbereiche zu realisieren.

In dem Modell können gespannte Grundwasserverhältnisse erzeugt und SIP-Messungen im homogenen, linearen elektrischen Feld unternommen werden. Die Messung der integralen hydraulischen Durchlässigkeit erfolgt mittels Durchströmung in paralleler Richtung zum elektrischen Feld. Die bisher realisierten Versuchsreihen mit verschiedenen Feinsand-Grobsand-Kombinationen zeigen, dass die Spektren Informationen zur hydraulischen Heterogenität enthalten. Die Effekte lassen sich durch Modellrechnungen z.B. unter Nutzung der Relaxationszeitverteilungen erklären.

UI-P.10

Application of Phase-Based Edge Detectors on Magnetic Data for Explosive Ordnance Detection

P. Gödickmeier, R.-U. Börner, K. Spitzer

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

Geophysical sensing methods such as magnetics, electromagnetics and ground penetrating radar are the essential methods for the detection of unexploded ordnances (UXO) in the subsurface. Apart from a precise localization of buried ammunition remnants, a reliable discrimination of anomaly signatures caused by UXO and Non-UXO bodies is one of the currently most challenging tasks in the field of explosive ordnance clearance.

Therefore, we exploit different phase-based edge detectors to evaluate their applicability for improving the detection performance and especially for distinguishing buried objects by the anomaly signature they cause. In the present poster, we apply our new approach on synthetic magnetic data for spherical and elliptical object geometries. Furthermore, we compare the synthetic cases to real magnetic survey data collected from a test site at SENSYS GmbH in Bad Saarow.

UI-P.11

Determination of the subsurface structure of the Chora plain (Samos) by seismic noise analysis

N. Kallinich¹, M. Thorwart², W. Rabbel²

¹Institut für Geowissenschaften der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Angewandte Geophysik, Kiel, Deutschland, ²Institut für Geowissenschaften der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Angewandte Geophysik, Kiel, Deutschland

Samos played a major role in ancient Greece during the archaic period due to its location and its natural harbour. The Chora plain had great importance for the food and water supply of the Samian population. But it is known that food had to be imported from abroad. It is now of interest to reconstruct the ancient landscape, to estimate the amount of the agricultural food production of the Chora plain in ancient times and to understand the hydrological system.

In May 2022 a passive seismic survey was conducted to determine the sedimentary composition and structure of the plain. The project is funded by the ROOTs Cluster of Excellence and was carried out in cooperation between Kiel University and the German Archaeological Society (DAI). For seismic depth sounding and estimation of shear wave velocities of individual layers, seismic noise was passively recorded on 84 two-dimensional mini-arrays along three profiles. A statistical array analysis by beamforming was then performed in the frequency range from 2 Hz to 80 Hz. A 1D underground model was derived for each mini-array by fitting the observed dispersion curve manually. We find three prominent structures in the plain: a coastal barrier, a siltated lagune and the interior of the Chora plain. The coastal barrier is characterized by shear velocity of 200 m/s - 300 m/s in the upper most 20 m - 30 m indicating consolidated sediments. Cemented sediments with shear velocity of over 500 m/s are found below. The deeper part of the siltated lagune is similar to the coastal barrier. But the upper most 5 m are characterized by low shearwave velocity of about 80 m/s indicating very soft sediments. The sedimentary thickness decreases to about 15 m in the interior of the Chora plain. We find the local limestone with an shear velocity of 100 m/s at depth of 15 m - 20 m at a distance of 1 km from the coast.

This work will be extended during a field campaign in May 2023. There will be additional investigations with DirectPush and soil sampling for ground truthing.

UI-P.12

Statistical array analysis of the seismic noise to reveal the near surface structure at the Chiselet Tell (Romania)

M. Thorwart, W. Rabbel, N. Kallinich

Kiel University, Institute of Geosciences, Kiel, Deutschland

The analysis of surface waves is widely used to determine the structure of the earth, mainly the shear wave velocity. Surface wave are generated by a distinct source like an earthquake or a sledgehammer, but are also continuously present in the seismic noise. The dispersive behavior of the surface waves allows the estimation of an underground model. The analyzed frequency range defines the depth resolution. There are several different approaches to determine the dispersion. We use a statistical approach by analysis the seismic noise recorded for 15 min on mini-arrays with a size of 3m x 3m. This allows us to determine the dispersion of the Rayleigh wave in a frequency range from 5 Hz to 50 Hz. We applied this method at the Chiselet Tell in Southern Romania.

The Chiselet Tell is located 2.5 km north of the river Danube. It was occupied by the Gumelnița culture in the copper age and was abandoned around 4100 BC. A reconstruction of the ancient landscape could help to understand the interaction between the settlement and its environment and the reason of its sudden abandonment. We analyzed the recordings of 135 mini-arrays around the Tell. This results in maps of the phase velocity of the Rayleigh wave and of the inverted shear wave velocity of the upper most 10 m. The maps shows that the tell is located on the north shore of a nowadays silted river or lake, which may also act as a geoarchive. It is planned to extend the investigated area in Summer 2023 and to conduct borehole measurements and dynamic probing for ground truthing.

This study is done within the framework of the Collaborative Research Center 1266 "Scales of Transformation" (SFB 1266), which is funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation; Projektnummer 2901391021 – SFB 1266).

UI-P.13

On the challenge of determining the correct water content of clay rock with nuclear magnetic resonance (NMR)

S. Costabel

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Abteilung 2 Grundwasser und Boden, Berlin, Deutschland

Radioactive material can possibly be disposed in clay rock formations. However, even if the host rock is originally impermeable and tight, the construction of necessary underground facilities destabilizes the formation and leads to pathways for water and radionuclides. The corresponding consequences have to be predicted in the long term using simulations, which demand input data on hydraulic and mechanical rock properties. Both are strongly dependent on water content (θ).

Mobile NMR technologies can provide information on θ and the pore structure of rock formations in-situ and non-invasively. In the Mont Terri rock laboratory, we apply single-sided NMR for monitoring the θ evaluation in tunnel walls and a mobile NMR scanner to determine θ for rock cores immediately after drilling.

The NMR measurements show multimodal T_2 distributions for the investigated clay, which qualitatively corresponds to its pore size distribution. However, the θ results using the corresponding multiexponential fitting exhibit relative uncertainties of about 20-30%, too large to be significant for practical purposes. This is because the relaxation mode at short T_2 times < 0.3 ms, in combination with natural noise and systematic measurement instability, is not quantitatively reproducible. Alternative processing or calibration options are needed.

A laboratory study with more than 50 clay rock samples at saturation degrees of 1-100% has further shown that the NMR-based θ after multiexponential fitting is even greater than the gravimetric standard (weighing and drying at 105°C). This additional fraction in the NMR signal can either be addressed to ^1H spins in hydroxyl groups bound to the clay minerals or to interlayer water. In both cases, these molecules do not contribute to the relevant transport processes mentioned earlier and must not be considered when estimating θ . Various processing strategies were tested to effectively exclude the corresponding ^1H fraction. An adequate calibration requires the signal from a representative oven-dried sample which, however, is contrary to the initial intention to use NMR as a quick and practicable in-situ method. Finally, it is shown that even a simple monoexponential fitting leads to plausible results. The corresponding confidence intervals for θ are below 1 vol%, except for the very dry range and the range near full saturation, where systematic errors up to 2 vol% were found. This accuracy is, from the practical viewpoint, acceptable.

UI-P.14

Effekt der Heterogenität und Anisotropie auf die Spektrale Induzierte Polarisation poröser Gesteine

G. Beisembina¹, R. Herold¹, P. Dietrich², F. Börner¹

¹TU Berlin, Angewandte Geophysik, Berlin, Deutschland, ²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Monitoring und Erkundungstechnologien, Leipzig, Deutschland

Die Kenntnis der Heterogenität und Anisotropie der hydraulischen Eigenschaften grundwasserleitender Formationen ist von Interesse z.B. für die Prognose zur Ausbreitung von Schadstoffen oder die Wirksamkeit von Entwässerungsmaßnahmen. Da diese Eigenschaften mittels direkter Tests nur schwer und dann auch nur lokal bestimmbar sind, wäre ihre indirekte Messung mittels z.B. SIP-Messungen wünschenswert. Aufgrund der engen Verknüpfung hydraulischer und elektrischer Eigenschaften poröser Materialien lohnt es sich, dies näher zu untersuchen. Da großskalige Experimente sehr aufwändig sind, um reproduzierbare und unverfälschte Ergebnisse zu gewährleisten, können im Rahmen eines Projektes oft nur wenige Versuchsszenarien realisiert werden. Unser Ziel ist daher, an einer umfangreichen Serie kleiner synthetischer Proben die Wirkung von Heterogenität und Anisotropie auf die komplexe elektrische Leitfähigkeit zu untersuchen.

Dazu wurden aus 3 verschiedenen Materialien (2 Sandsteine und ein Filtermaterial) kleine Würfel mit 6 mm Kantenlänge hergestellt. Aus je 225 Würfeln wurden Proben von 50 mm Länge und einem quadratischen Querschnitt von 30x30 mm² zusammengesetzt und vollständig mit Wasser definierter elektrischer Leitfähigkeit gesättigt. An diesen Proben wurden die Spektren der komplexen Leitfähigkeit und die hydraulische Leitfähigkeit gemessen.

Zunächst wurden 3 Versuchsreihen zu Testzwecken durchgeführt und hinsichtlich der Anwendbarkeit der Methode analysiert:

- (1) Vergleich der Leitfähigkeit von ausgebohrten zylindrischen Proben mit den aus Würfeln zusammengesetzten homogenen Proben,
- (2) anisotrope Proben mit longitudinaler und transversaler Struktur,
- (3) Mischproben aus 2 Materialien mit statistischer innerer Struktur.

Eine erste Auswertung dieser Testmessungen führte zu folgenden Beobachtungen bzw. Feststellungen:

- (1) Maßgeblichen Einfluss auf die Spektren hat das Volumenverhältnis der beteiligten Materialien.
- (2) Die Auftrennung des Materials beeinflusst nur gering die elektrische Phasenverschiebung und den Imaginärteil, während
- (3) der Realteil wohl aufgrund der Entstehung von großen Poren am Kontakt der Würfel erhöht wird.

Anisotropie-Effekte wirkt sich vorrangig auf den Realteil aus, Imaginärteil und Phase sind kaum verändert.

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen eines gemeinsam von TU Berlin und UFZ Leipzig/Halle bearbeiteten DFG-Vorhabens zur Untersuchung der hydraulischen Konnektivität von Grundwasserleitern.

GR VORTRÄGE

Gravimetrie

GR-A.01

Regularization Approach to Tidal Analysis

A. Ciesielski, T. Forbriger, W. Zürn, A. Rietbrock

Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Geophysical Institute, Black Forest Observatory (BFO), Karlsruhe, Deutschland

We present a new approach to harmonic tidal analysis, which constrains the solution to be near a reference model. This regularization stabilizes the linear regression, allowing us to infer model parameters for each tidal harmonic given in the catalog. This overcomes the need for a priori grouping of harmonics. We express the model parameters by scaling factors to an a priori body tide model. The inversion is done iteratively by adjusting the reference model to reduce the data misfit, based on how major harmonics deviate from the reference in the constrained regression. Following the 'credo of smoothness' we keep parameters of harmonics, which are not well constrained by the data, close to their neighbors, where data supports this. Nevertheless, at each iteration all parameters are free to vary. The frequency dependence of the solution is thus data-driven. We find models for the different spherical degrees independently. Our procedure allows narrow-band variations of the tidal admittance, which would be missed when using a priori grouping based on the Rayleigh criterion.

Using this approach, we determine a local response model from 11.5 years of data recorded by the superconducting gravimeter SG056 at Black Forest Observatory (BFO, Schiltach). This model serves as the a priori body tide model in a subsequent moving window analysis. By this, we test the hypothesis that some of the temporal variations of tidal parameters found in previous studies were caused by inappropriate body tide models in combination with a priori wave grouping. In the non-regularized moving window analysis of wave groups composed from summed harmonics, we find that periodic variations of groups M_1 , K_1 , μ_2 , N_2 , L_2 , and S_2 are reduced by up to a factor of 7 in amplitude compared to earlier studies.

GR-A.02

Systematical errors of superconducting gravimeters – An investigation of sensor differences of four dual sphere superconducting gravimeters

C. Bützler¹, T. Forbriger², W. Zürn², R. Widmer-Schnidrig², N. Sneeuw¹

¹Universität Stuttgart, Geodätisches Institut, Stuttgart, Deutschland, ²Black Forest Observatory, Schiltach, Deutschland

We analyze the difference signal of dual sphere superconducting gravimeters (SG) to clearly identify systematic instrumental disturbances, which would otherwise go unnoticed. Compared to classical spring gravimeters SGs impress by their small drift and good long-term stability. As an example, the drift of the upper sensor of the SG056 at the Black Forest Observatory (BFO) is 10 to 100 times smaller than the one of the ET19 LaCoste-Romberg gravimeter at BFO, depending on the time period studied. However, also SG measurements are influenced by systematical errors. One possibility for a first characterization and quantification of systematical errors of SGs are sensor differences of dual sphere instruments. For a perfect instrument they should be constant. Here we present the sensor differences for the superconducting gravimeters at BFO, Moxa, Bad-Homburg and Wettzell. As expected, they show the relative drift between the sensors and some steps related to operator interventions. However, we can also identify times during which the sensor differences cannot be described by a simple linear drift and steps. For BFO we show that the observed differences of a few microGal are too big to be caused by local gravity gradients. Therefore, we think they indicate more complex systematical errors of superconducting gravimeters. These errors are on the level of microGal and cannot be clearly identified as disturbance in the gravity residuals of only one sensor. Knowledge of the characteristic and size of these errors is important if gravity changes on the microGal level are studied, especially on long time scales. Examples are studies of hydrology, polar motion or long period tides.

GR-A.03

Mit Isaac NEWTON vom 3-Körperproblem über die Theorie der Mondbahn zu den Gezeiten

J. Fertig

Geophysik, Burgwedel, Deutschland

I. NEWTON (1687): „... Die gesamte Schwierigkeit der Physik scheint mir darin zu liegen, dass wir die Kräfte der Natur aus den Bewegungserscheinungen aufspüren müssen und anschließend aus diesen Kräften die übrigen Erscheinungen herleiten müssen. ...“. Zu den Erscheinungen gehört auch die Drehung der Bahnen aller Himmelskörper in ihren Bahnebenen (**Drehung der Apsiden**): keine Bahn ist eine ideale, geschlossene Ellipse, die der $1/r^2$ - Abstandsregel im Gravitationsgesetz gehorchen müsste. Muss deshalb das Gesetz für jeden Planeten und auch für den Erdmond angepasst werden? Newton wählt auch einen anderen Weg über eine zusätzliche äussere „**Störung**“, hier z.B. hervorgerufen durch die Fernwirkung der Sonne auf das System Erde-Mond also ein 3-Körper Problem; er definiert als erster diese Störung als „**Differenzkraft**“ und analysiert sie geometrisch. Die sichtbare Wirkung dieser Störkraft ist dann als Drehwinkel der Apsidenlinie berechenbar. Mit den gleichen Näherungen wie in der Störungstheorie für drei Körper legt Newton die grundlegende Theorie der Gezeiten dar. Sie erfordert auch die Äquivalenz der Schwerewirkungen von ausgedehnten, radialsymmetrischen Körper im Aussenraum mit denen von punktförmiger Zentren. Im III. Buch der Principia werden die Wirkungen von Gezeitenkräften von Sonne und Mond auf eine „Wasserhülle“ um die Erde und ihrer $1/r^3$ - Abhängigkeit, allerdings nur für die Radialkomponente, vorgestellt. Ergebnis: Gezeitenkräfte gibt es genau dann, wenn sich ein ausgehnter Körper in einem inhomogenen Schwerfeld bewegt! Für die Gezeitenkraft durch die Sonne im Vergleich zur irdischen Schwere wird ein gutes Ergebnis erzielt. Da der Mond selbst jedoch keinen Begleiter hat, bestimmt Newton aus dem lokalen Höhen von Spring- und Nipptiden das Kraftverhältnis für die Mond- zu Sonnengezeit. Nach einigen „Korrekturen“ ist dieses Verhältnis bei Newton 4.4815:1 statt wie später/heute ca. 2.2:1; also um mehr als den Faktor 2 zu groß . **Hier irrt Newton!**

GR POSTER Gravimetrie

GR-P.01

Structure of the Lunar Crust from Cluster Analysis and Gravity Inversion

P. Koch¹, J. Ebbing¹, K. Wünnemann², P. Haas¹

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Museum für Naturkunde Berlin, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, Berlin, Deutschland

In this contribution, we present a new global crustal model of the Moon based on inversion of gravity data measured by the GRAIL mission. The Bouguer anomaly is determined from the vertical gravity gradient, using two different correction densities. In addition to previous approaches, the underlying algorithm allows the use of laterally variable density contrasts at the Mohorovičić (Moho) discontinuity, allowing to distinguish between brecciation and fracturing of the Moon's crust. This is especially relevant for lunar impact basins, where the density contrast at the Moho discontinuity increases from the center to the outer regions. The use of laterally variable density contrasts is preceded by clustering the lunar crust into tectonic domains. Considering the large-scale physiography, we defined three clusters: Highland, Basin, and Maria cluster. Highland clusters have the highest density contrast, whereas the Maria clusters have the lowest. The Orientale basin covers a wide range of large-scale physiography and is therefore used as a local study area to determine appropriate inversion parameters. Here, we show that flood basalt cover layers (maria) should be considered in the inversion. For some impact basins, the expression of a central uplift of the Moho together with flood basalts are sufficient to explain the strong positive Bouguer anomaly in the center of the basin. An example for this is the well-known Imbrium basin on the near side of the Moon. Especially in young multiring basins, such as the Orientale basin, the Bouguer anomaly cannot be sufficiently explained by a central uplift and a flood basalt cover layer. In these areas, denser masses (e.g. impact melts) in the crust are required to explain the observed gravity data. The mean global crustal thickness is between 36.7 and 37.5 km. Thereby, the far side of the Moon has a greater crustal thickness than the near side. This is mainly due to the fact that the far side is dominated by the highlands, which, according to isostatic theory, have a deeper Moho discontinuity.

MR VORTRÄGE

Marine Geophysik

MR-A.01

Self-emerging contourite system in a flume tank demonstrates the conditions necessary to form moat-drift-systems

H. Wilckens^{1,2}, J. T. Eggenhuisen³, P. H. Adema³, F. J. Hernández-Molina⁴, R. Silva Jacinto⁵, E. Miramontes^{1,2}

¹University of Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland, ²University of Bremen, MARUM - Center for Marine Environmental Sciences, Bremen, Deutschland, ³Utrecht University, Faculty of Geosciences, Utrecht, Die Niederlande, ⁴Royal Holloway University of London, Department of Earth Sciences, Egham, Vereinigtes Königreich, ⁵Ifremer, Brest, Frankreich

Ocean currents control seafloor morphology and the transport of sediments, organic carbon, nutrients, and pollutants in deepwater sedimentary systems. A better connection between deposits formed by bottom currents (contourites) and hydrodynamics is necessary to improve reconstructions of paleocurrents and sediment transport pathways. First three-dimensional flume tank experiments show under which conditions a contourite system, consisting of an elongated depression (moat) and an associated sediment accumulation (drift), can form. In the tank, current dynamics were measured with an Ultrasonic Doppler velocimeter and the bathymetry was scanned with a laser. The main current direction is along-slope and the speed is higher against the slope and decreases on the flat surface basinwards. The moat-drift system forms on the flat surface parallel to a slope if there is a secondary flow near the seafloor that transports sediment from the slope toward the drift. The secondary basinward flow increases with higher speeds and steeper slopes, leading to steeper adjacent drifts. Once the moat-drift system is developed, the vertical velocity is upwards along the drift side of the moat, which closes the secondary circulation into a helix-structure within the moat. This enclosure of the helix within the moat coincides with an increase of the primary along-slope velocity component. Furthermore, the migration of the moat-drift system and formation of internal stratigraphic architecture is a function of current strength in combination with sediment availability. Low sediment availability leads to migration onto the terrace and truncation of reflectors. High sediment availability leads to migration onto the slope and the formation of sigmoidal deposits on the terrace-side of the moat. The different types of more erosive or more depositional moat-drift systems have also been observed in seismic data of the deep-sea and lakes. This study shows how bottom currents shape the morphology of moat-drift systems and highlights their potential to be used as a paleo-velocity proxy.

MR-A.02

Complex evolution of a Contourite Depositional System (CDS): A high-resolution seismic study of the Southern Ewing Terrace at the Argentine Margin.

E. Unland¹, T. Schwenk^{1,2}, E. Miramontes^{1,2}, V. Spiess^{1,2}, G. Bozzano^{3,4}, S. Kasten^{1,2,5}

¹Universität Bremen, FB 05 Geowissenschaften, Bremen, Deutschland, ²MARUM, Center of Marine Environmental Sciences, Bremen, Deutschland, ³Argentine Hydrographic Service (SHN), Department of Oceanography, Buenos Aires, Argentinien, ⁴CONICET, Buenos Aires, Argentinien, ⁵Alfred Wegener Institute, Helmholtz Center for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Deutschland

The Ewing Terrace, situated at the Argentine Continental Margin, is located within a highly dynamic oceanographic setting comprising an extensive Contourite Depositional System (CDS). Incised by the Mar del Plata Canyon, the Ewing Terrace is separated into Northern Ewing Terrace (NET) and Southern Ewing Terrace (SET). The SET is located in water depths of ~ 1000 - 1200 m within the vicinity of the Brazil-Malvinas Confluence Zone. The complex internal architecture of the terrace results from large-scale oceanography and mesoscale ocean circulation. Consequently, this region offers a unique environment to reconstruct paleoceanography by identifying morphosedimentary features that were eroded, transported and deposited by along- and down-slope processes.

The CDS was targeted during RV SONNE Cruise SO260 (2018) by acquiring numerous high-resolution multichannel seismic profiles, which were subsequently subject to a detailed seismostratigraphic analysis. This study identified several erosive unconformities that reveal different long-term evolutionary stages. During Late Paleogene, the onset of current-dominated sedimentation was established, resulting in the general development of terraces. Followed by a complex build-up dominated by depositional and erosional stages suggesting rearrangements of bottom currents in the region. Associated with the spatial and vertical changes in water masses, the internal structure of the SET exhibits a complex sequence of erosive and depositional features accompanied by channels and moats.

Finally, a chronology of the SET's evolution is proposed, which contributes to i) the understanding of the impact of ocean currents over time on the development of complex depositional systems and ii) links the regional sediment dynamics to global paleoceanography. Together with data from previous cruises, the architecture of the NET and the SET are compared in order to study the influence of the Mar del Plata Canyon and the spatial changes from the Brazil-Malvinas Confluence Zone on the interaction of bottom currents and sedimentary processes.

MR-A.03

Building (and rebuilding) a submarine channel: Mass transport processes in the Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel, Labrador Sea

R. Barrett¹, G. A. von Rönn¹, K.-F. Lenz^{1,2}, D. Mosher³, C. Stevenson⁴, S. Krastel¹

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland, ²Center for Ocean and Society, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland, ³Atlantic Division, Geological Survey of Canada, Dartmouth, NS, Kanada, ⁴University of Liverpool, School of Earth, Ocean and Ecological Sciences, Liverpool, Vereinigtes Königreich

Submarine channels play an important role in transporting sediment from the continental shelf into the deep ocean. The structure of the submarine channel itself is controlled by the competing processes of erosion and deposition within the channel, with turbidity currents and channel wall (levee) collapses playing a central role in the development of the channel. Here, we use geophysical and geological data collected by RV Maria S. Merian during cruise MSM102 in mid-2021 to investigate the role of mass transport processes within and adjacent to the Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC). The NAMOC is one of the longest submarine channels on the planet, extending across more than 3,800 km through the Labrador Sea to east of Newfoundland Ridge, offshore Canada. We find numerous localized levee collapses and evidence that these are a repeated occurrence along the length of the NAMOC, including at its inception in the north. The channel thalweg, infilled by a debrite, is then eroded as the NAMOC re-establishes itself. Mass wasting adjacent to the NAMOC, however, also plays a role in the development of the channel. Our data image a series of stacked debris flows along the western side of the NAMOC. These debris flows, sourced from the Canadian continental shelf and each up to 20 m thick in our study area, run parallel to the NAMOC for tens or even hundreds of kilometres before breaching the channel levee and continuing within the NAMOC itself.

MR-A.04

Evolution of complex giant seafloor depressions at the northern Argentine continental margin (SW Atlantic Ocean) under the influence of a dynamic bottom current regime

F. Warnke^{1,2}, T. Schwenk¹, E. Miramontes^{1,3}, G. Bozzano⁴, M. Baques⁴, V. Spiess¹, S. Kasten⁵

¹Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland, ²University of Auckland, School of Environment, Auckland, Neuseeland, ³Universität Bremen, MARUM, Bremen, Deutschland, ⁴Argentine Hydrographic Service (SHN), Department of Oceanography, Buenos Aires, Argentinien, ⁵Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Deutschland

Seafloor depressions (SD) are features commonly observed at the ocean floor. They often occur as circular, small-sized (up to 10s of m) incisions caused by fluid expulsion, so-called pockmarks. Larger depressions (100s m to km) are considerably less abundant, and their origin and development have been scarcely studied.

In this study, two giant morphological depressions (>5 km) offshore Argentina were investigated. The utilized data set includes high-resolution, multichannel seismic data, multibeam bathymetry and backscatter data as well as sediment echosounder data. The data set was collected during Cruise SO260 with RV SONNE in 2018.

Two depressions, a boomerang-shaped (SD-N) and a sub-circular depression (SD-S) were localized north and south of the Mar del Plata Canyon on the Ewing Terrace at the Argentine Continental Margin. The study area is influenced by the Brazil-Malvinas Confluence (BMC), where major counterflowing ocean currents affect sedimentation, and northward flowing currents form a large contourite depositional system with erosional and depositional features.

Using the published seismo-stratigraphy, the onset of SD-N was dated to the middle Miocene (~15-17 Ma), whereas SD-S started developing at the Miocene/Pliocene boundary (~6 Ma). For the initiation, a structural control seems to be most likely for SD-N. In contrast, seafloor seepage is proposed as the initial mechanism for SD-S, as acoustic anomalies indicate the presence of gas and diffuse upward fluid migration there.

After the initial development, the depressions were reworked and maintained by strong and variable bottom currents, an observation similar to other large-scale depressions in dynamic oceanographic settings. An upward shift of water masses resulting in lower current speeds in the Miocene likely enabled the prograding infill of SD-N. Varying strengths and relocations of the BMC between colder and warmer climatic periods probably controlled the build-up of cut-and-fill structures within SD-S.

Altogether, this study highlights the evolution of two unique and complex seafloor depressions throughout the geologic past under intense and variable bottom current activity in a highly dynamic oceanographic setting.

MR-A.05

Identification and mapping of an up-to-200 m high, buried escarpment within the North Sea Fan, offshore Norway

E. Sokolkova, R. Barrett, H. Grob, K.-F. Lenz, A. Lohrberg, J. Schneider von Deimling, S. Krastel

Institut für Geowissenschaften, Marine Geophysik und Hydroakustik, Kiel, Deutschland

Submarine landslides are significant geohazards, and can destroy seafloor infrastructure and lead to destruction in coastal areas through far-reaching, slide-generated tsunamis. Due to rapidly growing coastal cities and communities, this marine geohazard poses a danger to more people than ever before. The Norwegian passive continental margin has been the scene of numerous large-volume submarine slides during the Quaternary. The most recent, the Holocene Storegga Slide, triggered a devastating tsunami, with a run-up of at least 20 m in the Faroe and Shetland Islands. Although the extent of the Storegga Slide deposits is well studied, the distribution of the preceding mega-slide offshore mid-Norway, the Tampen Slide, is not fully constrained. This is due to remobilization of the deposits by the subsequent Storegga Slide, their burial beneath up to 450 m of sediment, and the complex basement topography of the Møre Marginal High. Here, we use 2D seismic reflection data collected by RV Maria S. Merian during cruise MSM98/2 in early 2021 to study the area north of the Tampen Slide headwall, which is characterized by two different sedimentation regimes – the proximal and distal North Sea Fan. Our data show that the proximal and distal North Sea Fan are separated by an up-to-200 m high escarpment. This escarpment is at least 90 km long and lies vertically above the Faroe-Shetland Escarpment, the southern boundary of the volcanic Møre Marginal High, along the eastern part of its mapped extent. The complex and variable appearance of the escarpment in the seismic profiles presents a challenge for investigating its nature and age; however, chaotic mass transport deposits at the base of the escarpment lead us to interpret it to be the headwall of a landslide. The timing of this landslide in relationship to the Tampen Slide is, however, difficult to constrain because the deposits of the Tampen Slide pinch out just south of the escarpment and cannot be followed north of the escarpment. This landslide could possibly be linked to a large turbidite in the Ægir Ridge, further to the north, and should be investigated further.

MR-A.06

Agadir Slide at the NW-African continental margin: a major landslide in a sediment wave field

S. Krastel¹, C. Böttner¹, M. Schönke², R. Englert³, J. Geersen¹, P. Brandt⁴, C. Stevenson⁵

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Warnemünde, Deutschland, ³Durham University, Durham, Vereinigtes Königreich, ⁴GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Kiel, Deutschland, ⁵The University of Liverpool, Liverpool, Vereinigtes Königreich

Sediment waves are the dominant bedform on the ocean floor. They are important for any seafloor infrastructure, such as telecommunication cables, as the flows passing over can be highly destructive. Further, sediment waves play an important role in the stability of marine slopes and are of importance because of their role in deep-water petroleum plays.

The headwall area of the Agadir Slide at the NW-African continental margin is located in an area characterized by sediment waves in water depths between 500 and 1200 m. The Agadir Slide was already investigated during Maria S. Merian Cruise MSM32 in 2013. The failure occurred along a pronounced weak layer in a sediment wave field. The slab-type failure rapidly disintegrated and transformed into a debris flow, which entered Agadir Canyon at 2500 m water depth. Interestingly, the debris flow did not disintegrate into a turbidity current when it entered the canyon despite a significant increase in slope angle. Instead, the material was transported as debris for at least another 200 km down the canyon.

The sediment wave field around the headwall area of the Agadir Slide has now been investigated in detail during Maria S. Merian Cruise MSM113 in December 2022/January 2023. The bathymetric and acoustic data image a regular sediment wave field with a thickness of about 300 m. The seismic data show a fairly uniform upslope migration of the waves. Water column imaging data suggest that internal waves hit the continental margin in the area of the sediment waves and we consider internal wave as one of the main processes forming the sediment wave field. Core data indicate that other processes such as turbidity currents and/or contour currents also contributed to the development of the sediment wave field. We deployed two short-term oceanographic moorings in the sediment wave field to further investigate the processes forming the wave field but results based on the moorings are pending.

MR-B.01

Tunnel valley formation in the “Entenschnabel” area of the German EEZ – results from a High Resolution 3D Seismic Dataset.

A. Ehrhardt, M. Schnabel, N. Ahlrichs

BGR, Hannover, Deutschland

The area of the German EEZ (Exclusive Economic Zone) is of high importance for the reduction of greenhouse gas emissions. In order to fulfil the aims of the decarbonisation processes, the construction of windfarms and the establishment of CO₂ storage sites are essential. However, this requires a precise knowledge of the subsurface. Whereas the smooth bathymetry of the North Sea points to a homogeneous subsurface, seismic and sediment-echosounder data show that a series of filled tunnel valleys crosscut the uppermost sediments right below the seafloor. Bright spots indicate the presence of shallow gas. Fault systems like crestal faults and polygonal faults intersect the Cenozoic and Paleozoic sediments.

In 2021, BGR carried out a high-resolution 3D seismic survey (HR3D) in the course of the DFG project GeoBasis-3D (GPF19-2_070) aboard RV Maria S. Merian. An area of 94 km² was covered with 120 sail lines, each line 18 km long and with a distance of 50 m between sail lines. The data is processed up to prestack time migration and shows a high-resolved three dimensional image of the very shallow parts with several tunnel valleys, crestal faults above the salt diapir Belinda (down to 1600 m depth) and sedimentary beds from the seafloor down to the base of the Zechstein.

Tunnel valleys are clearly visible as deep incised valleys, up to 300 m deeper than the surrounding seafloor, 1 km to 2 km wide and more than 10 km long. The general trends of the valleys are NNE-SSW and NW-SE. The valleys show an internal pattern of onlap structures suggesting that the source of the sedimentary infill was in the SW of the valleys. High amplitude reflections point to gas accumulations at some parts of the valleys. The source of the gas is not clear, especially as a correlation of tunnel valleys with fault systems is not evident.

MR-B.02

Point Clouds and AI: A new approach for marine habitat mapping

P. Held¹, J. Schneider von Deimling², J. Friedrichs², C. Straßburger²

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

Modern multibeam echosounders (MBES) transmit over 1000 beams at a ping rate of several hertz in shallow waters and can therefore record high-resolution point clouds of echo returns from the seafloor as well as from objects in the water column. Typically, these high-resolution data are broken down into regular grids for further analysis, which involves a loss of resolution and information. However, the increase in computing power over the last decades allows modern PCs to analyze dense point clouds in a reasonable amount of time, eliminating the need for prior rasterization of the data. Dense point clouds provide a new view of the seafloor and insights into marine habitats, as depth values often coincide with the canopy of submerged aquatic vegetation.

Here we present a new approach for hydro-acoustic mapping of seagrass meadows, based on point cloud analysis and machine learning. Therefore, we collected MBES data in a coastal area near Kiel, Germany. Water depths in this area varied from 1 to 8 m, and the seafloor was alternately covered with dense seagrass beds or consisted of unvegetated sandy flats. From the recorded point clouds of echo returns, characteristic features, like the so-called Eigen-features, were derived for each point. These features were then used to classify the point cloud with a random forest, which was prior trained with ground truthing data from underwater video, scientific divers and aerial imagery. After classification, the point cloud was separated into seafloor echos and echos from the seagrass leaves. The points classified as seafloor, were then be used to compute more accurate bathymetry, since interfering seagrass returns have been eliminated. Points classified as seagrass returns were used for seagrass detection and volume estimation, and thus for seagrass biomass estimation.

With this new approach, we achieved very good test accuracies and propose it as a suitable method for automatic detection and mapping of seagrass meadows, which are one of the most important marine habitats in coastal water world-wide.

MR-B.03

Glacially induced faulting in the SW Baltic Sea

E. Seidel¹, H. Steffen², R. Steffen², N. Ahlrichs³, C. Hübscher¹

¹University of Hamburg, Institute of Geophysics, Hamburg, Deutschland, ²Lantmäteriet, Geodetic Infrastructure, Gävle, Schweden, ³Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Marine Seismic, Berlin, Deutschland

The complex tectonic situation within the southern Baltic Sea, between the Bay of Kiel in the West and the Pomeranian Bay in the East, arises from a polyphase history of fault generation and reactivation. Since the Palaeozoic Caledonian Orogeny transpressional and transtensional stress regimes alternated, e.g. during the Mesozoic thermic subsidence of the North German Basin, or compression during the Africa-Iberia Europe convergence (Upper Cretaceous-Palaeogene). Even in the geological younger past, the area was affected by at least three major Quaternary ice advances (Elsterian, Saalian, Weichselian). Repeated increasing and decreasing ice masses forced an isostatic adjustment of the crust that triggered fault reactivation.

This study focusses on the glacially induced fault reactivation since the Upper Saalian (200 ka BP). Therefore, faults of different tectonic background (e.g. related to salt structures, anticlines or other reactivated fault zones) were mapped using seismic sections. We measured the fault properties, such as strike and dip directions, depth and determined the character (normal, reverse, strike slip) of the faults. Afterwards, finite-element simulations of different glacial isostatic adjustment models analysed the glaciation-induced Coulomb Failure Stress changes (ΔCFS) at the faults over time. Comparing the resulting activation potentials of all faults gives information on local and temporal differences in fault reactivation in this unique geoarchive.

MR-C.01

Sedimentary architecture of submarine lobes affected by bottom currents: Insights from the Rovuma Basin offshore East Africa

M. Chen^{1,2,3,4}, S. Wu^{1,2}, E. Miramontes^{3,4}

¹China University of Petroleum (Beijing), State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, Beijing, China, Volksrepublik, ²China University of Petroleum (Beijing), College of Geosciences, Beijing, China, Volksrepublik, ³University of Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland, ⁴University of Bremen, MARUM – Center for Marine and Environmental Sciences, Bremen, Deutschland

Abstract The influence of bottom currents on submarine channels has been widely recognized, for instance by the formation of asymmetric channel-levee systems and drifts. In contrast, it is often considered that submarine lobes can be only reworked by strong bottom currents and are not affected by bottom currents during their deposition. In this study, we analyze the effect of bottom currents on different hierarchical lobe architectures that formed during the lower Oligocene in the Rovuma Basin offshore East Africa. We characterize the stacking patterns, morphology and connectivity of different hierarchy lobes using well data and three-dimensional seismic data. We found that lobe complexes and single lobes show a unidirectional stacking pattern that is opposite to the direction of bottom currents. Lobe elements in single lobes display vertical accretion with no obvious relationship with bottom currents. Additionally, single lobe morphology presents an asymmetric shape, with a thicker lobe margin on the downstream side of the bottom currents. Regarding reservoir connectivity from the lobe complexes to the lobe element architecture, the distribution of mudstone between lobes is gradually reduced and discontinuous. The architectural distribution reflects that the topography present before the depositions of the submarine lobes was controlled by previous asymmetrical channel-levee systems formed by the synchronous interaction of bottom currents and gravity flows. This asymmetric topography controls the subsequent deposition of lobes and results in the migration of single lobes in the upstream direction of bottom currents. The results demonstrate that although weak to moderate bottom currents may not be able to rework submarine lobes, they may control the geometry and evolution of submarine channels and thus indirectly affect the thickness and migration of lobes in more environments than previously thought.

Keywords Contour currents, Submarine fan, Mixed turbidite-contourite system, Sedimentary stacking pattern, SW Indian Ocean

MR-C.02

Signatures and Significance of Lithogenic, Hydrothermal, and Authigenic Mineral Fractions in Ridge Flank Sediment of the East Pacific Rise

C. Nadolsky^{1,2}, A. Höfken^{2,3}, T. von Döbeneck^{2,3}, S. Kasten^{1,2,3}

¹Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Marine Geochemistry, Bremerhaven, Deutschland, ²University of Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland, ³MARUM - Center for Marine and Environmental Sciences, University of Bremen, Bremen, Deutschland

The complex mineralogy and dynamic geochemical processes make the sediments of the Clarion-Clipperton Zone in the eastern Pacific an intriguing research target. Although the sediments and depositional conditions in the study area have attracted more attention recently, there are still many unresolved issues due to the heterogeneity of the sediments. A multi-proxy approach combining rock magnetic properties and elemental composition data of sediment core SO240-69SL (12° 39.855' N, 119° 13.374' W, 4275 m) with endmember modeling revealed a previously unknown sediment component. As common for the study area, the sediment consists of a bottom current-transported lithogenic source derived from weathering of crustal rocks, a calcareous fraction restricted to the lower part of the core, and authigenic manganese precipitates located at present and past redox boundaries (e.g., Versteegh et al., 2021). In addition to that, the sediments show a significant contribution by a low-temperature hydrothermal component of, e.g., iron-rich clay minerals. The hydrothermal component exhibits low-coercive and paramagnetic properties and leads to a major shift in the magnetic signal (ARM, ARM/IRM) when its sedimentation ceased. Our study presents the magnetic and geochemical properties of the different sediment components as well as the complex depositional and diagenetic history of the sediments at the study site. Hence, it complements the knowledge of sediment endmembers in the Clarion-Clipperton Zone, which is a prerequisite for properly reconstructing paleoenvironmental conditions from magnetic parameters.

Reference

Versteegh, G., Koschinsky, A., Kuhn, T., Preuss, I., and Kasten, S. (2021). Geochemical consequences of oxygen diffusion from the oceanic crust into overlying sediments and its significance for biogeochemical cycles based on sediments of the northeast Pacific. *Biogeosciences* 18, 4965–4984. doi: 10.5194/bg-18-4965-2021.

MR-C.03

Extended magneto-chronostratigraphy of three sediment cores from the SE Pacific

N. Nowaczyk¹, J. Liu², J. Hagemann³, H. Arz⁴, F. Lamy³, N. Harada⁵, K. Nagashima⁵

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam GFZ, Potsdam, Deutschland, ²China University of Geosciences, Wuhan, China, Volksrepublik,

³Alfred-Wegener-Institute, Bremerhaven, Deutschland, ⁴Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Rostock, Deutschland, ⁵Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokosuka, Japan

In 2016 three long piston cores were recovered from the SE Pacific, off Patagonia, Chile, with the help of Japanese RV MIRAI. The cores were subjected to a comprehensive magnetostratigraphic investigation, analysing the paleo-directions and -intensity, providing age information, the magnetic fabric, the concentration, the overall grain sizes, and the composition of the magnetic fraction, reflecting paleoclimatic variability. Additional age information is provided by AMS 14C dating, oxygen isotope stratigraphy, and cyclostratigraphy based on XRF-scanning of major element ratios and further physical properties.

According to the obtained results, the stratigraphic records of cores cover the past 50, 140, and 480 ka, respectively. The paleomagnetic data show evidence for two clearly expressed geomagnetic excursions, the Laschamps excursion (41 ka) and the Iceland Basin excursion (~190 ka), typically associated with very low relative paleointensities. However, the paleomagnetic record is partly biased by pronounced and fairly abrupt variations in concentration and magnetic grain size as well as in the magnetic fabric, exhibiting an almost rectangular on/off pattern mainly during the glacials: Higher anisotropy and coarser magnetite particles in higher concentration alternate with lower anisotropy and finer magnetite particles in a lower concentration. A similar pattern is also seen in XRF-derived element ratios such as Ca/Ti or Sr/K. These major patterns are interpreted as the result of sub-Milankovic but nearly periodic advances of the Patagonian ice sheets during glacial conditions with sea level low-stands. Partly independent from this more simple pattern are the variations in the presence of ultra-fine superparamagnetic magnetite particles and the concentration of hematite, indicating further short-term and less rhythmic paleoclimatic influences but partly with Milankovic cycling in the long record.

MR-C.04

Middle Eocene to the early Miocene absolute paleolatitude of northern Zealandia determined from the paleomagnetic record of IODP Exp. 371 (Tasman Sea)

E. Dallanave¹, R. Sutherland², G. Dickens³, L. Chang⁴, E. Tema⁵, L. Alegret⁶, C. Agnini⁷, T. Westerhold⁸, C. Newsam⁹, A. Lam¹⁰, W. Stratford¹¹, J. Collot¹², S. Etienne¹², T. von Dobeneck¹

¹University of Bremen, Faculty of Geosciences, Bremen, Deutschland, ²Victoria University of Wellington, Wellington, Neuseeland,

³Trinity College Dublin, Dublin, Irland, ⁴Peking University, Beijing, China, Volksrepublik, ⁵University of Turin, Turin, Italien,

⁶Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spanien, ⁷University of Padova, Padova, Italien, ⁸MARUM, University of Bremen, Bremen, Deutschland, ⁹Network Stratigraphic Consulting Ltd., Potters Bae, Vereinigtes Königreich, ¹⁰Binghamton University, Binghamton (NY), Vereinigte Staaten von Amerika, ¹¹GNS Sciences, Lower Hutt, Neuseeland, ¹²Service de la Géologie de Nouvelle Calédonie, Nouméa, Neukaledonien

Northern Zealandia is a continent submerged for more than 90% under the water of the southwest Pacific Ocean and separated from Australia by the Tasman Sea ocean basin. Its absolute position since its drift from Australia in the Cretaceous is determined by means of global absolute plate motion models, as local paleomagnetic constraints are completely missing. We present new absolute paleolatitudes for northern Zealandia using paleomagnetic data from sediments drilled in International Ocean Discovery Program Sites U1507 and U1511 (Expedition 371^{1,2}). After correcting for paleomagnetic inclination shallowing, typical of sediments, we derived five paleolatitude estimates that provide a trajectory of northern Zealandia past position from the middle Eocene to early Miocene, spanning geomagnetic polarity chrons C21n to C5Er (~48–18 Ma). Generally, our results support previous works on global absolute plate motion, including a rapid 6° northward migration of northern Zealandia between the early Oligocene–early Miocene. However, paleomagnetic-determined absolute paleolatitude is systematically lower, and this difference is significant in the Bartonian and Priabonian (C18n–C13r). This discrepancy may be explained by some degree of true polar wander, a solid Earth rotation with respect to the spin axis that can be resolved only using paleomagnetic data. These new paleomagnetic dataset anchors past latitudes of Zealandia to Earth's spin axis, with implications not only for global geodynamics, but for addressing paleoceanographic problems, which generally require precise paleolatitude placement of proxy data³.

¹Sutherland, R. *et al. Proc. Int. Ocean Discov. Progr.* **371**, 1–33 (2019).

²Dallanave, E. & Chang, L. *Newsletters Stratigr.* **53**, 365–387 (2020).

³Dallanave, E. *et al. J. Geophys. Res. Solid Earth* **127**, 1–19 (2022).

MR-P.01

AUV-based UXO Detection using Magnetometry

M. Seidel

GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Kiel, Deutschland

Unexploded ordnance (UXO) originating mainly from World War 2 are distributed in underwater environments worldwide. According to estimations, 1.6 million tons of munitions are expected to reside alone in German coastal waters. Over the years, the munition's explosive compounds dissolve into the seawater due to corrosion. Beyond the threat to marine ecosystems, these legacies denote an explicit threat to many maritime industries, e.g. the offshore energy sector. Offshore detection, confirmation and classification of UXO is time-consuming and expensive. However, the vast majority of potentially dangerous objects that need to be investigated in more detail turn out to be "false positives", i.e. anthropogenic waste or boulders. Individual target point investigations rely heavily on expensive deployments of divers or Remotely Operated Vehicles (ROVs). Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) with integrated magnetometers provide a cost-effective and time-saving alternative for individual target point investigation before divers and ROV operations are scheduled.

The EU-funded project BASTA (Boost Applied munition detection through Smart data integration and AI workflows, <http://www.basta-munition.eu>) aimed at improving underwater UXO detection approaches and advancing data acquisition techniques. One aspect of the project was performing AUV-based magnetic measurements. We present first results of integrating three submersible fluxgate magnetometers to a Girona 500 AUV in the context of underwater UXO detection. The hovering capabilities of these AUVs allows them to maintain a fixed position or to precisely navigate at very low velocities and altitudes. The magnetic sensors are rigidly attached to the nose of the AUV at a lateral distance of 2 m and are arranged in the shape of a vertical triangle, thereby allowing for the calculation of three spatial magnetic gradients. With a noise floor of approximately 2 nT, the system is capable of reliably detecting munitions similar in size to 81 mm shells from altitudes of 1 m above the seafloor. For ground-truthing purposes and for a concluding confirmation or rejection of a UXO suspicion, the AUV is equipped with a high resolution camera system.

MR-P.02

Offshore Freshened Groundwater Investigation in Malta Using Integrated Geophysical and Geochemical Analysis

Z. Faghih¹, A. Haroon¹, M. Jegen¹, C. Berndt¹, B. A. Weymer², K. Reeck¹, M. Kühn¹, T. Müller¹, M. Schmidt¹, C. Hensen¹, S. Hölz³

¹GEOMAR, Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Deutschland, ²School of Oceanography, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China, Volksrepublik, ³GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Deutschland

Marine carbonate environments host considerable quantities of freshwater worldwide. Terrestrial aquifers in carbonate settings crossing the coastline into the marine realm are gaining scientific interest, but are understudied in part by the complicated seafloor morphology that creates technological and logistical challenges for detailed subsurface investigation. Studies investigating coastal hydrogeology would benefit from integrated geophysical and geochemical investigations to enhance the understanding of the distribution, geometry, volume, and controlling factors of freshened groundwater beneath the present-day seafloor. Several studies have documented offshore freshened groundwater (OFG) along the continental margins offshore in Israel, New Zealand, Malta, and the United States of America. These studies provide some examples of how the integrating geophysical methods and borehole data can help constrain the spatial extent of OFGs and estimate their pore-water salinity. In this study, we investigate whether OFG can exist offshore a semi-arid carbonate coastline along the Maltese Islands and explore the can possibly be used possibility of sustainably as an exploiting these reservoirs as an unconventional source of drinking water to relieve freshwater scarcity. We present an integration of marine controlled source electromagnetic (CSEM) measurements with 2-D seismic reflection data, core samples, borehole measurements, and geochemical data targeting OFG along a carbonate shelf offshore the Maltese Islands. We present combined geophysical and geological results using 2-D resistivity model derived from CSEM data and combine these with multichannel seismic reflection data and in-situ geochemical measurements. Resistivity models derived from 2-D inversion of CSEM data identify a resistive anomaly ($> 10 \text{ Wm}$) offshore the northeastern coast of Gozo (the second largest island in the Maltese archipelago). To examine if this resistivity anomaly is associated with a drop in the pore-water salinity at $\sim 300 \text{ m}$ below sea level or, alternatively, caused by lithological changes, preliminary results show that the resistivity anomalies are indicative of an OFG body located within the seafloor east of Gozo extending northeastward. In addition, to quantitatively characterize the potential OFG system offshore Malta, we plan hydrogeological modeling as the next step.

MR-P.03

Quantification of Himalayan erosional fluxes based on integration of core-seismic data from the Bengal Fan (IODP Exp. 354)

T. Schwenk¹, F. Bergmann¹, B. Reilly², V. Spiess¹, C. France-Lanord³

¹Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland, ²WHOI-MCG, Woods Hole, Vereinigte Staaten von Amerika, ³CRPG-CNRS-Univ. Lorraine, Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques, Nancy, Frankreich

Submarine fans archive continental sediments and thereby act as a fundamental archive for the continental tectonic and erosion history as well as long- and short-term climate variations. The Bengal Fan is the main sedimentary archive for sediment eroded in the Himalayas as well as on the Tibetan Plateau, and thus one primary record for Asian Monsoon changes in southern Asia.

Building on IODP Expedition 354 and seismic stratigraphy, the French-German ANR-DFG joint project 'HimalFan' (Quantifying Himalayan Erosion Fluxes from the Bengal Fan record) aims at further improving our understanding of the Himalayan tectonic construction and its coupling with regional and global climate. Therefore, HimalFan targets the reconstruction of sediment fluxes back to Miocene times and a total-flux estimation based on a multidisciplinary approach integrating seismic studies conducted in Bremen with single grain thermochronology and quartz in situ cosmogenic analyses conducted at the French partner institutes (CRPG).

The seismic stratigraphy along the IODP Exp 354 transect was established and spatial and temporal variability of sediment delivery was reconstructed for the Middle Pleistocene, providing unique insights into the complex 'Bengal Fan' depositional system. The investigations indicate a gradually increasing sediment flux between 650-250 ka along the IODP Exp 354 drilling transect (8°N). This may well be attributed to climatically-driven erosion rate changes, but equally likely to a change in the input function, e.g. the river network, or as an autocyclic behavior. The seismic/chrono-stratigraphy was extended to our existing network of seismic profiles from the Bengal Fan to allow a more spatial investigation of sediment deposition. Marker horizons, such as the Middle Pleistocene Hemipelagic Layer (1.24-0.68 Ma), the Late Pleistocene Hemipelagic Layer (0.25 Ma to recent) and the C3-C4 plant transition, could be traced throughout large parts of the Bengal Fan. Additional time marker in older sediments (Pliocene/Miocene times) are constantly updated and extended by the IODP Exp. 354 scientific party and integrated into the seismic stratigraphy. Middle Pleistocene average sedimentation rates, calculated at different transects across the Bengal Fan, are in the same order of magnitude as along the IODP Exp 354 transect. Moreover, first results indicate lower sedimentation rates for the Pliocene/Early Miocene compared to the Middle Pleistocene.

MR-P.04

Quantitative geomorphological and geotechnical analysis of RockGarden (central Hikurangi Margin, New Zealand): assessing the influence of seamount subduction and fluid overpressure on slope failure

C. Schwarze¹, J. Kuhlmann², I. Klauke³, A. Orpin⁴, G. Crutchley³, K. Huhn⁵, N. Kukowski¹

¹Institute of Geosciences, Jena, Deutschland, ²BUND, Bremen, Deutschland, ³GEOMAR – Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Deutschland, ⁴NIWA - National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, Neuseeland, ⁵MARUM – Center for Marine Environmental Sciences, Bremen, Deutschland

We investigate the submarine gravitational mass movement at the Rock Garden (RG) area of the Hikurangi Margin (HM) convergent margin offshore New Zealand using newly collected datasets including multibeam echosounder and side-scan sonar data sets as well as results from mechanical measurements on sediment cores drilled with the seafloor drill rig MeBo200. Our analysis revealed seafloor lineaments and faults related to seamount subduction and at least four gravitational mass movements that initiated in water depths between 600 and 2000 metres below sea level (mbsl). These gravitational mass movements left clear headwall scarps on the seafloor with reliefs in excess of ~50 m. Factor of safety (FOS) analyses based on geotechnical properties of sediments indicate that they are stable under static conditions. Under seismic loading conditions, sediments in RG are stable up to peak ground accelerations (PGA) of 0.8 g. Therefore, we suggest that the main preconditioning factor of the four gravitational mass movements at RG may have been excess fluid pressure. FOS calculations assuming excess fluid pressure of 60 %, indicating that the sediments then would become unstable in a depth of 25 metres below seafloor (mbsf). Thus, from this study we infer that seafloor slope failure mechanisms at continental margins under influence of seamount subduction are not only oversteepening and seismic loading but also excess fluid pressure.

MR-P.05

Amundsen Sea (Antarctica): high sedimentation rates for the middle Pliocene inferred from paleomagnetic age dating

T. Frederichs, T. Frederichs

Universität Bremen, Bremen, Deutschland

The Amundsen Sea sector of Antarctica is one of the most vulnerable margins of the West Antarctic Ice Sheet (WAIS). A major retreat of the WAIS would significantly contribute to sea-level rise. The objective of IODP Expedition 379 to the Amundsen Sea was to reconstruct the history of the WAIS on a variety of time scales, from the presumed first advance of the WAIS onto the inner continental shelf of the Amundsen Sea in the Oligocene to the most recent Pleistocene glacial-interglacial cycle. Of particular interest is assessment of the Plio-Pleistocene stability of marine-based WAIS margins with respect to incursions of warm deep-water under past warmer-than-present conditions, in order to gain insight into their behavior as an analog for future climate trends.

A reliable shipboard magnetostratigraphy (Gohl et al., 2021), supplemented by onshore full demagnetization of discrete samples, was obtained for Site U1532. The interpreted magnetic polarity at Site U1532 was correlated with the geomagnetic polarity timescale. The resulting key paleomagnetic data were then integrated with biostratigraphic data to develop an age model. The magnetostratigraphic record at Site U1532 revealed a nearly continuous sequence of chrons/subchrons from the late Miocene to the Pleistocene, ranging from the base of the Thvera Subchron (C3n.4n; 5.235 Ma) in the lowermost section to the Brunhes Chron (C1n) in the uppermost section. The oldest sediments recovered at Site U1532 are presumably of latest Miocene age (~5.7 Ma). Shipboard demagnetization of Natural Remanent Magnetization at 20 mT at Site U1533 and onshore full demagnetization of discrete samples revealed a complete sequence of late Miocene to Pleistocene chrons/subchrons, providing a reliable magnetostratigraphy from the base of the Thvera Subchron (C3n.4n; 5.235 Ma) to the Brunhes Chron (C1n). Based on the integrated biostratigraphic and magnetostratigraphic age model for Site U1533 (Gohl et al., 2021) an age of 6.4–6.75 Ma is inferred for the base of Hole U1533B. Calculated linear sedimentation rates (0.5 - 60 cm/kyr) with peak values for the middle Pliocene vary considerably and in different ways in individual time intervals between sites.

Reference:

Gohl, K., Wellner, J.S., Klaus, A., and the Expedition 379 Scientists, 2021. Amundsen Sea West Antarctic Ice Sheet History. Proceedings of the International Ocean Discovery Program, 379: College Station, TX (International Ocean Discovery Program).

MR-P.06

High-Resolution Seismic Exploration of the Structure and Morphology of a basaltic Carbon Storage Reservoir on the Eastern Juan de Fuca Ridge Flank

A. Albers, N. Römer-Stange, V. Spieß

Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland

Carbon capture and storage (CCS) in basaltic aquifers offers a sustainable solution to remove CO₂ from the atmosphere and permanently convert it to mineralized carbonate. Most basaltic reservoirs are located offshore beneath abyssal seafloors along mid-ocean ridges and their flanks, which effects the costs and accessibility for direct examination, such as core drilling and borehole logging. This highlights the importance of remote geophysical exploration techniques to gain a better understanding about the basaltic crust in general and to help identify suitable and safe injection sites. In this context, high-resolution seismic studies are a useful tool to characterize the reservoirs with respect to their morphological and structural properties, which can be used to evaluate the CCS capacity. Despite the emerging demand for these reservoir studies, a standard strategy is yet to be established. Therefore, we employed and analysed different approaches to show the capability of high-resolution seismics to determine local and regional variations of the reservoir. These approaches were tested using seismic data from the R/V Sonne Cruise SO149 in 2000 targeting the basaltic hydrothermal aquifer situated on the eastern flank of the Juan de Fuca Ridge. Conventional seismic reflection imaging was performed to gain information about the morphology and to trace crustal faults in preparation for a proposed CCS test injection. The morphology was divided into waviness and roughness components, where a statistical approach helped to calculate and map these parameters for a spatial distribution analysis. Diffractions and seismic attributes were analysed separately to identify spatial variations of the seismic signature. In the end, this study points out structural and morphological patterns, which demonstrate significant regional variations of the morphological intensity and fault distribution. This advanced imaging improves the knowledge about the crustal aquifer in the study area and provides new insights into the potential of seismic data for a CCS reservoir characterization.

MR-P.07

Heat flow density at the Southeast Indian Ridge – measurements with the upgraded BGR heat flow probe

I. Heyde, D. Hagedorn

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland

Heat flow density measurements are carried out since 2016 within the exploration license works for polymetallic sulphides in the Indian Ocean (INDEX project). As this area close to the ocean ridges shows little sediment coverage only, exclusively the BGR-“hard ground” heat flow probe was used so far. The probe features a 2.2 m long sensor rod with a diameter of 2 cm mounted along the long axis of a cage and held in position by moveable guidance plates to prevent bending during penetration of hard sediments or reaching hard rock. Necessary force to press the sensor rod into the sediments is provided by a cylinder, which houses lead plates and the pressure vessel with the electronics with a total weight of 760 kg. The purpose of the electronic unit is to control the data transfer and the measurements. All measured data are transferred via the ship’s fibre optic/coax cable in real time online to a laptop PC on board. Reasonable measurements require a minimum sediment coverage of about 1 meter only, which occur under special basin settings also in distances of less than 10 km from the rift valley.

In 2021 the electronic unit and the pressure vessel were constructed newly in order to update the system and to make full use of the fibre optic cable available on most research vessels. So the hard ground probe was complemented by a camera and lighting system to enable the visual evaluation of the designated landing spot. Moreover, this enables the visual detection of steep terrain and insufficient sediment coverage before lowering the probe. Additionally an altimeter helps to better control the distance to the seafloor. With its 50 m range, it allows approaching the seafloor at higher speed and prevents an unnecessary time loss. The quality of the camera view was very good and allowed detailed impressions of the seafloor and the penetration process. The underwater position of the probe was monitored with USBL transponders.

Heat flow measurements were conducted along a profile in a rather flat sediment covered area parallel to a hydrothermal ridge. The distance of the stations to the vent locations ranges from 150 to 300 m. The highest heat flow value (2520 mW/m²) was determined at the southern end of the transect at a distance of ~190 m to a concentration of vent locations. The lowest value (870 mW/m²) in a greater distance to the closest active vent location (~300 m). The results have to be analysed in detail in order to correlate them e.g. with tectonic structures.

MR-P.08

Tectonic Deformation and Lake Depositional Processes within Lake Issyk Kul – Kyrgyzstan- Insights from new High-Resolution Seismic and Acoustic Data –

V. Spiess, J. Geils, H. Keil

Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland

The Issyk Kul basin, a potential target for ICDP drilling, is located in the Tien Shan mountain range in Central Asia. While the basin remained stable in the geological past, previous studies have recognized active tectonic structures within the eponymous lake, which largely occupies the basin. These structures are anticlines and could archive a basinward deformation shift from the bordering fault systems into the basin interior.

To verify this shift, the high-resolution seismic data set acquired on Lake Issyk Kul has been processed, interpreted and geometrical approaches have been applied to extract tectonic parameters from the seismic profiles. The investigation reveals the anticlines as actively growing right-stepping en-echelon folds, which show an age of about 1.9 Ma and originate from a deep (2.8 km) detachment. But the southeastern part of the lake and basin does not follow the differential subsidence found for the rest of the working area to the same extent.

In order to explain both observations, a blind footwall shortcut beneath the anticlines is proposed, which originates from the bordering fault system in the south and shows a dextral strike-slip as well as a reverse component. The right-lateral movement is clearly archived by the right-stepping anticlines, whereas the reverse component is deduced from the interruption of the differential subsidence. Hence, the basinward shift of deformation is confirmed. However, the ongoing differential subsidence in the rest of the basin restricts that shift to be partial and evidence the simultaneous activity of the bordering fault systems and the anticlines. Thus, the structural framework of the Issyk Kul basin needs to be considered on the search for suitable drill sites, which provide several million years of continuous records.

The tectonic activity in the region also includes mega-earthquakes, and thus the depositional setting of the lake may have been affected. Using sub-bottom profiler data (6 kHz) in the deep basin of Lake Issyk-Kul, an acoustically transparent layer limited to the central basin, was mapped with an area of 1003.9 km² and a volume of ~1 km³. The layer has been interpreted as a “homogenite” type deposit that seems to indicate a gravitational settling as depositional process. Two deposition models are suggested, and consequences of these features for the sedimentary record as a whole are discussed.

SM VORTRÄGE

Seismik

SM-A.01

Überragende Ergebnisse der 3D-Seismik Asse

M. Scholze, H. Ding, E. Schörner

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Peine, Deutschland

Die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit hat die Wahrnehmung der Aufgaben des Bundes nach § 9a Absatz 3 Satz 1 des AtG zur Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle auf die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) übertragen. Die Rückholung der Abfälle aus der Asse gehört u. a. neben der Umsetzung des Standortauswahlverfahrens gemäß Standortauswahlgesetz zu den wichtigen Aufgaben der BGE. Die Schachtanlage Asse II befindet sich bei Remlingen, Landkreis Wolfenbüttel. Im Zeitraum von 1969 bis 1978 wurden im stillgelegten Salzbergwerk Asse II, rund 126.000 Gebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen eingelagert, die gemäß Lex Asse in den nächsten Jahren rückgeholt werden sollen. Dafür sind u. a. ein Rückholbergwerk und auch ein neuer Schacht notwendig. Um die Kenntnisstand über die geologische Struktur im Bereich der Schachtanlage Asse II zu erweitern und eine belastbare Grundlage für Planungs- und Genehmigungsunterlagen zu erstellen, führte die BGE im Winter 2019/2020 eine 3D-seismische Messung durch. Das Hauptziel dieser Messung und der anschließenden Datenbearbeitung und Interpretation ist eine hochauflösende, lagerichtige, räumliche Abbildung der wesentlichen Strukturelemente des zentralen Bereichs der Salzstruktur Asse. Bei der Datenbearbeitung wurde ein besonderer Fokus auf die hochaufgelöste, lagerichtige Abbildung der Grenzfläche Salz/Deckgebirge im Zentralbereich der steil stehenden Südflanke der Asse-Salzstruktur gelegt. Das umfangreiche Projekt wurde nach einer umfassenden Zeitbearbeitung in Eigenleistung und Tiefenbearbeitung sowie Tiefenabbildung durch einen Dienstleister erfolgreich 2022 abgeschlossen. Die Ergebnisse einer TTI-Kirchhoff-Tiefenmigration sowie einer Multi-Pathing Earth Study 360 Tiefenmigration bieten nicht nur ein bis zur Oberfläche reichendes hochauflösendes Abbild des Deckgebirges im Bereich des Asse Höhenzuges sondern auch präzise Abbilder der salinaren und sub-salinaren Strukturen. Bereits durch vorläufige Auswertungen der Seismik Ergebnisse konnten eine Vielzahl neuer Erkenntnisse bzgl. der Strukturgeologie sowie der Strukturgenese gewonnen werden. Diese stehen zum Teil im Kontrast zu bestehenden Theorien und Annahmen.

SM-A.02

Improvement of 3D seismic imaging for in-mine exploration

H. Richter^{1,2}, R. Giese¹, C. Krawczyk^{1,2}

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland, ²Technical University Berlin, Berlin, Deutschland

Non-destructive methods play a crucial role in the thorough exploration of the subsurface to ensure the safe construction and use of underground facilities as well as safe mining operations in the extraction of raw materials, transport and storage of materials underground. Seismic in-mine exploration can provide detailed information about geological structures, for instance, the thickness of various strata, fault and fracture zones, collapse structures, or Excavation Damage Zones (EDZs). The challenge of underground seismic surveys is that the exploration depends on the on-site conditions in the underground facilities. Often, there are merely a few drifts, sometimes only one, available for data acquisition. The limited options of source and receiver positioning significantly influence the imaging of the 3D-underground space. Finally, the migration image can be affected by artefacts, background noise, and geometrically induced amplitude focusing along the drifts, which leads to misinterpretation.

One improvement we present in this contribution is the incorporation of directional and polarization filters into the workflow for pre-processing subsurface seismic data before starting Fresnel Volume Migration (FVM). We demonstrate this approach on a data set gained in a salt mine that was acquired with the following geometry and parameters: excitations along the sidewalls of three mining drifts with a total length of 420 m, linear sweep with 100-3400 Hz frequency range, 10 s sweep length, 1 s listening time, and 0.125 ms sampling rate. By applying the directional filter that considers the numerical eccentricity, the geometrically-induced reflection amplitude focusing is reduced. In addition, smearing effects and background noise are reduced by an adjusted polarization filter. This is particularly helpful for shear wave imaging that bears smeared and mirrored reflections. The differentiation of an actual reflector from its "ghost" for horizontal layering is challenging if the distribution of source and receiver points is at one depth level. We show that a larger vertical distribution, e.g. for more than one depth level or borehole, allows a better detection of the actual reflector. These processing steps enhance the seismic imaging of the subsurface, thereby displayed with much more differentiation and contrast. This workflow may provide a valuable tool for detecting weak zones in an underground environment that can also be transferred to other imaging purposes.

SM-A.03

Untersuchung eines Spritzbeton-Probekörpers unter Tage mit Ultraschall

V. Lay, U. Effner, E. Niederleithinger

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Deutschland

Für die sichere Endlagerung nuklearer Abfälle sind im Salzgestein Verschlussbauwerke aus Salzbeton als geotechnischen Barrieren vorgesehen. Um die Integrität der Bauwerke im Rahmen einer Qualitätssicherung nachzuweisen, eignet sich eine zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) mit Ultraschall-Verfahren. Potenziell auftretende Risse oder Ablösungen sowie Einbauteile können detektiert werden. Um die Möglichkeiten und Grenzen der Ultraschall-Echo-Messungen sowie der Auswertemethoden zu untersuchen, wurden in einem aus Spritzbeton hergestellten Testbauwerk in der Grube Teutschenthal (bei Halle, Deutschland) verschiedene Störkörper während der Betonage eingebettet. Die Störkörper (Breite 3 cm bis ~8 cm) liegen in Tiefen von etwa 30 cm bis 80 cm und repräsentieren Hohlräume, Risse oder Inhomogenitäten des Betons. Von der Oberfläche führten wir Ultraschall-Echo-Messungen auf einer Fläche von etwa 100x150 cm² in einem 3D Modus durch. Die Auswertung erfolgte zunächst mithilfe der in der ZfP etablierten Synthetic-Aperture-Focusing Technique (SAFT), die der Kirchhoff Migration ähnelt. Insgesamt wird eine Vielzahl von Reflektoren im Bauwerk abgebildet, die jedoch nur in wenigen Fällen den eingebauten Störkörpern zugeordnet werden konnten, so dass auch die Grenzen des Verfahrens bei dieser Bauweise deutlich werden. Allerdings konnte eine ungeplante großflächige (>30 cm) Ablösung nachgewiesen und durch anschließende Bohrungen verifiziert werden. Um das strukturelle Abbild des Bauwerksinneren trotz des stark streuenden Spritzbetons zu verbessern, wenden wir fokussierende Migrationsverfahren an. Erste Ergebnisse zeigen, dass eine klarere Abbildung einzelner Reflektoren erreicht werden kann. Dies erleichtert die Detektion einzelner Objekte. Das hier präsentierte Experiment mit bekannten Reflektoren unter realen Bedingungen mit Spritzbeton unter Tage bietet hervorragende Möglichkeiten zur Überprüfung von methodischen Weiterentwicklungen im Bereich der Ultraschallanalyse. Durch die Verbesserung der Auswertemethodik und der darauf basierenden ultraschallbasierten Qualitätssicherungskonzepte werden insgesamt sicherere Verschlussbauwerke für nukleare Endlager ermöglicht.

SM-A.04

Development of a high-resolution seismic imaging workflow in the frame of nuclear waste disposal

N. Kühne¹, T. Jusri¹, F. Hlousek¹, S. Buske¹, L. Haupt², S. Sortan², T. Hertweck², T. Bohlen², H. Ding³, M. Scholze³, E. Schörner³

¹TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland, ²Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland,

³Bundesgesellschaft für Endlagerung, Peine, Deutschland

Seismic imaging approaches play a crucial role for the characterization of underground structures in the frame of nuclear waste disposal projects. On the one hand, the currently ongoing site selection for a repository to store high-level radioactive waste in Germany is a challenging task. It requires reliable information about the structural inventory and physical properties of the subsurface at a potential site to ensure the safety of the repository over a long period of time. On the other hand, the same challenges apply to subsurface imaging of the former salt mine Asse II in Lower Saxony where low- and intermediate-level radioactive waste was stored in the 1960s and 1970s, which must be retrieved in the near future.

A 3D seismic survey was performed in 2020 over the Asse II area with the goal, to create a high-resolution image of the Asse salt saddle structure and to support the retrieval process. We are using this 3D seismic data set to further develop a seismic imaging workflow that not only helps with the Asse II waste retrieval, but also aids for the future site selection process.

In our approach, full waveform inversion (FWI) and prestack depth migration (PSDM) are combined to reliably resolve subsurface structures at the best possible resolution. Regarding PSDM, our work focuses on the use and improvement of the Fresnel volume migration (FVM) technique. This method is used with input velocity models from FWI and alternatively from conventional methods (e.g., reflection tomography) and assessed regarding the resulting imaging quality.

So far, we have tested the FVM method on a 2D synthetic seismic data set as well as on a 2D seismic line extracted from the 3D seismic field data set acquired at the Asse II site. We processed this 2D test line and carried out reflection travel time tomography to build a velocity model. Tilted transverse isotropy (TTI) must be considered for the velocity model to correctly calculate the travel times and hence allow for reliable depth imaging of the complex salt structures. Simultaneously, the functionality of the FVM algorithm is extended by incorporating attenuation and anisotropy (TTI).

We show the preliminary results of both, travel time tomography and FVM imaging, including its requirements and limitations.

SM-A.05

Focusing seismic imaging methods applied to ultrasound data from civil engineering

C. Büttner¹, V. Lay², E. Niederleithinger², S. Buske¹

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland, ²Bundesanstalt für Materialforschung und -Prüfung, Zerstörungsfreie Prüfmethode für das Bauwesen, Berlin, Deutschland

Geophysical imaging techniques play an increasingly important role in non-destructive testing (NDT) investigations. Besides established GPR applications, seismic migration techniques (e.g., Kirchhoff Migration and RTM) were recently applied to ultrasound data in several case studies. In particular, RTM provides a more accurate image compared to conventional NDT reconstruction algorithms (e.g., SAFT) but comes along with a severe computational effort.

We adapted Kirchhoff-based focusing migration algorithms (Fresnel Volume Migration (FVM) and Coherency Migration (CM)) for the use in NDT and applied them to both synthetic and real data sets in the framework of assessments for concrete structures and engineered barriers in nuclear waste disposal storage. While FVM directly focuses the ultrasonic wavefield to the actual reflection and diffraction points, CM enhances the signal to noise ratio of the resulting migration image by amplifying coherent signals in the shot gathers. In both cases the outcomes are refined images with sharper reflectors and lower noise level.

Reflectors in an NDT setting are usually air-filled cracks, boreholes and steel elements which show a high impedance contrast to the surrounding concrete resulting in strong reflections. However, velocity gradients are not present and velocity models are therefore often discontinuous and challenging for the imaging algorithms. On the other hand, size and dimensions of the test specimen are usually known and their geometry information can often be used as a-priori information.

Our test specimen is a salt concrete structure in the Teutschenthal mine where we exemplarily show the reconstruction of the backwall, several boreholes and potential cracks.

SM-A.06

Konsistente Breitbanddekonvolution von Poststack-Reflexionsseismogrammen mit Hilfe der Methode des Simulated Annealing

B. Kummer¹, A. Schuck²

¹Consultant, Remscheid, Deutschland, ²GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, Leipzig, Deutschland

Eine Dekonvolution des Wavelets von einem Reflexionsseismogramm ist ein äußerst wichtiger Bearbeitungsschritt, dessen Ergebnis die dem Seismogramm zugehörige Reflektivitätsfunktion darstellt und dadurch das begehrte, aus einem bandbegrenzten Seismogramm hergeleitete, hochauflösende Bild von den strukturellen und lithologischen Eigenschaften der Untergrundstruktur zeigt. Dies zu erreichen, bedeutet prinzipiell dem Umstand Rechnung tragen zu müssen, dass das Wavelet in der Regel unbekannt ist und damit aus der Konvolutionsgleichung eine Lösung für die Reflektivitätsfunktion nicht gewonnen werden kann. Die hier vorgestellte Dekonvolutionsmethode basiert auf einer neuen, mittels der Methode des Simulated Annealing zu minimierenden Zielfunktion, die als Ergebnis einen 'besten' Modellvektor hervorbringt, der Untergrundmodell und Wavelet des zugehörigen Seismogramms hinreichend genau wiedergibt. Von wesentlicher Bedeutung ist hierbei die Green'sche Funktion des Modellseismogramms, die aus Gründen der numerischen Effizienz aus einer geeignet zu reduzierenden Modellmenge für die relevanten Einsatzzeiten und Reflektivitäten zu bestimmen ist. Für das Wavelet wird als Startmodell angenommen, dass dieses – wie von dem Ergebnis des Standarddatenprozessings auch angestrebt – zerophasig ist, sodass schließlich mittels des berechneten zugehörigen Modellvektors auch eine konkrete und wichtige Aussage über eine derartig intendierte Realisierung gemacht werden kann. Ein weiterer Punkt betrifft die Separation von inkohärenten Noise. Deutlich wirksame Abhilfe hierzu kann durch die Anwendung eines neuen Verfahrens geleistet werden, welches durch ein nacheinander ausgeführtes Wellenfeldmodellierung der Zeitsektion mittels retardierter und avancierter Green'scher Funktion eine weitestgehende Annihilation des inkohärenten Noise ermöglicht. Anhand von einigen Beispielen für synthetische und reale Daten wird gezeigt, dass durch eine Minimierung der neuen Zielfunktion mittels Simulated Annealing Zeitsektionen für die breitbandigen Reflektivitätsfunktionen ermittelt werden können, in denen Einsatzzeiten und Amplituden der Reflektivitäten konsistent mit der Seismik sind und - nach einer Noiseseperation mit dem neuen Verfahren – auch in großer Klarheit dargestellt werden.

SM POSTER

Seismik

SM-P.01

Borehole and surface seismic investigations around the COSC-2 drill hole (Järpen, Sweden)

L. Bräunig¹, S. Buske¹, R. Giese², K. Jaksch², J. Kück², S. Krastel³, H. Grob³, C. Juhlin⁴, H. Lorenz⁴

¹TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland, ²German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland,

³Kiel University, Kiel, Deutschland, ⁴Uppsala University, Uppsala, Schweden

The ICDP funded project COSC (Collisional Orogeny in the Scandinavian Caledonides) is investigating mountain building processes with the help of two ~2.5 km deep fully cored boreholes in Central Sweden. Drilled in 2014, borehole COSC-1 near Åre studied the emplacement of the high-grade metamorphic allochthons and obtained a section through the Lower Seve Nappe as well as the underlying mylonite zone. The second borehole COSC-2, drilled in 2020 near Järpen/Mörsil, focuses on defining the character and age of deformation of the underlying greenschist facies thrust-sheets, the main Caledonian décollement and the Precambrian basement.

We performed an extended walkaway VSP survey at the COSC-2 drill site in September and October 2021, to support the geological interpretation with a high-resolution 3D image of the subsurface in the direct vicinity of the borehole. The main survey component consisted of two 2D surface seismic lines approximately perpendicular to each other and centered around the COSC-2 drill site. Single (1C) and three-component (3C) geophones were deployed along the lines at intervals between 5-100 m. A 32 t Vibroseis source operated along both lines with source point distances of 100-500 m. Ocean bottom seismometers (OBS) were deployed on the bottom of a lake north of the borehole along a ~1.5 km portion of the North-South line. An airgun source was activated on this part of the profile. Along the entire borehole down to a depth of 2.26 km a 3C geophone chain recorded the seismic wavefield from all source points with a geophone spacing of 10 m, complemented by the recording from one single zero-offset source point with a geophone spacing of 2 m.

The obtained surface seismic and VSP data set shows many pronounced and clear reflections in the raw gathers. They are observed even at the largest source-receiver offsets (~11 km) and are visible at two-way-traveltimes down to 3-4 s, corresponding to structures at a depth of approximately 11 km. We present results of the ongoing surface seismic data processing and analysis, including a P-wave velocity model obtained from first arrival traveltime tomography, an analysis of seismic anisotropy related to the geological structures in the area and a first imaging result from the seismic data.

SM-P.02

Erste Ergebnisse aus einer VSP Messung zur Charakterisierung des potentiellen Standorts für das Einstein-Teleskop in der Lausitz

F. Hlousek¹, S. Buske¹, S. Weber², K. Henjes-Kunst³

¹TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland, ²Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freiberg, Deutschland, ³Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg, Deutschland

In der Gemeinde Ralbitz-Rosenthal (sächsische Oberlausitz) wurde 2022 eine wissenschaftliche Bohrung bis in 250m Tiefe abgeteuft. Diese Bohrung dient der Charakterisierung der geologischen Verhältnisse für die mögliche Ansiedlung des geplanten europäischen Gravitationswellen-Observatoriums (Einstein-Teleskop) und eines unterirdischen Forschungslabors als Teil des Deutschen Zentrums für Astrophysik in der Lausitz. In die Bohrung soll ein Seismometer eingebracht werden, um das seismische Hintergrundrauschen für das geplante Observatorium und das Forschungslabor zu dokumentieren. Im Vorfeld haben wir diese Bohrung genutzt, um eine VSP Messung durchzuführen, seismische Wellengeschwindigkeiten für das Umfeld der Bohrung abzuleiten und mit der Bohrlochlithologie zu korrelieren. Für die VSP Messung wurde ein 3C-Bohrlochgeophon verwendet und eine zero-offset Messung mit einem Tiefenintervall von 3 m durchgeführt. Die Auswertung der Messung hinsichtlich der P-Wellengeschwindigkeit basiert auf der Kreuzkorrelation benachbarter Seismogramme unterschiedlichen Abstands mit einer anschließenden Inversion der resultierenden Laufzeitdifferenzen. Die resultierende Geschwindigkeitstiefenfunktion zeigt eine markante Geschwindigkeitszunahme von ca. 3000-3500 m/s auf 5000-5500 m/s in einer Tiefe von ca. 150 m. Der Vergleich mit der Bohrlochlithologie legt nahe, dass in dieser Tiefe sich die Eigenschaften des bereits in einer Tiefe von ca. 90 m erreichten Granodiorits signifikant ändern und für diese Geschwindigkeitszunahme verantwortlich sind.

SM-P.03

Die reaktivierte Intraplattenüberschiebung des Osning Lineaments in Norddeutschland – Oberflächennahe Untersuchungen mittels P- und SH-Wellen Reflexionsseismik

S. H. Wadas, U. Polom, D. Tanner

Leibniz Institut für Angewandte Geophysik, S1 - Seismik und Potentialverfahren, Hannover, Deutschland

Neotektonische Bewegungen an Störungen können eine große Gefahr darstellen und sind daher wissenschaftlich und gesellschaftlich relevant, z.B. für die seismische Gefährdungsabschätzung und die Nutzung des Untergrundes. In Norddeutschland ist jedoch, trotz nachgewiesener neotektonischer Aktivität, nur wenig darüber bekannt, da viele Störungen nicht an der Erdoberfläche aufgeschlossen sind. Daher sind Untergrunduntersuchungen an rezent aktiven Störungszonen wie dem Osning Lineament (OL) erforderlich.

Um die neotektonische Entwicklung des OL besser zu verstehen, benutzen wir daher oberflächennahe Geophysik, die dort bisher nicht zum Einsatz kam. Dabei verwenden wir einen kombinierten Ansatz mit u.a. hochauflösender 2D P- und SH-Wellen Reflexionsseismik. Es wurden drei P-Wellen Profile, mit einer Gesamtlänge von ca. 4,2 km, mit einem Vibratorfahrzeug mit einem Quellpunktabstand von 10 m (Sweep-Frequenz: 20 bis 200 Hz) und gesteckten vertikalen Geophonen im Abstand von 5 m gemessen. Zusätzlich wurden vier SH-Wellen Profile, mit einer Gesamtlänge von ca. 2,2 km, mit einem elektrodynamischen Mikrovibrator mit einem Quellpunktabstand von 2 bzw. 4 m (Sweep-Frequenz: 20 bis 160 Hz) und einem Landstreamer mit horizontalen Geophonen im Abstand von 1 m aufgenommen. Die anschließende Datenbearbeitung erforderte eine individuelle Anpassung der Workflows an jeden einzelnen Datensatz, aufgrund der komplexen geologischen Untergrundverhältnisse.

Die seismischen Profile zeigen gute Ergebnisse im Hinblick auf die Abbildung des Störungsinventars. In den migrierten Tiefensektionen der P-Wellen Profile sind mehrere nach Norden einfallende Störungen in den kreidezeitlichen Formationen zu erkennen, die als teilweise bisher unbekannte Ausläufer des OL interpretiert werden. Das Quartär mit einer maximalen Mächtigkeit von 20 bis 30 m wird durch die P-Wellen Profile nur unzureichend abgebildet, dennoch gibt es Hinweise darauf, dass die Störungen auch in das Quartär hineinreichen. Die SH-Wellen Profile stützen diese Vermutung aufgrund ihrer höheren Auflösung, da die seismischen Wellengeschwindigkeiten im flachen Untergrund mit 150 bis 500 m/s recht niedrig sind. In den quartären Sedimenten sind weitere Störungen und Deformationsmerkmale erkennbar, die eine umfassendere Interpretation und ein besseres Verständnis der lokalen Geometrien des Störungssystems ermöglichen.

SM-P.04

Seismic investigations for paleoclimatic research in the Sperrgebiet, Namibia

C. Büttner¹, M. Legler¹, M. Melles², S. Buske¹, H. Nienhaus³, P. Yogeshwar³, B. Lushetile⁴

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland, ²Universität zu Köln, Institut für Geologie und Mineralogie, Köln, Deutschland, ³Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln, Deutschland, ⁴Ministry of Mines and Energy, Geological Survey of Namibia, Windhuk, Namibia

In early 2022 a combined electromagnetic/seismic survey was carried out in the Namib desert of southern Namibia. The investigations deliver pilot information about the paleoclimatic history of the Namib region as part of the SFB 1211 “Earth – Evolution at the dry limit”. Several high-resolution seismic profiles were acquired along with transient electromagnetic (TEM) measurements as well as geological coring.

One part of the seismic profiles cover the Aurus clay pan which originated from a dried-up lake. Seismic tomography of these data clearly shows different sediment sequences bounded by a sharp bedrock transition. Two intersecting profiles cover this site and provide information about the shallow structure and shape of the clay pan. The other part of the seismic profiles was acquired within the Roter Kamm crater, a ~2.5 km wide impact structure. Here, seismic tomography reveals a deeper sedimentary structure and yields detailed information about the crater slope. Furthermore, the data set is characterized by clear and consistent arrivals until late recording times which can hardly be assigned to deep reflectors and are thus subject to further investigations.

SM-P.05

Seismic imaging of a fault zone in shale – baseline characterization for monitoring a heating and diffusion experiment

R. Esefelder^{1,2}, S. Lüth¹, R. Giese¹, A. Bonnelye³, P. Dick⁴, C. M. Krawczyk^{1,2}

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland, ²TU Berlin, Berlin, Deutschland, ³Université de Lorraine, Georessources, Nancy, Frankreich, ⁴Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), Fontenay-aux-Roses, Frankreich

The Underground Research Laboratory (URL) of Tournemire, located in south France, is used by the IRSN (French Institute for Nuclear Safety) for studying the properties of shale rocks and the performance of different components of a nuclear repository. In the past 30 years the former 1.9 km long railway tunnel has been extended by six galleries and gave the opportunity to study the 180 My old Lower Jurassic shale formation (Toarcian), which is crossed by the railway tunnel. Special attention is paid to one of the two minor faults outcropping in the URL. On the smaller fault (F2) a heating and injection experiment is currently being performed in the framework of the EURAD programme (European Joint Programme on Radioactive Waste Management). Within this programme, geophysical monitoring using various methods is applied in order to image the geological structure of the experiment area and to investigate the feasibility of these methods to characterize geo-processes triggered by the heating and fluid injection.

Seismic measurements have been carried out in order to investigate the structural environment of the experiment area as well as providing baseline data for later time-lapse studies.

The survey is located along the main tunnel and side gallery East 03 with a length ca. 100 m and a source point interval of 0.5 m. We used three different types of sources, and the data was recorded with 15 three-component (3-C) geophones installed in 2 m deep boreholes. In addition, a 30 m deep borehole was drilled at the end of gallery East 03 and equipped with 8 3-C geophones to increase the ray coverage around the fault. Further, a second borehole was drilled (15 m depth) for cross-hole measurements.

The results of the seismic tomography measured from the tunnel walls show that the fault can be resolved to a depth of ~7 m. Further high-resolution cross-hole data is still under investigation, and the first results show that the inverted velocities are higher compared to the tunnel survey. We assume that we are observing a coupled effect of mainly dispersion (different source signal frequencies) and possibly a shift towards higher apparent seismic velocities. This may be due to the short source-receiver offsets and an acausal source signal (vibro-source). The V_p/V_s ratio derived from the analysis of the tunnel survey shows a clear positive anomaly around an area, where the boreholes of the experiment project were found to be partly filled with water.

SM-P.06

Detection of complex spikes in marine seismic data using machine learning

L. Ninnemann^{1,2}, S. Buske², S. Rentsch¹

¹Shearwater GeoServices, Oslo, Norwegen, ²Institute of Geophysics and Geoinformatics, Freiberg, Deutschland

Spike detection is an important step in the processing of geophysical data. If spikes are not excluded properly, the processing results might be severely compromised. This study is aimed at identifying the constituent samples of complex spikes in data from microelectromechanical systems (MEMS) accelerometers of a marine seismic survey. The spikes are caused by a sensor error and have a wide range of duration and amplitude. They can have a high degree of coherence between traces leading the established conventional detection algorithm to fail in extreme cases. This study aims to find improved detection methods using two different machine learning approaches. The first approach decomposes the data using the Haar wavelet transform. The complex spikes produce outliers in the resulting details at high scales of the decomposition. These outliers are defined by a 2D Bayesian outlier detection on a sliding window. Outlier coefficients are set to zero and the inverse Haar transform is performed. Regions in which the original shot and its reconstruction are not equal indicate the presence of a complex spike. The second method uses a special convolutional neural network called U-Net learning from synthetically modeled input-output-examples. It can approximate the function taking a single trace as input and outputting a mask of ones and zeros indicating whether a sample is part of a complex spike or not respectively. The distinction between high frequency waves and complex spikes is difficult for the regular network. The results improve using the Hilbert transform of the original trace as an additional input.

Both proposed algorithms can detect complex spikes with high accuracy in general and do not fail to detect complex spikes with a high degree of coherence. However, the accuracy of the U-Net is limited because specific forms of the complex spikes could not be modeled synthetically and therefore could not be used to train the model. The first approach can have a reduced detection threshold in regions with high amplitude noise, but generally delivers better results. Additional advantages like greater simplicity and the smaller computational effort of the Bayesian approach make it preferable to the U-Net approach.

SO VORTRÄGE

Seismologie

GD-A.01

Sensitivity of surface wave and gravity data to velocity and density structure in the mantle – insights from transdimensional inversion

W. Szwillus

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

Determining the thermochemical structure of the mantle is crucial for understanding its evolution and dynamics. Temperature variations have long been known as important driving forces of mantle convection; however compositional differences can also influence dynamics. Additionally, compositional differences can act as indicators left behind by processes operating in the past. Both aspects have played a role in the ongoing discussions on the Large Low Shear Wave Velocity Provinces (LLSVP), the proposed Bridgmanite Enriched Ancient Mantle Structures (BEAMS) and the fate of subducted oceanic crust.

A prerequisite for determining compositional differences in terms of major oxides with geophysical techniques is a joint determination of several geophysical properties. A single geophysical property (density, velocity) could almost always be explained by temperature or composition variations alone – except in pathological edge cases. The geophysical signature of composition lies in the pointwise relation between properties. This pointwise relation can be distorted by spectral filtering or inversion smoothing and damping.

In this contribution, I parametrize the mantle as a collection of discrete spatial anomalies in terms of seismic velocity and density. Surface wave phase speed and satellite gravity data are used to constrain the anomalies. A transdimensional Monte Carlo Markov Chain method is used to generate ensembles of solutions that try to balance model complexity and data fit. An important aspect of this setup is that the two data sets used are complementary: While satellite gravity data are available (nearly) globally with homogeneous quality, coverage of phase speed data depends on the spatial distribution of seismic stations and large earthquakes. Conversely, the gravity field lacks true depth sensitivity, which surface wave data can provide by combining several frequencies.

I will present synthetic investigations that aim at determining how accuracy and coverage affect the simultaneous recoverability of seismic velocity and density.

SO-A.01

Isotropic source terms during the 2020 volcano-tectonic unrest on the Reykjanes Peninsula revealed by probabilistic moment tensor inversion

P. Büyükakpınar^{1,2}, S. Cesca², S. Heimann¹, D. Kühn^{2,3}, J. Á. López Comino^{4,5}, T. Dahm^{1,2}

¹University of Potsdam, Potsdam, Deutschland, ²GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland, ³NORSAR, Kjeller, Norwegen, ⁴Instituto Andaluz de Geofísica, Universidad de Granada, Granada, Spanien, ⁵Departamento de Física Teórica y del Cosmos, Universidad de Granada, Granada, Spanien

In this study, we analyze the 2020 earthquake swarm on the Reykjanes Peninsula by moment tensor inversion in order to improve our understanding of the seismogenic processes and their relation with the magmatic and tectonic activities. The densified seismic monitoring operational during the study period provides a unique dataset for the seismic sequence preceding the 2021 Fagradalsfjall eruption. We perform full moment tensor inversion for 85 earthquakes with magnitudes $M_w > 2.5$ using a probabilistic approach. Focal mechanisms exhibit predominantly strike-slip faulting with a few normal faulting events and are overall compatible with the regional tectonic regime. Earthquake foci are shallow with an average depth of 3 km. We estimate robust, significant, positive isotropic components contributing up to 15% of the moment release. We hypothesize that the origin of such significant non-double-couple (non-DC) components may be attributed to volume changes accompanying the surface uplift and rifting processes in the region. Our study demonstrates that non-DC earthquake source components can be monitored prior to eruption and potentially, their identification used as indicators for magma intrusion in the shallow crust.

SO-A.02

GNSS-basierte Bodenbewegungsraten und Deformation in Mitteleuropa - Vergleich mit seismischen Mantelanomalien, Vulkanismus und Seismizität

Z. Deng¹, T. Dahm^{1,2}, S. Hainzl¹

¹Deutsches GeoForschungszentrum, Potsdam, Deutschland, ²Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

Dichte GNSS-Netze können heutzutage Deformationen innerhalb von Kontinenten von nur wenigen mm/a auflösen, die mit der Biegung lithosphärischer Platten, dem Auftrieb des Erdmantels oder der diffusen oder zonierte Deformation entlang struktureller Schwachstellen oder Verwerfungen zusammenhängen. Durch die Kombination mit InSAR-Geschwindigkeitslösungen können Details der Deformationsmuster aufgelöst werden. Wir leiten neue, dichte, hochpräzise Netzlösungen an 994 GNSS Stationen in Deutschland und angrenzenden Gebieten ab. Geschwindigkeitsänderungen erster Ordnung und diffuse Deformationszonen werden im Alpenraum entlang der afrikanisch-adriatischen und eurasischen Plattenkollisions- und Subduktionszonen gut aufgelöst. Die langwellige Hebung in den West- und Zentralalpen übersteigt 1 mm/a, während sie in den Ostalpen praktisch nicht vorhanden ist.

Nördlich der Alpen, in der Eifel und in den mitteleuropäischen Mittelgebirgen kommt es zu einer regional begrenzten Hebung von fast ähnlichem Ausmaß wie in den Alpen. Die Hebungsmuster korrelieren mit einem Gürtel mit verringerter Scherwellengeschwindigkeit und vermutlich heißem, aufsteigendem Mantel in 70 km bis 100 km Tiefe. Die känozoischen Vulkanfelder in Mitteleuropa korrelieren mit den Regionen hoher Hebungsraten und Mantelaufstiegs. Die ausgedehnten, von GNSS abgeleiteten Scherungszonen korrelieren jedoch nicht mit der instrumentellen Seismizität.

Geglättete durchschnittliche horizontale Geschwindigkeiten zeigen zum ersten Mal westwärts driftende Blöcke in den Alpen und nördlich des Molassebeckens, die wahrscheinlich eher mit Krustenschierung als mit Rotation zusammenhängen. Schließlich weist eine detaillierte Analyse auf eine lokale Scherungszone hin, die der seismischen Zone Vogtland/NW-Böhmen-Leipzig entspricht. Deformationsepisoden und Transienten in der Vulkanzone der Osteifel könnten mit dem Druckanstieg in einem versiegelten Aquifer oder Reservoir in der Oberkruste zusammenhängen. Ein temporäres, seismologisches Großexperiment in der Eifel (Eifel Large-N) soll helfen, Reservoirs und Krustenstruktur unter den Quartären Vulkanfeldern aufzulösen.

SO-A.03

A 1-D depth- and frequency-dependent intrinsic and scattering S-wave attenuation model of the Earth's crust: Insights and applications using the Leipzig-Regensburg fault zone, Germany as an example

M. van Laaten, U. Wegler

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland

The attenuation study provides insights into the structure and behaviour of the Earth's crust. The acoustic radiative transfer theory can describe the propagation of seismic energy within a random heterogeneous medium and can be solved numerically by Monte Carlo simulations. By repeating the Monte Carlo simulation several times and varying the non-isotropic scattering and absorption coefficients, it is possible to determine the layer-dependent intrinsic and scattering attenuation. The Monte Carlo simulation considers ray tracing in a deterministic and acoustic 1-D model. First, synthetic tests were carried out to validate the code. The results show that it is possible to resolve the attenuation values both depth and frequency dependent. The code was then applied to real data. We use earthquakes along the Leipzig-Regensburg fault zone, a N-S oriented seismically active band between Leipzig and the German-Czech border, with several intracontinental earthquake swarm areas. We have divided the fault zone into two zones, the northern and southern areas, and determined the frequency-dependent attenuation of the crust between 3 and 33 Hz. The results of our study show that the upper crust differs from the middle and lower crust. Only in the upper crust, the intrinsic attenuation dominates over the scattering attenuation. The intrinsic attenuation is significantly lower in deeper areas where earthquakes also occur. In the mantle, the northern and southern parts also differ. The southern part shows significantly stronger attenuation, which can be explained by higher temperature in the mantle below the source region of the West-Bohemian earthquake swarms.

SO-A.04

3-D seismic modeling of “calabash-resonances”: conduit-guided-wave excitation by magma-chamber wavefield capturing

F. Limberger^{1,2}, G. Rümpker^{1,3}

¹Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften, Frankfurt am Main, Deutschland, ²Institut für geothermisches Ressourcenmanagement, Bingen, Deutschland, ³Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS), Frankfurt am Main, Deutschland

Numerical simulations of seismic wave propagation in magma-filled conduits, located within the volcanic edifice, have been described in several previous publications. The calculations are usually limited to 2-dimensional vertical cross-sections through the edifice and consider the excitation of seismic waves by events located within the conduit. Under such configurations, the conduit, due to its lower seismic velocities, can act as an efficient wave guide. The effects on the seismic wavefield have been used to explain observations of relatively long-period seismicity observed at several volcanoes. In our numerical study (based on the “Salvus” software package), we perform wavefield calculations for 3-dimensional models of the volcanic edifice and include a magma chamber at the base of the conduit. Furthermore, in contrast to previous studies, we consider wavefield effects due to earthquakes at various locations within and below the edifice, but outside of the conduit and magma chamber. The results show that the magma chamber acts as a trap for the incident wavefield and further redirects it into the conduit. The capturing of the wavefield is more efficient if the magma chamber is relatively large. The multiple reflections of the wavefield from the boundaries of the magma chamber cause long-lasting reverberations which are effectively channeled along the conduit. These “calabash-resonances” may be responsible for some of the low-frequency seismic signals observed at volcanoes and can potentially be used to better constrain the geometry of the magmatic plumbing system.

SO-A.05

The impact of seismic noise produced by wind turbines on seismic borehole measurements

F. Limberger^{1,2}, G. Rümpker^{1,3}, M. Lindenfeld¹, H. Deckert²

¹Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften, Frankfurt am Main, Deutschland, ²Institut für geothermisches Ressourcenmanagement, Bingen, Deutschland, ³Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS), Frankfurt am Main, Deutschland

Seismic signals produced by wind turbines can have an adverse effect on seismological measurements up to distances of several kilometres. Based on numerical simulations of the emitted seismic wavefield, we study the effectivity of seismic borehole installations as a way to reduce the incoming noise. We analyse the signal amplitude as a function of sensor depth and investigate effects of seismic velocities, damping parameters and geological layerings in the subsurface. Our numerical approach is validated by real data from borehole installations affected by wind turbines. We demonstrate that a seismic borehole installation with an adequate depth can effectively reduce the impact of seismic noise from wind turbines in comparison to surface installations. Therefore, placing the seismometer at greater depth represents a potentially effective measure to improve or retain the quality of the recordings at a seismic station. However, the advantages of the borehole decrease significantly with increasing signal wavelength.

SO-A.06

Characterizing the rotational ground motion background noise level on Earth

A. Brotzer¹, H. Igel¹, E. Stutzmann², J.-P. Montagner², F. Bernauer¹, C.-J. Lin³, J. Wassermann¹, F. Vernon⁴, K. U. Schreiber⁵

¹Ludwig-Maximilians Universität München, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Geophysik, München, Deutschland, ²Institut de Physique du Globe, Paris, Frankreich, ³Academia Sinica, Taipei, Taiwan, ⁴Scripps Institution of Oceanography, Institute of Geophysics and Planetary Physics, San Diego, Vereinigte Staaten von Amerika, ⁵Fundamentalstation Wettzell, Technische Universität München, Germany, München, Deutschland

The development of high-sensitive ground motion instrumentation for Earth and planetary exploration is governed by so-called low-noise models, which characterize the minimum level of physical ground motions observed across a broad frequency range. For decades, broad-band instruments for seismic translational ground motion sensing allowed for observations at the Earth's low noise model. This resulted, in particular, to the highly successful use of ambient seismic noise to image subsurface and time-dependent internal structures of Earth. Such a low noise model currently does not exist for rotational ground motions. In the absence of a substantial observational data base, we propose a preliminary rotational low noise model (RLNM) based on certain wavefield assumptions and subsurface structures. We test our RLNM against available direct observations provided by large-scale ring lasers (G-ring and ROMY) and array-derived rotations (PFO array, Gräfenberg array and ROMY array). This RLNM can be used as guidance for the development of high-performance rotation instrumentation. Achieving broadband sensitivity below such a RLNM remains a challenging task.

SO-B.01

Determination of the frequency response of seismometers using a traceable on-site calibration approach

M. Schwardt¹, L. Klaus², T. Bruns², L. Ceranna¹

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover, Deutschland, ²Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Deutschland

As part of the EU-funded joint research project „Metrology for low-frequency sound and vibration - 19ENV03 Infra-AUV“ laboratory calibration methods for seismometers and microbarometers in the low frequency range down to 0.01 Hz have been developed. These procedures provide the possibility of traceable on-site calibration during operation for field sensors without disturbing the regular measurements and allow for accurate amplitude and phase information as well as for an assignment of uncertainties in amplitude and phase. This is of special interest for stations of the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization's (CTBTO) International Monitoring System (IMS), which are required to be operational 100 % of the time.

The on-site calibration procedure requires a reference sensor co-located to the operational station sensor, as well as the record of sufficient coherent excitation signals within the relevant frequency range. The gain ratio between the station sensor under test and the reference sensor is calculated. By multiplying the gain ratio with the precise and traceable frequency response of the reference provided by the newly developed laboratory calibration methods, the frequency response function for both magnitude and phase of the station sensors including site-specific factors is determined.

We present results of on-site calibration tests performed at the seismic IMS station PS19 in Germany using seismometers calibrated by laser interferometry in the laboratories at PTB as reference along with signals from different natural and anthropogenic excitation sources. For the purpose of covering the higher frequencies of interest from 8 to 20 Hz and above we conducted an excitation experiment using both a portable electrodynamic seismic vibrator source and simple hammer blows on the ground. Using the seismic vibrator source either P- or S-waves could be excited for example as monofrequent (18 Hz) or sweep (10-100 Hz) signals of 10 s time duration. The results show agreement with deviations of less than 5% from the nominal response function for frequencies between 0.01 and 20 Hz for all components. The traceable determination of the response for the individual components in detail improves the sensor and data quality; subsequently waveform amplitudes can be estimated correctly.

SO-B.02

A comprehensive three-component ambient-noise beamforming toolbox: application for mapping sudden velocity increases from multi-mode Rayleigh waves

C. Finger¹, K. Lörer²

¹Fraunhofer IEG, Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie, Bochum, Deutschland, ²University of Aberdeen, School of Geosciences, Aberdeen, Vereinigtes Königreich

We give an overview of a new toolbox for easy and fast beamforming analysis of three-component ambient seismic noise and discuss one example application. From only a couple of hours of array recordings, the beamformer can provide estimates of surface wave dispersion curves, surface wave azimuthal anisotropy, frequency-dependent wavefield composition including surface and body waves, and the direction of arrival for different wave types and frequencies. The beamformer can be used with three-component arrays from the lab to the field scale, provided ambient noise is available in the corresponding frequency range.

Surface wave dispersion curves derived from ambient noise recordings are frequently used to invert for subsurface velocity information. Rayleigh wave ellipticities and phase velocities are exploited, and sometimes jointly inverted, for the velocity structure beneath seismic arrays. Wavelengths of surface waves become large at low frequencies and are, thus, sensitive to great depths, but provide only very smooth velocity profiles. However, sudden velocity increases in the subsurface are of particular interest to delineate the extent of reservoirs (i.e., by sub-horizontal faults or detachments) or estimate the depth of sedimentary basins.

Here, we present a new approach for estimating the depth of sudden velocity increases based on ellipticities and phase velocities of multi-mode Rayleigh waves provided by the beamforming toolbox. The frequency-dependent half width and half height of the Rayleigh wave energy ellipse can be calculated from the frequency-dependent phase velocity and ellipticity. In the presence of a strong and sudden velocity increase in the subsurface, the half-height of the first higher mode becomes equal to the depth of the velocity increase at special frequencies. No inversion scheme is needed, and the accuracy is significantly increased compared to similar methods using horizontal-to-vertical spectral ratios, for example.

We demonstrate the feasibility of our new approach using synthetic three-component waveforms and real-world datasets. The derived depths of sudden velocity increases can be used to constrain inversion schemes for more accurate velocity models or can be used directly to map structural changes in the subsurface.

SO-B.03

Surface Wave Dispersion Curve Inversion using Mixture Density Networks

S. Keil, J. Wassermann

Ludwig-Maximilians-Universität München, Geophysik, München, Deutschland

In many seismological, environmental and engineering applications a detailed S-wave velocity model of the shallow subsurface is required. This is generally achieved by the inversion of surface wave dispersion curves using various inversion methods. The classical inversion approaches suffer from several shortcomings, such as inaccurate solutions due to local minima or large computation times in case of a wide parameter space. Several machine learning (ML) approaches have been suggested to tackle these problems. In this study, we develop a novel neural network (NN) approach to characterize the shallow velocity structure from Love and Rayleigh wave dispersion curves. The novelty of our method lies in the simultaneous estimation of layer numbers, layer depth and a complete probability distribution of the S-wave velocity structure. This is achieved by a two-step ML approach, where 1) a regular NN classifies the number of layers within the upper 100 m of the subsurface and 2) a mixture density network outputs the depth estimates together with a fully probabilistic solution of the S-wave velocity structure. Using synthetic data, we compare the performance of our trained NNs to conventional inversion approaches. Our ML approach is then applied to dispersion curves extracted from real noise data in Munich, Germany. The resulting velocity profile is in accordance with lithologic information at the site, which highlights the potential of our approach.

SO POSTER
Seismologie

SO-P.01

Monitoring local seismicity using a Distributed Fiber Optic Sensing (DFOS) station in the Munich region.

J. Azzola, E. Gaucher

Karlsruhe Institut of Technology, Institute of Applied Geosciences (AGW) - Geothermal Energy and Reservoir Technology, Karlsruhe, Deutschland

Distributed Fiber Optic Sensing (DFOS) refers to an ensemble of sensing techniques enabling to turn an optical fiber into a vast network of equally spaced sensors. Among these methods, Distributed Acoustic Sensing (DAS) allows the acquisition of broadband seismic data while interrogating long profiles with a dense spatial and temporal sampling. Thus, DAS gives access to new capabilities in terms of near-surface measurements, especially regarding monitoring and logging.

In the framework of the INSIDE research project (BMWK project 03EE4008A), a DAS measurement station was installed in the municipality of Buchenhain (Landkreis München) with the purpose of monitoring locally induced seismicity. DAS is conducted along a fiber optic cable deployed below surface and in a dedicated 250-m deep well, thus offering different signal directivities to be recorded at the same location. In parallel to DAS, Distributed Strain Sensing (DSS) is acquired along the same fiber optic cable with the aim to monitor strain at lower frequencies. In addition, a 20-s seismometer is recording continuously at the wellhead, which offers further processing possibilities and a comparative reference.

Based on local and regional seismic events, we discuss the detection and location capabilities of the DAS station despite the urban environment. We show how DAS in shallow well can complement surface seismometer-based network, particularly with respect to the high spatial sampling of the signal, and how it can benefit to the seismic monitoring. Finally, we discuss the possibilities of the joint deployment of the cable at the surface and in the well to overcome the limitations of DAS in terms of directionality, with the objective of resolving the back-azimuth of seismic events.

SO-P.02

First results of a multiphysics experiment at Krafla geothermal volcano (Iceland): Seismicity patterns and joint hypocenter-3D travel-time tomography inversion

E. Glück¹, S. Garambois², J. Vandemeulebrouck¹

¹ISTerre, Université Savoie Mont Blanc, Chambéry, Frankreich, ²ISTerre, Université Grenoble Alpes, Grenoble, Frankreich

The IMPROVE ITN project focuses its interdisciplinary approach to better understand volcanic systems, partly with multiphysics imaging methods. One target of this project is Krafla, a volcano of the northern volcanic zone in Iceland, which erupted last during the Krafla fires in the 1970s and 80s. Also, in this period the national power company of Iceland (Landsvirkjun) built a geothermal powerplant within the Krafla caldera, increasing the knowledge of the complex system through electro-magnetic and seismic imaging methods and seismological observations.

Nonetheless the high-resolution imaging of the magmatic system still poses a challenge same as the origins of the seismicity remain poorly understood. To tackle these questions a multi-physics experiment has been carried out in June and July 2022.

The experiment included an active 3D ERT experiment to image the first kilometre of the geothermal system, the densification of the already existing MT measurements and the installation of a dense seismic array of 100 stations deployed for almost 1 month. In addition, Landsvirkjun provided continuous seismic data acquired from 12 broadband 3-C stations over the last 8 years.

With this dataset we aim to better understand temporal and spatial changes in stress, the anthropogenic influence on the system through the geothermal industrial activity and to image shallow magmatic pockets.

The broadband data of the 12 permanent seismic stations were used to analyse the seismicity with STA/LTA and Template Matching methods. Their first P- and S-wave onsets were automatically picked and inverted using a joint hypocentre-velocity approach based on ray theory. It provides a new 3D P-wave velocity model and refined locations of the seismicity.

This updated earthquake catalogue, which consists of seismicity of the last 8 years, covers a deflation and an inflation period of Krafla, yielding the opportunity to better investigate the seismic properties in relation with geothermal industrial activity and long-term deformation. The variability of the P-wave velocity will be compared to the available 3D resistivity models obtained from previous MT measurements.

In the future, the dense seismic array will be used for high resolution imaging at the geothermal upflow-systems and jointly interpreted with the ERT and MT data, while the 12 broadband recordings will be used for seismic noise monitoring purposes.

SO-P.03

Investigation of high frequency seismic signals recorded in summit region of Mt Etna

M. Weber¹, C. Bean¹, I. Lokmer², P. Smith¹, L. Zuccarello^{3,4}, S. De Angelis^{3,4}, V. Minio⁵

¹Dublin Institute for Advanced Studies, Cosmic Physics, Dublin, Irland, ²University College Dublin, Dublin, Irland, ³Instituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Pisa, Pisa, Italien, ⁴University of Liverpool, Liverpool, Vereinigtes Königreich, ⁵University of Catania, Catania, Italien

Typically, high frequency seismic data (> 10 Hz) on volcanoes have been less studied as precursory seismicity to volcanic eruptions dominates longer periods. Because of this, a large field campaign between July and September 2022 was carried out in the summit region of Mt. Etna where 104 nodal seismic sensors, mainly in 6 tuned circular array configurations consisting of several rings with increasing radius and number of nodes per ring around a central station were deployed. Inspection of this data acquired during the campaign reveals the presence of high frequency (10-90Hz) signals, which are poorly understood. The nodes record at a sampling rate of 250Hz (125Hz Nyquist) and the frequency content of the recorded seismicity shows signals up to about 100 Hz. In addition to the high frequency nodes, we also deployed a profile consisting of 11 elements (infrasound, short period and four broad band sensors).

A variety of signals were recorded, with some coherent signals on different stations across the full spectral range. We hope to determine their location, mechanisms and wavefield properties. Thus far initial multi-array beamforming has been applied to the data, demonstrating a range of locations which varies depending on the frequency range looked at. Whilst sources near the summit region are most common (especially at frequencies below 5 Hz), there are also other locations from which tremor emanates, opening questions about their origin. Comparisons with infrasound, records of de-gassing and weather data are ongoing, in an effort to shed light on the possible sources of these signals.

SO-P.04

A seismic array on the island of Rügen

C. Weidle¹, D. Schulte-Kortnack¹, T. Meier¹, J. Bülow², C. Hadziioannou², K. Obst³

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Institut für Geophysik, Hamburg, Deutschland, ³Landesamt für Umwelt und Geologie MV, Güstrow, Deutschland

Since 1995, a permanent seismic broadband station on the island of Rügen (NE Germany) is operated by the GFZ Potsdam as part of their global GEOFON seismic network. This station was, for more than two decades, the only seismological station on the Baltic Sea coast of Mecklenburg-Western Pomerania. In 2019, Kiel University and the Geological Survey of Mecklenburg-Western Pomerania launched a cooperation to expand the seismic network and establish continuous seismic monitoring of this German Federal State and the adjacent southern Baltic Sea area. In the same year, three new stations were installed in the vicinity of the bay of Greifswald between Rügen and Usedom.

In December 2021, we expanded the seismic network further and deployed seven additional broadband seismometers around the GEOFON station RGN on the island of Rügen in a seismic array configuration. An outer three-unit triangle around RGN has an aperture of ~10 km and an inner, four-unit setup has an aperture of ~2-3 km. The geometry of the inner ring is still under development.

In the process of site procurement, we rediscovered and reoccupied a seismological pit that was established in the 1980s by the „Central Institute for Earth Physics“ at Telegrafenberg, Potsdam, GDR, the predecessor institution of GFZ. In this location, a 8m concrete „needle“ provides good coupling to glacial till below a thin layer of water saturated sand. This coupling results in improved data quality as compared to the other array sites, which are installed in garages, cellars, a bell tower or shallow, hand-dug holes.

The outer ring of the array forms, combined with RGN, a four-point seismic array that is very well suited for analysis of ocean microseisms in the Baltic Sea. The inner array, on the other hand, will allow us to apply array analysis as part of our routine seismic monitoring of Mecklenburg-Western Pomerania and the southern Baltic Sea.

On September 26, 2022, two explosions associated with leakages from the Nord Stream gas pipelines are a first excellent example to illustrate the usefulness of the array. Both events could be well detected. These recordings, together with data from the other recently established seismic stations in northeastern Germany, are the closest seismological recordings of these events in Germany and, thus, an important element for further, ongoing seismological investigations. Data from the seismic array is currently under embargo for project participants but can be shared on request.

SO-P.05

Seismicity and state of stress in eastern Arabia

C. Weidle¹, E. Glück^{1,2}, A. Deif³, I. El-Hussain³, T. Meier¹

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Université Savoie Mont Blanc, ISTerre, Chambéry, Frankreich, ³Earthquake Monitoring Center, Muscat, Oman

The northeast Arabian continental margin in northern Oman is located less than 200 km from the frontal thrust of the Makran subduction zone and adjacent to continental collision between Arabia and Eurasia in the Zagros deformation belt. However, in absence of significant seismic activity on the margin, the present-day state of stress remains enigmatic. Characterization of seismic activity was long hampered by unavailable local seismic data but 20 years after the establishment of a local seismic network in Oman in 2001, the seismicity of the region can be robustly assessed in its geodynamic context. We revise seismicity in northern Oman since 1964 and assess the robustness of event detections and localisations by the permanent Oman seismic network against a temporarily densified seismic network during an experiment in the time period 2013-2016.

On the Arabian continent, seismic activity rapidly vanishes south of the Musandam peninsula towards northwestern Oman, where seismicity is close to absent. Occasional weak events are located on the northern flank of a small tectonic window. In the Central and Eastern Oman Mountains, where topography is higher, shallow, low-magnitude seismicity occurs regularly along topography bounding normal faults. The offshore domain in the Sea of Oman is segmented by two NE-trending lines - one in continuation of the onshore Semail Gap Fault Zone (SGFZ), the most prominent surficial fault in northern Oman, and one in continuation of the Masirah Line, a zone of seismic activity that follows the southeastern Arabian margin from south and central Oman towards the Makran trench. Except for an isolated patch at the intersection of the SGFZ with the Makran trench where repeated seismicity occurs, the trench and the Arabian offshore domain is seismically quiet.

For 14 events, focal mechanisms were determined from first-motion polarity which show an overall transtensional stress regime in the Central and Eastern Oman Mountains. Stress field inversion suggests that the overall NE-SW oriented background stress field related to the convergence of Eurasia and Arabia is locally compensated onshore Oman by gravitational deviatoric stresses of the mountain range.

SO-P.06

Lithospheric evolution of eastern Arabia

C. Weidle¹, L. Wiesenberg¹, A. Scharf², P. Agard³, A. El-Sharkawy^{1,4}, F. Krüger⁵, T. Meier¹

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Sultan Qaboos University, Muscat, Oman, ³Sorbonne Université, Paris, Frankreich, ⁴National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Helwan, Ägypten, ⁵University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

The geology of eastern Arabia is dominated by a vast cover of mostly Phanerozoic sedimentary rocks and little was known about the architecture of the middle and lower crust. On the easternmost margin, obduction of the Semail Ophiolite during late Cretaceous times is the youngest first-order tectonic process that shapes the present-day geology across the Oman Mountains in northern Oman and the eastern United Arab Emirates. Within the obducted units, Neoproterozoic to Cretaceous autochthonous rocks of the Arabian shelf are exposed in two tectonic windows and provide a detailed view of the geodynamic evolution of the shallow Arabian continental crust during and after obduction. A new, unprecedented 3-D anisotropic shear-wave velocity (V_s) model reveals that - prior to obduction - the assembly of the eastern Arabian lithosphere in Neoproterozoic times and its modification during the Permian breakup of Pangea strongly control the present-day lithospheric architecture. Building upon previous geodynamic models that were restricted to the upper crust, reconstruction of the entire lithospheric evolution resolves some key unknowns in eastern Arabia's geodynamics:

1. The NNE-striking Semail Gap Fault (SGF) is primarily an upper crustal feature but another NE-striking deep crustal boundary zone west of the Jabal Akhdar Dome segments the Arabian continental crust in two structurally different units.
2. While Permian Pangea rifting occurred on both eastern and northern margins of eastern Arabia, large-scale mafic intrusions occurred mostly east of the SGF. Eastward crustal thinning localizes at the eastern limit of obducted units, east of which the lower crust is strongly intruded and likely underplated.
3. Late Cretaceous exhumation and overthrusting at the end of ophiolite obduction is the likely cause for crustal thickening below today's topography of the Oman Mountains.
4. Lithospheric thickness is ~200-250 km in central Arabia but only ~100 km below the Oman Mountains. Thinning of the continental lithosphere is attributed to late Eocene times, which explains contemporaneous basanite intrusions into the continental crust and provides a plausible mechanism for observed crustal-scale extension and the broad, margin-wide emergence of the Oman Mountains. Thus, uplift of the mountain range might be unrelated to Arabia-Eurasia convergence.

SO-P.07

The eruption of the Hunga Tonga-Hunga Ha'apai volcano on 15 January 2022 as observed at seismic stations in Germany

T. Plenefisch, A. Steinberg, P. Hupe, C. Pilger, S. Donner, P. Gaebler, O. Roß, L. Ceranna

BGR Hannover, B4.3 Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenteststopp, Hannover, Deutschland

On 15 January 2022 at 04:15 UTC, an enormous explosive eruption of the Hunga Tonga-Hunga Ha'apai submarine volcano (short: Hunga) occurred in the Tonga-Kermadec volcanic area in the southern Pacific Ocean. It was one of the strongest volcanic eruption within the last 150 years. The eruption column reached a height of more than 50 kilometres causing heavy atmospheric turbulences. A strong Lamb and a tsunami wave were generated. Besides these phenomena also seismic waves could be observed on seismic stations all over the world.

Consequently, seismic body and surface waves of the Hunga main explosion could be clearly recorded at seismic stations in Germany. After about 19 minutes, the PKP phase was the first arriving body wave reaching the broadband stations of the German Regional Seismic Network and the Gräfenberg Array. Using the short-period WWSSN-SP filter it was possible to determine the onset times of relatively weak PKPbc phases at several stations. The onset times as well as slowness and azimuth determined by array methods allowed an unambiguous assignment to the Hunga event and an epicenter localization deviating approximately 1 to 1.5 degrees from the volcano.

While the PKP phase is only weakly visible in short periods it shows up clearly in the long-period range (SRO-LP filter). The onset times determined therein were still accurate enough to provide a localization similar to that obtained in the short-period range. Furthermore, at least one additional event is detected on the long-period seismograms about 4 minutes after the main event.

To assign a seismic magnitude to the Hunga event, we analyzed the surface wave trains. The M_s magnitudes vary between 5.8 and 6.3 within the individual stations of the GRSN, with a mean value of 6.0.

The Tonga-Kermadec subduction zone is characterized by strong earthquake activity. This allows us to compare the seismic recordings of the Hunga event with those of earthquakes from the same area with shallow focal depths and comparable magnitudes. It turns out that PKP phases of the Hunga eruption have significantly smaller amplitudes in the short-period range than for the compared earthquakes but similarly strong in the long-period range. We conclude that a long-period excitation is characteristic for the seismically relevant focal process of the Hunga event.

SO-P.08

AdriaArray Seismic Network – Status in March 2023

T. Meier¹, P. Kolinsky²

¹Christian-Albrechts Universität Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Czech Academy of Sciences, Prague, Tschechische Republik

With the advent of plate tectonics in the last century, our understanding of the geological evolution of the Earth system improved essentially. The internal deformation and evolution of tectonic plates remain however poorly understood. This holds in particular for the Central Mediterranean: The formerly much larger Adriatic plate is recently consumed in tectonically active belts spanning at its western margin from Sicily, over the Apennines to the Alps and at its eastern margin from the Hellenides, Dinarides towards the Alps. High seismicity along these belts indicates ongoing lithospheric deformation. It has been shown that data acquired by dense, regional networks like AlpArray provide crucial information on seismically active faults as well as on the structure and deformation of the lithosphere. The Adriatic Plate and in particular its eastern margin have however not been covered by a homogeneous seismic network yet.

Here we report on the status of AdriaArray – a seismic experiment to cover the Adriatic Plate and its actively deforming margins by a dense broad-band seismic network. Within the AdriaArray region, currently about 990 permanent broad-band stations are operated by more than 40 institutions. Data of 97% of these stations are currently available via EIDA. In addition to the existing stations, 414 temporary stations from 24 mobile pools are deployed in the region achieving a coverage with an average station distance of 50 – 55 km. The experiment is based on intense cooperation between local network operators, mobile pool operators, field teams, ORFEUS, and interested research groups. Altogether, more than 50 institutions are participating in the AdriaArray experiment. We will report on the time schedule, participating institutions, mobile station pools, maps of temporary station distribution with station coverage and main points of the agreed Memorandum of Collaboration. The AdriaArray experiment will lead to a significant improvement of our understanding of the geodynamic causes of plate deformation and associated geohazards.

SO-P.09

Langperiodische Polarisationsanalyse auf Helgoland

A. Kampmann, L. Wiesenberg, T. Meier

Institut für Geowissenschaften/CAU Kiel, Geophysik, Kiel, Deutschland

Auf Helgoland wird seit 2017 ein Netzwerk aus sechs seismologischen Stationen (inklusive der Permantstation HLG), u.a. zur Untersuchung lokaler Seismizität oder Meeresmikroseismik betrieben. Der Einfluss von Umweltaktivitäten (Wind- und Wasserbewegung) spielt ebenfalls eine große Rolle auf die gemessenen Daten, ist jedoch quantitativ nicht vollständig geklärt.

In dieser Arbeit werden langperiodische Polaritätsanalysen an den Stationen auf Helgoland durchgeführt um dies zu untersuchen. Dazu werden Daten vor und nach einem lokalen Sturmereignis im Nordseeraum am 07.02 – 08.02.2021 betrachtet. Die entsprechenden Daten für Wind- und Wellenbewegungen wurden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) und dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) zur Verfügung gestellt.

Die kontinuierlichen seismischen Daten horizontaler und vertikaler Komponenten werden in einem Zeitfenster von jeweils zwei Stunden auf 70-100s gefiltert. Die Polarisationsanalyse wird mittels Singulärwertzerlegung (SVD) durchgeführt und damit die Amplitude, Elliptizität und Azimuth der Partikelbewegung bestimmt.

Die Stationen weisen geringe Abweichungen in den Parametern auf, sind sich jedoch sehr ähnlich. Der Einfluss der Umweltbedingungen in Form von Windstärke, -richtung sowie Wellenhöhe und -richtung ist in den Parametern zu erkennen.

Die Ergebnisse zeigen, dass zeitliche Variationen in den gemessenen Signalen mit Auftreten des Sturmereignisses korrelieren und sogar Einfluss auf die Neigung der Insel haben könnten.

SO-P.10

Cross-Regional Seismic Event Classification via Convolutional Neural Networks: Case Studies From West Bohemia, Italy, Northern California, and Utah

V. Kasburg¹, J. Müller², T. Eulendorf², A. Breuer³, N. Kukowski¹

¹IGW, FSU Jena, Lehrstuhl Allgemeine Geophysik, Jena, Deutschland, ²IGW, FSU Jena, Lehrstuhl Angewandte Geophysik, Jena, Deutschland, ³ifj, FSU Jena, Advanced Computing, Jena, Deutschland

Gradual densification of seismic networks enables acquisition of large amounts of data. In addition to natural, tectonic earthquakes, seismic sensors also record anthropogenic events, such as quarry blasts or induced events. Such events require skilled interpreters to distinguish them from natural earthquakes and thus prevent their use in seismological studies on natural phenomena. Recent developments in the field of artificial intelligence can help automate the processing of growing data volumes due to rapid classification with high accuracy and therefore maintain the quality of earthquake catalogs.

We trained and evaluated a set of convolutional neural networks (CNN) to distinguish between local earthquakes and quarry blasts across four regions: West Bohemia, Italy, Northern California, and Utah. The number of recorded events within each region is crucial for the generalizability of CNN models and thus for classification accuracy. To increase accuracy for regions with relatively few data, we test several approaches for training and evaluation: data augmentation, transfer learning and ensemble averaging. In addition, we introduce a distance threshold of 100 km between source and receiver to test its effect on the classification accuracy.

Our results show that combining multiple approaches for model training and evaluation can increase classification accuracy significantly, especially for regions with a smaller amount of available data.

SO-P.11

Neue Untersuchungen zu den Transportpfaden juveniler Fluide in NW-Böhmen / Vogtland

J. Heinicke¹, H. Woith², C. Alexandrakis-Zieger¹, S. Buske¹, R. Käppler¹, O. Krentz¹, P. Menzel¹

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland,

²GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

Im Untersuchungsgebiet NW-Böhmen / Vogtland treten an mehr als 300 Lokationen juvenile Fluide an Mineralquellen oder Mofetten aus, hauptsächlich CO₂ magmatischen Ursprungs. Anomal hohe Mantelheliumanteile sind ein weiteres Zeugnis der im oberen Mantel zu suchenden Fluidreservoirs. Bisherige Untersuchungen vermuten einen Zusammenhang zwischen der Fluidemission und der Schwarmbebenaktivität in dieser Region. Unser Forschungsansatz geht der Frage nach, welche geologischen Strukturen diesen Fluidaufstieg bis zur Erdoberfläche ermöglichen. Geologische, tektonische und vor allem geophysikalische Untersuchungen geben dazu erste Antworten. Die zahlreich bekannten sowie einige neu entdeckte Basaltstrukturen bekräftigen die Hypothese, dass es einen lateralen Zusammenhang zwischen den ehemaligen Vulkanschloten (Diatreme, Dikes) und den CO₂-Entgasungsstellen gibt. Unsere Untersuchungen bestätigen die bereits vor ca. 80 Jahren geäußerte Vermutung, dass die Vielzahl der magmatischen Eruptionen seit dem Oligozän die wichtigste Grundlage für die Ausbildung von rezenten Migrationspfaden für die Entgasung darstellen. Eine besondere Rolle spielt dabei aber auch das regionale Spannungsfeld und die seismische Aktivität.

Eine überarbeitete und erweiterte Zusammenstellung der juvenilen Fluidaustritte wird im Rahmen einer publizierten Datenbank zur Verfügung gestellt.

SO-P.12

Structure of mantle transition zone and its connection to subduction in the Caribbean

M. Saki¹, S. A. Wirp², M. Billen³, C. Thomas⁴

¹Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland, ²Department of Earth and Environmental Sciences, München, Deutschland, ³Earth and Planetary sciences, UC Davis, California, Vereinigte Staaten von Amerika, ⁴Institut für Geophysik, Münster, Deutschland

We are mapping the topography of the mantle transition zone discontinuities near subduction regions around the Caribbean by using precursors to PP and SS that reflect off those discontinuities. Our main focus is on three major subduction regions: 1) underneath the subduction zone of the Lesser Antilles, 2) near the Mexican coast and 3) north-western edge of South America where subduction of the Nazca lithosphere takes place. Events occurring between 2000 and 2020 and $M_{\text{W}} \geq 5.8$ have been analysed to generate a large amount of source receiver combinations with reflection points in the area, including crossing ray paths. Using array methods, we identify precursors and verify their in-plane propagation. The measured time lag between PP/SS arrivals and their corresponding precursors on robust stacks are used to measure the depth of the mantle transition zone boundaries. We find a complex behaviour of 410 and 660 km discontinuities in all three regions, consistent with hot upwelling behind the slab beneath the eastern Caribbean and Mexico.

SO-P.13

Spatio-temporal distribution of induced seismicity in flooded mines in the Ruhr area - interpretation by geomechanical numerical modelling

M. Rische¹, T. Niederhuber², B. Müller², K. D. Fischer¹, W. Friederich¹

¹Ruhr Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik (GMG), Seismologie, Bochum, Deutschland, ²KIT, Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW), Technical Petrophysics, Karlsruhe, Deutschland

Induced seismicity during mine flooding is the focus of the FloodRisk project. One of the study areas is the Ruhr area, which is characterised by centuries of intensive coal mining. After the closure of the last mines, controlled flooding began. Within the FloodRisk project, we investigate ground uplift, stress changes due to pore pressure changes and the reactivation potential of faults to explain induced seismicity.

We concentrate on the seismicity monitoring and geomechanics of the Haus Aden catchment, for which we investigate the relationship between water rise, tectonic stress and induced seismicity. The monitoring of seismicity is based on a network of up to 30 short-period seismic stations installed by the Ruhr University in the area of the former „Bergwerk Ost“, which exhibited the highest seismicity in the Ruhr area during active mining. The stations cover an area of about 160 km² and are spaced between 0.5 and 3.5 km apart. They allow continuous monitoring of seismicity. Since 2019, more than 2200 induced events have been localised.

A prerequisite for the interpretation of seismicity is a detailed localisation of the events. The relative localisation of the induced earthquakes has significantly reduced the location uncertainty and allowed the spatial and temporal evolution of earthquake clusters due to the rise in mine water levels to be studied.

The resulting pattern of seismicity was compared with known underground structures. This comparison indicates that most of the events occur approximately 300 m below the main pillars between the longwall panels in the already flooded deepest level of the mine.

A generic FE numerical model was developed for a section of the Heinrich Robert mine based on the geometry of the pillars, shafts and longwall panels. The stress data for model calibration are based on a compilation of the regional stress state in the eastern Ruhr area. For this purpose, hydraulic fracture tests carried out in the mines to minimise rock bursts were re-evaluated and compared with stress orientations derived from independent sources such as borehole fractures and earthquake source mechanisms.

Using this 3D numerical approach, we conclude that there is increased vertical stress within and below the pillars as a result of stress arching. As the horizontal stress changes below the mine levels are small, this results in increasing differential stresses that can lead to the observed events below the mine level when the mine water level rises.

SO-P.14

Seismic borehole sensor orientation using local earthquakes at the drill site in Landwüst, Vogtland, Germany

J. Starke¹, F. Krüger¹, M. Ohrnberger¹, T. Dahm^{1,2}

¹Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland, ²Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, Deutschland

The accurate orientation of borehole sensors is essential for further processing of seismic data. The horizontal components of the borehole sensors at the Landwüst drill site in the Vogtland were oriented using P-wave onsets of local earthquakes. Common techniques for borehole sensor orientation, using teleseismic events, active seismic shots close to the drill site and comparison with records of an oriented surface station, did not perform well due to (I) the properties of the deployed sensors (10 Hz 3C geophones HG-7) and (II) the scattering properties of the local shallow subsurface at high frequencies.

The P-wave particle motion of localized nearby earthquakes (mean distance 12-15 km, mean magnitude < 1) was used to estimate the deviation between sensor north and true north. Good azimuthal coverage was only given in the north and east direction of the borehole as this is the common source region of local seismic swarms in Western Bohemia.

The sensor orientation could be calculated with an accuracy of $\pm 5\text{-}10^\circ$ for the lowermost sensors of the borehole-chain in a depth range from 170 to 400 m. For sensors deployed in the shallow part of the borehole (depth less than 170 m) the orientation could be determined less accurately ($\pm 13\text{-}25^\circ$). This is likely caused by heterogeneities in this depth range as witnessed by the drilling operation. Additional investigations on the signal-to-noise-ratio (SNR) show an increase of SNR with depth, especially for higher frequencies (> 80 Hz).

The achieved correction of horizontal component orientation at the borehole sensors will allow the improved analysis of particularities of the observed wave field, especially the analysis of SV and SH waves and 3C array processing. It is also of utmost importance for any noise correlation studies on the horizontal components for characterizing the subsurface.

SO-P.15

First analysis of rotational ground motion recordings in the West-Bohemia/Vogtland region

J. Lehr¹, S. Donner¹, M. Hoffmann¹, F. Krüger², S. Heimann², S. Durand³, R. Abreu⁴

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenteststop, Hannover, Deutschland, ²Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland, ³LGL-TPE (Université de Lyon), Lyon, Frankreich, ⁴IPGP (Institut de Physique du Globe de Paris), Paris, Frankreich

We present first data examples and an estimation of the magnitude of completeness for two BlueSeis-3A rotational seismometers deployed in the West-Bohemia/Vogtland region.

The sensors show a surprisingly good sensitivity even for low magnitude events.

In seven months, the „Seismologie-Verbund zur Erdbebenbeobachtung in Mitteldeutschland“ reported 521 events occurring within a distance of up to 30 km. Based on the signal-noise-ratio, we estimate a magnitude of completeness around a local magnitude of 0.3 for the rotational sensors compared to the completeness of the catalog of -0.7.

Moreover, we found that the transversal translation corresponds well to the vertical rotational component for a phase velocity of 2000 m/s and frequencies of 10 to 20 Hz.

The data are intended to complement waveform inversions for seismic moment tensors.

The study area is characterized by recurring seismic swarms, which are presumably driven by the migration of mantle fluids through the crust. In order to better understand the role of fluids in the earthquake mechanism a good resolution of the non-double-couple (i.e. volumetric and tensile) components of the seismic moment tensor is needed. In that regard, adding rotational data to the inversion has been shown beneficial in synthetic studies. The acquired data will present one of the first examples using field data to invert waveforms for the full seismic moment tensor.

SO-P.16

Transdimensional Inversion of Gravity and Surface Wave Data Applied to the Semail Ophiolite

D. Schindler, W. Szwillus

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

In recent years, Bayesian transdimensional sampling algorithms in subsurface imaging problems have been developed as an alternative approach to classical linearized inversion schemes. A crucial advantage compared to linearized schemes is their ability to adapt the spatial resolution to the data resolution. In this study, the Semail Ophiolite in northeastern Oman is used as test area, as it is one of the largest ophiolite complexes in the world, and one of the best-preserved slices of oceanic lithosphere exposed at the surface.

We jointly invert gravity and surface wave data along a 2-D profile for the P- and S-wave velocity as well as the density. Our model has the length of 235 km and goes to depths of 56 km. Voronoi polygons are used as a form of completely unstructured mesh, which are able to represent sharp parameter contrasts due to their discontinuous representation of the space. In a Bayesian transdimensional framework, the number of cells of the Voronoi partition is treated as an unknown parameter and is estimated using the data: The goal is to find models that fit the data with the least number of cells.

Using realistic synthetic models, we demonstrate that our proposed scheme is able to reconstruct an underlying subsurface model accurately as long as data errors are not too large, and the different types of data are mutually consistent.

Applying our approach to real data, we find that the outcrops of the Semail Ophiolite are recoverable with gravity and surface wave measurements, and our model is able to contribute to a more comprehensive description of the study area across all depths.

SO-P.17

How seismometers tilt in response to atmospheric pressure variations: the case of the Hunga Tonga Lamb wave.

R. Widmer-Schnidrig¹, W. Zürn², T. Frorbriger³

¹Institute of Geodesy, University of Stuttgart, Black Forest Observatory (BFO), Wolfach, Deutschland, ²Black Forest Observatory (BFO), Wolfach, Deutschland, ³Geophysical Institute, Karlsruhe Institute of Technology, Black Forest Observatory (BFO), Wolfach, Deutschland

The Hunga-Tonga eruption (15.1.2022) excited Lamb waves in the atmosphere that circled the globe multiple times and were recorded by barometers and broad-band seismometers of the Global Seismic Network (GSN).

The dominant period was 45 minutes and except close to the source the double amplitude for the direct wave was 2-3 hPa.

Based on our previous work we expect that the response of horizontal component seismometers at these long periods is dominated by tilts due to two distinct physical mechanisms: (A) tilt due to the local deformation of the vault in which the accelerometer is installed: eg. warping of the vault floor in response to an atmospheric pressure change. We call this local deformation tilt, LDT. (B) a regional tilt due to a lateral pressure gradient along the surface above the vault. We call this travelling wave tilt, TWT. This nomenclature derives from the fact that for an elastic medium the tilt of the vault follows the free surface and together they tilt in the direction of the surface pressure gradient of an assumed wave. While LDT is in phase with the locally recorded atmospheric pressure change the TWT is 90° out of phase. Thus LDT is proportional to the pressure while TWT is proportional to its Hilbert transform. These two signals are linearly independent and in a regression where scaled versions of the two signals are sought to match the horizontal accelerograms one can separate the contributions of the two tilt mechanisms. The estimated TWT scale factors for the two horizontal components can be vectorially added and the resulting vector should align with the propagation direction of the atmospheric wave.

We have inspected all the GSN recordings of the Hunga Tonga Lamb wave and only retained 21 stations with clean baro- and seismograms. We find that for any 3-component sensor the tilt due to vault deformation (LDT) points in a fixed, sensor specific direction independent of the Lamb wave propagation direction which is in agreement with the LDT model. Furthermore we find that LDT is larger than TWT at 80% of retained GSN stations. While accelerations can be well modeled in most cases, pressure gradient induced ground tilts point towards Hunga Tonga for only 7 stations.

Currently we lack any model which would allow us to explain the observed TWT tilt directions for the remaining 14 stations as we do not think that Lamb wave front deformations due to atmospheric wind or temperature variations can account for the observed tilt misalignments.

SO-P.18

Rayleigh phase velocity maps for central Europe including the Eifel volcanic province

T. Weiler¹, A. El-Sharkawy^{1,2}, T. Meier¹

¹Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland, ²National Research Institute of Astronomy and Geophysics (NRIAG), Kairo, Ägypten

High-resolution Rayleigh phase velocity maps can help to improve our understanding of the 3-D vs anisotropic structure of the lithosphere of central Europe and its relationship to surface tectonics and volcanism. Using seismic broad-band recordings for the time period from 1990 to 2020, 600,000 inter-station fundamental mode Rayleigh wave phase velocities have been automatically determined by performing strict quality checks. Only smooth and reliable phase velocity curves with path-wise averaging and a standard error of 0.5% were chosen. For periods between 8 s and 350 s azimuthally anisotropic phase velocity maps were calculated for Central Europe. The phase velocity maps at short periods of up to 30 seconds show an NW-SE fast propagation direction along the East European Craton. At periods longer than 60 s, the anisotropic fast propagation direction shows slight variations from NE-SW to N-S. At 150 s map, a NE-SW fast direction is observed. This might indicate a layering of anisotropy. Along the Tornquist-Teisseyre Zone, the fast propagation direction at all periods is NW-SE, except along its northern part as it shows slight variations. This might be due to the sharp change from the Precambrian continental mantle lithosphere to the younger Phanerozoic Europe. At short periods, central Europe anisotropy is following the Variscan front which changes abruptly to SE-NW near the Elbe line, whereas at longer periods the fast direction follows the Rhenish suture and Saxothuringian suture. For the inversion of local azimuthally anisotropic phase velocity curves, we apply a newly elaborated stochastic inversion algorithm, the Particle Swarm Optimization algorithm (PSO). The result for extensive inversion and parameter tests of Rayleigh dispersion curves tests are shown. The lateral, as well as the vertical resolution of the resulting azimuthally anisotropic S-wave velocities and indications for layered anisotropy, are discussed.

SO-P.19

A systematic ambient seismic vibration study of the shallow underground of the Quaternary Weser terraces south of Hamelin

M. Hobiger¹, C. Thiel¹, T. Spies¹, K. Van Noten², M. Zeckra², A. Azari Sisi¹, A. Steinberg¹, B. Goebel¹, S. Donner¹

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Erdbebendienst des Bundes, Hannover, Deutschland, ²Königliche Sternwarte Belgiens, Seismologie-Gravimetrie, Brüssel, Belgien

The Weser river terraces to the south of Hamelin are composed of Quaternary sediments varying in thickness overlying the seismic bedrock. Due to the rather simple composition of the sedimentary cover, i.e., thin alluvial layers covering some meters of sandy to gravel-rich sediments, different seismic methods can be easily tested there.

We investigated the area south of the village of Kirchhosen along the left Weser bank using ambient seismic vibrations. The H/V method, based on the ratio between the horizontal and vertical spectra of the ambient seismic vibration signals, reveals the fundamental frequency of the site. In order to investigate the transition between the different frequencies and thus sediment thicknesses, we performed a systematic ambient vibration study in the area by measuring H/V profiles complemented with individual H/V observations. This allows us to model the changing resonance frequency, which varies between 2.6 and 6.3 Hz across the study area. Assuming a continuity of the geological units, we can directly link the H/V frequencies to the sedimentary thickness as larger topographical gradients are absent in the region. Borehole logs of the study area show that the Quaternary sediments have a thickness of around 15 m where frequencies of about 6.0 Hz are measured, while one borehole found a soft sediment cover of 33.5 m where the frequency is 2.8 Hz.

Furthermore, we reanalyzed a passive seismic array measurement carried out in 2018 and performed a new array study with a different geometry. From both experiments, we retrieved the dispersion curves of Rayleigh and Love waves and inverted them for the shear-wave velocity profile. The combination of all data provides a detailed overview of the shallow underground structure and lateral changes in the sediment thicknesses of the Weser terrace.

SO-P.20

A Comprehensive Stress Drop Catalog for the Northern Chilean Subduction Zone

J. Folesky, J. Kummerow, R. Hofman

Freie Universität Berlin, Geophysik, Berlin, Deutschland

Northern Chile has experienced two megathrust earthquakes in the past two decades, the 2007 Tocopilla event Mw7.6 and the 2014 Iquique event Mw8.1, and yet the postulated seismic gap is considered unclosed. Since 2006 the IPOC network monitors the region and very recently a comprehensive seismic catalog with more than 180,000 events has been published. This fascinating region, therefore, bears great potential for studying the stress drop response of the seismicity in space and time, in pre-, post-, and inter-seismic phases.

We applied two different approaches to obtain more than 30000 stress drop estimates covering all parts of the subduction zone from the trench to a depth of about 150 km. The techniques are called spectral deconvolution and spectral ratio technique.

Our results reveal a segmentation of median stress drop values for different seismogenic parts of the subduction zone: We find the lowest stress drops for interface events, slightly increased values for the two parallel bands of seismicity below, which lie inside the subducting plate, upper plate events show higher stress drops, and intermediate depth events produce the highest median stress drop. Differences of the median stress drops between classes is small: from 1.3 MPa for interface events to about 3.2 MPa for intermediate depth events. The spectral ratio results show little higher average values, but we find the exact same order of median stress drops between classes ranging from 2.0 MPa to 5.8 MPa for interface and intermediate depth events, respectively. Interestingly, there is no stress drop increase with depth in the uppermost ~80 km or in any event class except for the intermediate depth events, where deeper events show increased stress drop values. In addition, we find a noticeable increase of median stress drop with distance from the plate interface. Furthermore, we observe small scale spatial stress drop variability, and we describe spatio-temporal variability connected with the two megathrust events in the study region.

SO-P.21

Evidences of continuous tremor-like source processes in W-Bohemia and Vogtland before the earthquake swarm in April 2021

N. Rein^{1,2}, K. Hannemann³, M. Ohrnberger¹, F. Krüger¹, D. Vollmer¹, M. Korn², T. Dahm^{1,4}

¹University of Potsdam, Institute of Geosciences, Potsdam, Deutschland, ²Leipzig University, Institute of Geophysics and Geology, Leipzig, Deutschland, ³University of Münster, Institute of Geophysics, Münster, Deutschland, ⁴GFZ German Research Centre for Geosciences, Section 2.1: Physics of Earthquakes and Volcanoes, Potsdam, Deutschland

The ICDP project “Drilling the Eger Rift” focuses on the investigation of geodynamic processes in W-Bohemia (Czech Republic) and Vogtland (Germany), such as earthquake swarms and sub-surface fluid flows of degassing CO₂ originating from the Earth’s mantle. In order to get new insight into the dynamics of these processes, three boreholes were drilled in this region and will be used to install high-frequency 3D seismic arrays. The pilot 3D array is located 1.5 km south of Landwüst (Vogtland, Germany). In the test phase the borehole with a depth of 402 m was equipped with 8 geophones (changed to 10 in October 2021) with a corner frequency of 10 Hz. It is surrounded by a surface array consisting of 12 seismic stations with 4.5 Hz geophones and an aperture of 400 m. The data of the 3D seismic array is recorded by Earth Data Loggers with a sampling rate of up to 1000 Hz. The aim of this project is the location of noise sources in the vicinity of the seismic array and the location of distant (up to 15 km) seismic sources potentially originating from the fluid migration in W-Bohemia. In this study, we analyze continuous seismic noise recorded by more than 20 stations of the Saxon Seismic Network, of the Webnet and of our seismic array in Landwüst. We calculated differential PSDs (power spectral density) in different frequency ranges in order to find evidences of continuous tremor-like seismic source processes occurring before the earthquake swarm in April 2021. As a next step, we locate the continuous seismic source processes using the regional networks and our 3D seismic array.

Our analysis shows an increase of the seismic noise level in a frequency range between 4-8 Hz within a duration of 2 hours at the 05th of April 2021, one day before the earthquake swarm started. Within this time window (2 h), seven stations in the region show a median differential PSD level at least three times higher compared to the differential PSD level of the whole day which is the highest continuous increase within a time range of 60 days. These stations have a maximum distance of up to 12 km to the Nový Kostel focal zone, where most of the earthquakes occurred during the earthquake swarm. We also compare the increased PSD level with Radon concentrations measured at Hartoušov in W-Bohemia in order to find possible coincidence.

SO-P.22

DSEBRA goes to Greece and Northern Macedonia as part of AdriaArray

K. D. Fischer, M. Paffrath, W. Friederich, K. D. Fischer

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Bochum, Deutschland

The AdriaArray project addresses fundamental questions related to the geodynamics and the deformation and stress field of the Adriatic plate in south-eastern Europe. The observational basis of AdriaArray is a recently formed seismic broadband array that joins newly deployed temporary and existing permanent stations all over the entire Adriatic plate.

Here, we report on the deployment of temporary stations by Ruhr-University Bochum (RUB) in Greece and Northern Macedonia. This contribution enhances the local networks by 35 new temporary stations and upgrades the instruments at 17 permanent sites. Most of these sites are equipped with broadband instruments from the German DSEBRA array which were previously installed within the scope of the AlpArray project.

Deployment started with 37 stations in Greece at the end of September / beginning of October 2022 in cooperation with partners from the universities of Thessaloniki, Athens and Patras, as well the National Observatory of Athens (NOA). The deployment of stations in North Macedonia is planned for February 2023 in cooperation with the Seismological Observatory of the University of Skopje.

All stations are supplied with mobile routers for live-streaming of waveform data and for monitoring the state-of-health of the stations. Data is streamed in near real-time to servers of the Seismological Observatory of the RUB and to the EIDA node of NOA. The FDSN network code 1Y is assigned to the temporary stations, while the upgraded permanent stations remain a part of their original networks. The newly deployed stations in Greece were able to register data of the still ongoing seismic series of Evia which started in November 2022.

We present examples of the recorded seismograms from these events and estimate the quality of the stations by calculating probability power spectral densities (PPSD) to ensure that the stations meet the quality requirements of the AdriaArray project. First results of the calculated PPSDs illustrate the overall performance of these stations and help to identify problematic stations for which alternative sites have to be scouted.

VU-A.01

Seismic imaging of the submarine Kolumbo Volcanic Chain

J. Preine¹, C. Hübscher¹, J. Karstens², G. Crutchley², P. Nomikou³

¹Universität Hamburg, Institut für Geophysik, Hamburg, Deutschland, ²GEOMAR – Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Marine Geophysik, Kiel, Deutschland, ³National and Kapodistrian University of Athens, Athen, Griechenland

Located in the southern Aegean Sea, the Christiana-Santorini-Kolumbo Volcanic Field is one of the most hazardous volcano-tectonic regions in the world and lies in an active continental rift zone. Northeast of Santorini lies the Kolumbo Volcanic Chain (KVC), which comprises more than 20 submarine volcanic cones, with the Kolumbo Volcano representing the most prominent edifice of this chain. However, due to their inaccessibility, so far, little is known about the evolution and tectonic control of these submarine volcanoes. We will present multichannel reflection seismic data that allow us to image the internal architecture of the KVC and study its link to the regional rift system. Our analysis shows that the KVC evolved during two major episodes. Volcanoes of the first phase show strong seismic amplitudes as well as pronounced seismic attenuation, indicating an effusive nature of the edifices. In contrast to that, volcanoes of the second episode generally show less seismic attenuation and consist of well-stratified flanks that we interpret as the result of shallow submarine explosive eruptions. Onlap terminations of the flanks of the volcanic edifices allow establishing a relative chronology of several of these cones, but reveal no systematic age trend. Further, we show that the KVC developed along two prominent NE-SW directed normal faults that extend far towards the NE into the Anhydros Basin. Towards Santorini, these faults are overprinted by a broad zone of seismic attenuation, which we interpret as a zone or deep-seated volcanic intrusions connecting Santorini with the KVC. The spatial correlation of faulting and volcanism is a direct indication for volcano-tectonic feedback links, which seem to also play a fundamental role for the volcanic plumbing system of the Christiana-Santorini-Kolumbo Volcanic Field.

VU-A.02

Tephra segregation profiles from Vulcanian eruptions on Sakurajima volcano, Japan, based on the observations of diameter and settling velocity of falling tephra

K. Takishita¹, A. P. Poulidis², M. Iguchi¹

¹Sakurajima Volcano Research Center, DPRI, Kyoto University, Kagoshima, Japan, ²Institute of Environmental Physics, University of Bremen, Bremen, Deutschland

The profile of tephra concentration along a volcanic plume, i.e. the Tephra Segregation Profile (TSP), is one of the important source parameters in the estimation of tephra transport and deposition and, by extension, the amount of tephra sedimentation. When looking at an eruption as a single event (i.e. with a time-averaged mass eruption rate; MER), the buoyant plume theory (e.g. Morton et al., 1956), can be applied in the volcanic column formation and generally produces profiles in which most of the tephra segregate at the top of the plume. However, case studies based on observations have revealed that large concentration peaks can also be formed at the lower part (e.g. Mannen, 2014; Cao et al., 2021). To investigate this discrepancy, here we consider the dependency of plume height to the temporal variations in the MER. To this end, we use an advection-diffusion model (Tephra4D; Takishita et al., 2021) with MER estimates obtained from geophysical monitoring (Iguchi, 2016) and maximum plume height observations to calculate the spatial distribution of the tephra deposit load of 39 Vulcanian eruptions from Sakurajima Volcano, Japan. The calculation results' evaluation against the observations based on a disdrometer network (Takishita et al., 2022) revealed that, for both kinds of activity, maxima in tephra segregation can occur at heights below the reported plume height. TSPs of Vulcanian eruptions at Sakurajima volcano were seen to be consistent with the profiles in which most of the tephra segregate at the top of the plume, but only if we allow for the temporal variation of MER in order to properly represent the total series of eruptive events that make up the sequence, including long-lasting particle emissions with lower plume height. This highlights the fact that even though Vulcanian eruptions are generally characterized as instantaneous particle emissions, not only the primary plume developed due to the initial explosion, but also the subsequent continuous plume that can accompany the eruption plays an important role in particle emissions.

VU-A.03

A multi-model study on the impact of persistent volcanic activity on the air quality of surrounding communities

A. P. Poulidis¹, K. Takishita², M. Iguchi², M. Vrekoussis^{1,3,4}

¹University of Bremen, Institute of Environmental Physics, Bremen, Deutschland, ²Kyoto University, Disaster Prevention Research Institute, Kagoshima, Japan, ³University of Bremen, MARUM, Bremen, Deutschland, ⁴The Cyprus Institute, CARE-C, Nicosia, Zypern

Chemistry modelling can be employed to study regional air quality and inform mitigation strategies. To accurately represent air quality, realistic emission data for all natural and anthropogenic sources need to be supplied. Volcanic emissions represent a significant challenge, due to their unpredictable nature. As a result, only a small number of volcanoes are included in emission datasets, focusing only SO₂, despite the potential release of micron-scale volcanic ash that can affect particulate matter (PM) concentrations. These emissions can be especially important in the case of volcanoes with long periods of passive emissions and intermittent eruptions, as in the case of Sakurajima volcano in southern Japan.

Due to its high level of activity since 1955 and the large nearby population, Sakurajima is one of the most closely-monitored volcanoes in the world. The permanent deployment of equipment such as tiltmeters and tephra collectors has allowed for the accurate estimation of volcanic ash emissions, giving us the unique opportunity to provide realistic input data for air quality modelling.

Emissions were simulated using two models: WRF-chem, a chemistry model, and FALL3D a volcanic emission transport model. Simulations are carried out for 2019, covering anthropogenic, biomass burning and non-volcanogenic natural emissions (WRF-chem) and volcanic emissions (FALL3D), with results validated against daily surface observations of airborne concentrations (PM and SO₂) and monthly ashfall values within the Kagoshima prefecture. Overall, results provide the first direct comparison of the ratio between volcanogenic and non-volcanogenic emissions and confirm the importance of the former.

MA-A.01

Untersuchung komplexer magnetischer Anomalien von Kampfmitteln

C. Virgil

Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, TU Braunschweig, Braunschweig, Deutschland

Magnetische Messungen sind eine der wesentlichen Methoden in der Kampfmittelsuche. Gerade größere Kampfmittel wie zum Beispiel Fliegerbomben erzeugen aufgrund ihres großen Volumens an ferromagnetischen Materialien eine starke magnetische Anomalie, die auch in mehreren Metern Entfernung detektierbar ist. Um die genaue Lage dieser Objekte aus den gemessenen Daten zu ermitteln, wird häufig ein Dipolmodell angepasst.

Neben der Position lässt sich somit auch die Stärke der Quelle abschätzen, welche häufig für eine Klassifizierung der Objekte in potentiell gefährlich, bzw. ungefährlich herangezogen wird.

Ein Problem hierbei ist, dass ein Dipolmodell nur eine homogen magnetisierte Kugel perfekt beschreibt. Sobald die Geometrie des Objektes komplexer wird und die magnetische Suszeptibilität groß ist, kommt es aufgrund von Entmagnetisierungseffekten im Inneren zu teilweise sehr komplexen Magnetisierungsstrukturen und somit auch zu komplexen magnetischen Anomalien außerhalb des Objektes.

In dieser Arbeit soll nun untersucht werden, wie sich diese komplexe Magnetisierung auf die Detektierbarkeit auswirkt, bzw. ab welcher Distanz eine Näherung mit einem Dipolmodell zulässig ist. Außerdem wird aus dem äquivalenten Dipolmoment eine Abschätzung der Masse berechnet und mit der realen Masse der Kampfmittel verglichen um die Gültigkeit der Klassifizierung auf Grund des magnetischen Momentes zu untersuchen.

Für diese Studien werden für verschiedene Kampfmittel unterschiedlicher Größe für reale Geometrien die Magnetisierung berechnet. Dazu wird die Finiten Elemente Software Comsol Multiphysics verwendet. Bei diesen Simulationen werden sowohl die inhomogene induzierte als auch eine inhomogene remanente Magnetisierung, sowie unterschiedliche Ausrichtungen der Kampfmittel im Untergrund berücksichtigt.

MA-A.02

Ground magnetic surveying and susceptibility mapping of buried basalt dikes in the Hassberge (Lower Franconia) – a potential approach to reconstruct soil creep?

T. von Dobeneck¹, M. Müller², B. Bosbach¹, A. Klügel¹

¹Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Bremen, Deutschland,

²Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Hamburg, Deutschland

Over the past 10 years, the presenting author undertook yearly ground magnetic survey campaigns in the Hassberge region of Lower Franconia, conducted by groups of Bremen University geoscience students. The objective of these campaigns was to discover, regionally map and structurally analyze numerous basalt dikes of the Heldburg Dike Swarm (HDS) hosted in Keuper sand-, silt- and claystone. These dikes are commonly narrow (0.5-2m width), several km long, near vertical and usually deeply weathered like their host rock. They are therefore difficult to find and follow by geological means, but easily detectable with portable Overhauser magnetometers. Some identified dikes were later explored by exploration trenches, by which the petrology of the dike, its weathering and contact zones and the adjacent host rock could be imaged with in-situ susceptometry and sampled for rock magnetic laboratory analytics.

In many cases, we observed that our magnetic survey profiles across such soil-covered, weathered mafic dikes in sedimentary host rock not only permitted to delineate the strike, width and burial depth of the intrusive basalt sheet, but also reflected a lateral subsurface deformation of its clayey weathering products. We illustrate this finding and its practical geomorphological applicability for a ~2 km long basalt dike near the villages of Manau and Walchenfeld, where blue- and olive-gray basalt-derived clays inherited not just the dike space previously occupied by the basalt, but also large parts of its magnetic iron minerals and their strong induced and remanent magnetization.

In the context of postglacial soil creep and pedoturbation, these ductile basaltic “marker soils” deformed and moved together with the surrounding low-magnetic host soils, but have remained distinguishable by their contrasting colors and high magnetic susceptibility. Ground magnetic surveys can therefore delineate soil creep distance at meter- and basalt weathering depth at decimeter-precision. Magnetic mapping of a weathered dike’s cross-section from an exploration trench by in-situ susceptometry permits to analyze the past soil deformation in great detail. The combination of weathering and solifluction transform the simple “vertical sheet” anomaly of dikes into more complex and expanded, but still interpretable composite patterns, providing a new and promising exploratory approach for field studies concerned with soil creep and pedoturbation.

MA-A.03

A novel filter for magnetic data interpretation

I. Ibraheem, B. Tezkan

University of Cologne, Institute of Geophysics and Meteorology, Cologne, Deutschland

Detection the boundaries of subsurface geological structures utilizing potential field data provides a fundamental tool for geological interpretation. Recently, edge detection filters have been widely used for delineating geologic structures such as faults, contacts, dykes, and ore bodies. The majority of edge detection approaches rely on the field's gradients to highlight the source edges. The conventional filters reported in the geophysical literature have a number of drawbacks, including a limitation in detection the boundaries of deep and/or neighboring sources, producing of spurious anomalies, the high sensitivity to noise in data, and the detected edges are wider than the actual ones.

Improved horizontal tilt angle (impTDX), a novel enhancement filter, has been introduced and tested in this study using free and noise-contaminated synthetic data as well as magnetic data gathered in the field. The findings demonstrate that the filter is highly effective in identifying magnetic sources at different depth levels as well as in locating the source boundaries. In comparison to other existing filters, the impTDX filter provides more precise and sharper edges, improves the detection of adjacent sources, avoids the generation of false boundaries, and is less susceptible to noise, resulting in reducing uncertainty in the interpretation of the magnetic data.

Aeromagnetic data from Sohag, Egypt, has been processed using the impTDX filter. Based on this filter, a subsurface structural map was constructed where several horsts and grabens in the basement can be seen, and the narrow graben of the Nile valley was also clearly detected. The impTDX edge detector can be considered as a valuable tool in interpretation of the magnetic data qualitatively.

Keywords: Magnetic; edge detection; impTDX; structural mapping.

MA POSTER

Magnetik / Erdmagnetismus

MA-P.01

A magnetic total field anomaly map of Saxony obtained by a Hilbert transform of historic torsion magnetometer data

R.-U. Börner¹, R. Käßler², L. Sonnabend³

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland, ²TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland, ³Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freiberg, Deutschland

We have applied a Hilbert transform to approx. 300,000 magnetic vertical anomaly data gathered in Saxony (Germany) mostly during the 1950's and 1960's by torsion magnetometers. We have applied our method to obtain total magnetic anomaly data which can be merged with data obtained by, e.g., proton magnetometers. We present a map of calculated total field anomalies for Saxony. Further, we verify the proposed method by comparing the transformed data with field data recently collected in Saxony.

MA-P.02

Quantifying precipitation and aridity in the Middle Danube Basin through environmental magnetic properties

C. Zeeden¹, M. Vinnepand¹, C. Laag^{1,2}, M. Sardar Abadi¹, M. Radaković³, M. Gavrilov³, S. Marković³

¹LIAG - Leibniz Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland, ²Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, 1 rue Jussieu, Paris, France, Paris, Frankreich, ³Chair of Physical Geography, Faculty of Science, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia, Novi Sad, Serbien

Spatial patterns of precipitation and aridity vary considerably across Europe and can be expected to change in the context of global warming. Our knowledge about such responses remains limited as most geoscientific studies that could inform us about precipitation-temperature relationships across continents in the past, provide point data rather than cover wider areas. Overcoming this would require reliable proxies, which can be determined in high (temporal and spatial) resolution along with detailed knowledge about how these reflect climate. Classically, we derive (paleo-) precipitation and -temperature for terrestrial areas from climofunctions, which base on magnetic susceptibility (χ) and its frequency dependence (χ_{fd}). These parameters reflect the quantity and modification state of magnetic minerals like magnetite, which are dependent on the combined influence of temperature and precipitation. Recently, also the maghemite contribution to the high-temperature dependent susceptibility (χ_{td}) has been used to create climofunctions, which are mainly constrained to reconstruction of (palaeo-) precipitation. Here, we test if we can qualify and quantify precipitation, temperature and aridity by room- and high-temperature rock magnetic and colorimetric data of recent topsoils in a narrow precipitation range between ~535 mm/a and 585 mm/a in the Pannonian Basin. Our results show that we can quantify precipitation by rock magnetic properties (χ , χ_{fd} , as well as χ_{td}). While we can also reconstruct aridity, temperature is challenging to determine in a meaningful way by these proxies. Care needs to be taken not to over-fit the data (due to more colorimetric variables than spatial data points), however, we regard our multivariate approach at least relevant for fitting individual magnetic or colorimetric proxies to climate variables.

MA-P.03

Application of the equivalent source method for UAV-borne magnetic surveys

S. Schwind, V. Schmidt

Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland

In recent years, the use of unmanned aerial vehicles (UAV) for magnetic surveying has been rapidly increased. In near-surface prospection, anomalies are usually expected to be small, which requires flight paths with small spacing and low altitudes. In rugged terrain, a UAV will have difficulties in keeping a constant altitude above the ground. This can result in a distorted view of magnetic anomalies. To compensate for that, we make use of the equivalent source method in order to calculate the magnetic field at a constant height above the ground. This involves the calculation of an equivalent layer of magnetic dipoles by inverting the UAV-borne data. Randomized synthetic models were used to find optimal relationships between the parameters of flight altitude, line spacing and distance between the equivalent sources to avoid an aliasing effect and to find the minimum number of required sources to reduce the computational cost while keeping the RMS error for reproduction of the input data low. Furthermore, other applications of this method were examined for their utility based on synthetic and real data. These include the joint inversion of data from various heights, the calculation of upward continued data and the interpolation of data with irregular geometry.

MA-P.04

Affordable magnetic field measurements for educational purposes using smartphones and microcontrollers

J. Henschel¹, N. Klitzsch¹, F. Wagner²

¹RWTH Aachen, CGGR, Aachen, Deutschland, ²RWTH Aachen, GIM, Aachen, Deutschland

Due to the high costs of professional instruments, there is often a scarcity of geophysical measurement equipment for use in practical training for geoscience students.

To overcome this problem, the application of inexpensive „smartphone magnetometers“, i.e., the utilization of the magnetic field sensors of smartphones, was tested, evaluated, and compared using data collected during a student excursion in 2021. The free application phyphox (<https://phyphox.org>) was employed to access the Hall-effect and GPS sensors on the students' smartphones. The measurements made using this method were partially flawed because of technical challenges and limitations such as smartphone quality, poor sensor calibration, and temperature dependency, thus rendering the use of smartphone magnetometers for student excursions problematic.

Therefore, a simple alternative magnetometer was developed to overcome these difficulties without resorting back to the use of expensive instrumentation. This alternative magnetometer combined an inexpensive Hall sensor, an Arduino-compatible microcontroller, and a battery in a durable casing. Once again, the phyphox app was employed as a tool to operate the magnetometer. Identical models of this magnetometer were built and tested using data gathered during a further student excursion.

The self-built magnetometers perform significantly better than the „smartphone magnetometers“. The main advantages include a lower standard deviation, consistent sensor output, and temperature independent measurements. The magnetometer is inexpensive, easily reproducible, and suitable for educational fieldwork. Its limitation lies in the low sensor sensitivity, which has a standard deviation of about 300 nT. This, however, could be overcome by employing higher-quality sensors.

Nevertheless, our self-built magnetometers allow meaningful magnetic field measurements with many students for teaching purposes.

Autorenindex

bold = Erst-Autor:in

■ Abreu, R.	SO-P.15	Billen, M.	SO-P.12
Achleitner, G.	S1-B.02	Binder, D.	S3-B.01
Adema, P. H.	MR-A.01	Binley, A.	S3-P.05
Agard, P.	SO-P.06	Birnstengel, S.	UI-P.04
Agnini, C.	MR-C.04	Bobbe, C.	GE-B.03
Aharonov, E.	GD-A.04	Bohlen, T.	SM-A.04
Ahlrichs, N.	MR-B.01, MR-B.03	Bonforte, A.	S1-A.01
Ahrends, B.	GE-P.12, UI-A.04	Bonnelye, A.	SM-P.05
Albers, A.	MR-P.06	Börner, F.	UI-P.09, UI-P.14
Albert, D.	S1-B.02	Börner, J.	GE-P.07 , GE-P.09, S1-A.02
Albrecht, T.	S3-P.01	Börner, R.-U.	MA-P.01 , UI-P.10
Alegret, L.	MR-C.04	Bosbach, B.	MA-A.02
Alexandrakis-Zieger, C.	SO-P.11	Bosch, K.	GE-P.12
Allroggen, N.	EM-P.14, UI-B.01	Böttcher, M. E.	UI-A.01
Almendros, J.	S3-B.02	Böttner, C.	MR-A.06, S1-A.03
Altenbockum, M.	UI-P.07	Boxberg, M. S.	S3-P.06
Amerstorfer, T.	S1-B.02	Bozkuyu, T.	S3-P.08
Amro, M.	S2-P.01	Bozzano, G.	MR-A.02, MR-A.04
Andrés-Martínez, M.	S4-B.02	Brandt, P.	MR-A.06
Angelopoulos, M.	S3-P.02	Bräuer, H. A. K.	GE-P.09
Arboleda-Zapata, M.	S3-P.02	Brauner, H.-J.	GO-K.01 , GO-K.02
Arndt, S.	S3-A.06	Bräunig, L.	SM-P.01
Arnold, P.	S2-P.03	Bredeck, A.	EM-P.04
Arz, H.	MR-C.03	Breede, K.	GE-P.03
Asadi, N.	S3-P.07	Breitzke, M.	GO-P.03
Aßmuth, C.	S2-P.07	Bremer, J.	S2-A.04
Avallone, A.	S1-B.01	Breuer, A.	SO-P.10
Azari Sisi, A.	SO-P.19	Brömer, B.	GE-A.03
Azzola, J.	SO-P.01	Brotzer, A.	SO-A.06
■ Babeyko, A.	S1-B.01	Brune, S.	S4-A.02
Bach, W.	S4-A.05, S4-B.03	Bruns, T.	SO-B.01
Bagge, M.	S3-P.01	Bücker, M.	GE-A.02, GE-A.03, GE-P.05, GE-P.10
Bailey, R.	S1-B.02	Bülow, J.	SO-P.04
Baques, M.	MR-A.04	Burmeister, T.	S2-B.02
Barrett, R.	MR-A.03 , MR-A.05	Buske, S.	EM-A.02, S2-P.01, SM-A.04, SM-A.05, SM-P.01, SM-P.02, M-P.04, SM-P.06, SO-P.11
Barreyre, T.	S4-A.04	Büskens, C.	GF-A.01
Bayer, P.	GE-P.01	Butron, C.	UI-A.02
Bean, C.	SO-P.03	Büttner, C.	EM-A.02, SM-A.05 , SM-P.04
Beck, P.	S1-B.02	Bützler, C.	GR-A.02
Becken, M.	AG-P.01, EM-P.10, EM-P.11, EM-P.13	Büyükkakpınar, P.	SO-A.01
Beisembina, G.	UI-P.14	■ Caldwell, G.	EM-A.06
Berdermann, J.	GE-A.01	Cammarata, D.	S2-B04
Bergmann, F.	MR-P.03	Cannat, M.	S4-A.05
Bernauer, F.	SO-A.06	Ceranna, L.	SO-B.01, SO-P.07
Berndt, C.	MR-P.02, S1-A.06	Cesca, S.	SO-A.01
Bertrand, T.	EM-A.06	Chang, L.	MR-C.04
Beyer, M.	GE-P.10		
Bihler, V.	S2-B04 , S2-P.09		

Chen, M.	MR-C.01	Engels, M.	S3-P.04
Chen, M.	S4-P.01	Englert, R.	MR-A.06
Chen, Q.	S3-P.06	Erkul, E.	UI-A.01, UI-P.05, UI-P.06
Chwala, A.	UI-A.06	Ershadi, M.	EM-P.09
Ciesielski, A.	GR-A.01	Esefelder, R.	SM-P.05
Collot, J.	MR-C.04	Esel, Y.	UI-P.05, UI-P.06
Contreras, J.	S4-A.03	Etienne, S.	MR-C.04
Corti, G.	S4-A.02	Ettrich, N.	S2-P.03
Costabel, S.	EM-P.05, UI-A.03, UI-P.13	Eulenfeld, T.	SO-P.10
Crutchley, G.	MR-P.04, VU-A.01	Evers, M.	GF-A.02
■ Dahlin, T.	UI-A.02, UI-P.03	■ Fadavi Asghari, S.	EM-A.05
Dahm, T.	SO-A.01, SO-A.02, SO-P.14, SO-P.21	Faghih, Z.	MR-P.02
Dahmke, A.	S2-A.05	Fediuk, A.	AG-A.03, EM-P.12, EM-P.14
Dallanave, E.	MR-C.04	Fekete, N.	S2-P.11, S2-P.12
De Angelis, S.	SO-P.03	Fekete, N.	S2-B.02
Deckert, H.	SO-A.05	Feldmann, F.	GE-P.10
Deif, A.	SO-P.05	Fertig, J.	GR-A.03
Deng, Z.	SO-A.02	Fiandaca, G.	GE-P.01
Devdariani, A.	GO-P.01	Finger, C.	SO-B.02
Dick, M.	UI-P.02	Fischer, K. D.	SO-P.13, SO-P.22, SO-P.22
Dick, P.	SM-P.05	Fischer, S.	UI-A.01
Dickens, G.	MR-C.04	Fleck, S.	GE-P.12, UI-A.04
Dielforder, A.	GD-A.05	Flores-Orozco, A.	GE-P.10
Dietrich, P.	S2-A.05, UI-P.04, UI-P.09, UI-P.14	Folesky, J.	SO-P.20
Dietrich, T.	S3-B.01	Forbriger, T.	GR-A.01, GR-A.02
Dillon, M.	S2-P.02	Förster, A.	S2-A.01
Ding, H.	SM-A.01, SM-A.04	Fosso Teguia M., E. E.	S4-A.01
Dlugosch, R.	EM-P.05	France-Lanord, C.	MR-P.03
Dodds, S.	S2-B.02	Frank, S.	GE-P.13, UI-P.08
Domula, A.	UI-P.01	Frederichs, T.	MR-P.05, MR-P.05, S3-P.07
Donner, S.	GO-P.01, SO-P.07, SO-P.15, SO-P.19	Freibothe, R.	AG-A.03, EM-P.14
Dörre, B.	UI-B.03	Freienstein, J.	S3-A.03
Dorrestein, J.	AG-A.03	Freudenthal, T.	S1-A.06
Drews, R.	EM-P.09	Friederich, W.	SO-P.13, SO-P.22
Durand, S.	SO-P.15	Friedrichs, J.	MR-B.02
Duretz, T.	GD-A.04	Frielinghaus, G.	S2-B04
■ Ebbing, J.	GD-A.03, GR-P.01, S3-A.01, S3-A.03, S3-P.03, S4-A.01	Frorbriger, T.	SO-P.17
Effner, U.	SM-A.03	Fuchs, S.	S2-A.01
Eggenhuisen, J. T.	MR-A.01	Futterer, B.	GO-K.01, GO-K.02
Egli, R.	S1-B.02	■ Gaebler, P.	SO-P.07
Ehlert von Ahn, C. M.	UI-A.01	Galerie, C.	S4-A.03
Ehrhardt, A.	MR-B.01, S3-P.04	Garambois, S.	SO-P.02
Eibl, E. P.	S3-B.01	García-Pintado, J.	S4-A.05, S4-A.06, S4-B.02
Eis, C.	GF-A.01	Gärtner, M.	S2-A.06
Eisen, O.	EM-P.09	Gaßner, L.	S2-A.06
El-Hussain, I.	SO-P.05	Gatter, R.	S1-P.03
El-Sharkawy, A.	SO-P.06, SO-P.18	Gaucher, E.	SO-P.01
Elger, K.	GO-A.01	Gavrilov, M.	MA-P.02
		Ge, M.	S1-B.01
		Gebhardt, C.	S3-P.07, S3-P.08
		Geersen, J.	MR-A.06, S1-A.03
		Geils, J.	MR-P.08

Geissler, W.	S3-B.02	Henschel, J.	MA-P.04
Giese, R.	SM-A.02, SM-P.01, SM-P.05	Hensen, C.	MR-P.02
Gilfedder, B.	UI-A.01	Herbers, A.	GF-A.03
Glebe, R.	GE-P.10	Herd, R.	UI-B.03
Glück, E.	SO-P.02 , SO-P.05	Herdegen, V.	GE-P.09
Gödickmeier, P.	GO-P.02, UI-P.10	Hering, P.	S2-A.03
Goebel, B.	SO-P.19	Hernández-Molina, F. J.	MR-A.01
Grayver, A.	S4-B.01	Herold, R.	S1-A.02, UI-P.09 , UI-P.14
Grifka, J.	S2-P.04	Herrmann, A.	EM-P.03
Grinat, M.	GE-B.01	Hertweck, T.	SM-A.04
Grob, H.	MR-A.05, SM-P.01	Heyde, I.	MR-P.07 , S3-P.04
Grombacher, D.	UI-A.02	Hiller, M.	S3-A.02
Gross, F.	S1-A.03	Hiller, T.	EM-B.01, EM-P.05 , UI-A.06
Grosse, G.	S3-P.02	Hiss, E.	UI-P.03
Gründling, R.	UI-A.01	Hlousek, F.	SM-A.04, SM-P.02
Guillemoteau, J.	EM-P.01, EM-P.03, EM-P.07	Hobiger, M.	SO-P.19
Guimaraes-Carvalho, A.	GE-A.01	Hoffmann, M.	SO-P.15
Günther, T.	EM-A.03, EM-A.04, GE-B.02, GE-P.11	Höfig, T.	S4-A.03
■ Haas, C.	EM-A.01 , S3-A.06	Höfken, A.	MR-C.02
Haas, P.	GD-A.03 , GR-P.01	Hofman, R.	SO-P.20
Haberkern, J.	S2-B.02, S2-P.06	Holst, J.	UI-B.03
Hadziioannou, C.	GO-P.01	Hölz, S.	MR-P.02
Hadziioannou, C.	SO-P.04	Homuth, B.	GF-P.01
Hagedorn, D.	MR-P.07	Hönerloh, A.-K.	AG-P.01
Hagemann, J.	MR-C.03	Hoogestraat, D.	S1-P.01
Hainzl, S.	SO-A.02	Hoppenbrock, J.	GE-A.03, GE-P.10
Halisch, M.	GE-A.05 , GO-A.02	Hördt, A.	EM-P.02, EM-P.08, GE-P.04, GE-P.06, GE-P.13, S2-A.02 , S3-P.05
Hamilton, V.	S3-A.04	Hornbruch, G.	S2-A.05, UI-P.04
Hammer, H.	GF-A.02	Haupt, L.	SM-A.04
Han, X.	EM-P.02, EM-P.08	Hoven, D.	EM-B.02
Hannemann, K.	GO-P.01, SO-P.21	Hu, L.	GE-P.01
Harada, N.	MR-C.03	Hübscher, C.	MR-B.03, VU-A.01
Haroon, A.	MR-P.02	Huhn, K.	MR-P.04, S1-A.06, S1-P.03
Harris, R.	S4-A.03	Huisman, J. A.	UI-P.02
Hartsch, K.	AG-A.01	Hupe, P.	SO-P.07
Haruzi, P.	EM-B.03	■ Ibraheem, I.	MA-A.03
Hauck, C.	S3-A.05	Ibs-von Seht, M.	UI-A.03, UI-A.05, UI-P.08
Heimann, S.	S1-P.02, S3-B.01, SO-A.01, SO-P.15	Igel, H.	SO-A.06
Heinicke, J.	SO-P.11	Igel, J.	EM-B.01 , UI-A.01
Heinig, T.	UI-P.01	Iguchi, M.	VU-A.02, VU-A.03
Heinloo, A.	S1-B.01	Irmisch, P.	S1-A.02
Heinze, T.	S2-P.04	Iwaszczuk, D.	GF-P.01
Heise, W.	EM-A.06	■ Jackisch, C.	UI-B.01
Held, P.	MR-B.02	Jaksch, K.	SM-P.01
Hemmens, E.	GE-P.12 , GE-P.12 , UI-A.04	Jegen, M.	MR-P.02
Hendricks, S.	EM-A.01, S3-A.06	Jenner, A.-K.	UI-A.01
Henjes-Kunst, K.	SM-P.02	Jiang, X.	S1-B.01
Henk, A.	GF-P.01	John, T.	GD-A.05
Henke, S.	UI-B.02	Jones, B. M.	S3-P.02
Henry, C.	EM-P.09		

Juhlin, C.	SM-P.01	Kreith, D.	GE-A.02
Jung, P.	S2-A.05	Krentz, O.	SO-P.11
Jusri, T.	SM-A.04	Krüger, F.	SO-P.06, SO-P.14, SO-P.15, SO-P.21
■ Kallinich, N.	UI-P.11 , UI-P.12	Krüger, N.	GE-P.10
Kampmann, A.	SO-P.09	Krumpen, T.	EM-A.01
Käppler, R.	MA-P.01, SO-P.11	Krzepek, K.	GF-P.01
Karstens, J.	VU-A.01	Kück, J.	SM-P.01
Kasburg, V.	SO-P.10	Kuhlmann, J.	MR-P.04
Kass, A.	UI-A.02	Kühn, D.	SO-A.01
Kasten, S.	MR-A.02, MR-A.04, MR-C.02	Kühn, M.	MR-P.02
Kaul, N.	S2-P.02	Kühne, N.	SM-A.04
Keil, H.	MR-P.08, S2-B.02, S2-B04, S2-B05, S2-P.03, S2-P.05, S2-P.09, S2-P.11 , S2-P.12	Kukowski, N.	GD-P.01, MR-P.04, SO-P.10
Keil, S.	SO-B.03	Kummer, B.	SM-A.06
Keir, D.	S4-A.02	Kummerow, J.	SO-P.20
Keiser, F.	GE-P.05	Kusche, F.	GD-P.01
Kemna, A.	GE-P.02	Kutterolf, S.	S1-A.06
Kirk, H.	S3-A.02	■ Laag, C.	MA-P.02
Klahold, J.	S3-A.05	Lam, A.	MR-C.04
Klaucke, I.	MR-P.04	Lamy, F.	MR-C.03
Klaus, L.	SO-B.01	Latocha, M.	S1-B.02
Klein, E.	S1-B.03	Lay, V.	SM-A.03 , SM-A.05
Klemann, V.	S3-P.01	Leduc-Leballeur, M.	S3-P.03
Klitzke, P.	S3-P.04	Legler, M.	SM-P.04
Klitzsch, N.	GE-A.04, GE-P.05, MA-P.04, UI-P.07	Lehmann, L.	S1-B.01, S1-P.02
Klose, T.	EM-P.01, EM-P.03	Lehmann, P.	S2-P.07
Klotzsche, A.	EM-B.02, EM-B.03, EM-P.06	Lehr, J.	SO-P.15
Klügel, A.	MA-A.02	Lenz, K.-F.	MR-A.03, MR-A.05
Kluth, M.	GF-A.03	Leonhardt, R.	S1-B.02
Kniess, R.	AG-A.03, EM-P.14	Li, S.	S3-A.02
Knobloch, P.	GO-P.03	Licha, T.	S2-P.04
Koch, I.	EM-P.09	Lien, M. E.	S4-A.04
Koch, P.	GR-P.01	Limberger, F.	SO-A.04 , SO-A.05
Koedel, U.	UI-P.04	Limbrock, J. K.	GE-P.02
Kohl, T.	S2-A.04	Lin, C.-J.	SO-A.06
Kolditz, O.	S2-A.04	Lindenfeld, M.	S2-A.03, SO-A.05
Kolinsky, P.	SO-P.08	Liu, J.	MR-C.03
Kopp, H.	S1-A.01	Liu, S.	S4-P.01
Korn, M.	SO-P.21	Liu, S.	EM-P.02
Kosma, R.	GE-A.03	Liu, Z.	S4-A.05
Kotowski, P. O.	EM-P.13	Lizarralde, D.	S4-A.03
Kowalski, J.	S3-P.06	Löer, K.	SO-B.02
Kowalski, S.	S3-P.07, S3-P.08	Lohrberg, A.	MR-A.05, S2-P.02
Koyan, P.	EM-P.01 , EM-P.03	Lokmer, I.	SO-P.03
Krahn, H.	AG-A.03	López Comino, J. Á.	SO-A.01
Krastel, S.	MR-A.03, MR-A.05, MR-A.06 , S1-A.03, S1-A.06, S1-B.03, SM-P.01	Lorenz, H.	SM-P.01
Krauss, S.	S1-B.02	Lorenz, M.	GO-A.01
Krawczyk, C.	SM-A.02	Lorito, S.	S1-B.01
Krawczyk, C. M.	SM-P.05	Lösing, M.	S3-P.03
		Lu, E.	UI-A.01
		Lushetile, B.	EM-A.02, SM-P.04
		Lüth, S.	SM-P.05

■ Maaß, R.	GO-P.01	Muluneh, A.	S4-A.02
Macelloni, G.	S3-P.03	Mundel, L.	S2-P.01
Maestrelli, D.	S4-A.02	Mundl, J.	GF-A.03
Magnússon, E.	S3-B.01	Murthy, M. B.	S1-P.03
Majchczack, B. S.	EM-P.12	■ Nadolsky, C.	MR-C.02
Makris, J.	GD-A.06	Nagashima, K.	MR-C.03
Mallast, U.	UI-A.01	Nakamura, R.	S1-B.02
Marković, S.	MA-P.02	Negrete-Aranda, R.	S4-A.03
Märten, H.	UI-P.01	Nehring, F.	S2-P.02
Martín, C.	EM-P.09	Neto Araujo, M.	S4-B.02
Martin, T.	GO-P.01, UI-A.02 , UI-P.03 , UI-P.03	Neto Cavalcanti de Araujo, M.	S4-B.03
Matthiessen, J.	S3-P.07, S3-P.08	Neudert, M.	EM-A.01, S3-A.06
May, T.	S1-A.04	Neumann, F.	S4-A.03
Meesenburg, H.	GE-P.12, UI-A.04	Newsam, C.	MR-C.04
Meier, T.	SO-P.04, SO-P.05, SO-P.06, SO-P.08 , SO-P.09, SO-P.18, UI-P.05, UI-P.06	Ni, J.	EM-P.02 , EM-P.08
Mellage, A.	GE-P.05	Niederhuber, T.	SO-P.13
Melles, M.	EM-A.02, SM-P.04	Niederleithinger, E.	SM-A.03, SM-A.05
Mendoza, A.	UI-A.02	Nienhaus, H.	EM-A.02 , SM-P.04
Menzel, N.	UI-P.07	Ninnemann, L.	SM-P.06
Menzel, P.	GE-P.07, SO-P.11	Noell, U.	GE-P.12, UI-A.04 , UI-A.04
Merl, M.	S2-B.05 , S2-P.03, S2-P.09, S2-P.11	Nomicos, S.	AG-P.01
Mester, A.	EM-P.06, UI-P.02	Nomikou, P.	VU-A.01
Methe, P.	S2-P.07	Nordbeck, J.	UI-P.04
Metz, M.	S1-B.01, S1-P.02	Norden, B.	S2-A.01
Meyer, J.	AG-A.03	Nordsiek, S.	GO-A.02
Mezri, L.	S4-A.05 , S4-A.06	Nowaczyk, N.	MR-C.03
Mhmod, M.	S2-P.09	■ Obst, K.	SO-P.04
Milsch, H.	S2-A.04	Oelkers, P.	GE-P.11
Minio, V.	SO-P.03	Ogunleye, O.	S2-P.03, S2-P.05
Miramontes, E.	MR-A.01, MR-A.02, MR-A.04, MR-C.01	Oguro, A.	S2-P.03
Miramontes García, E.	S2-P.13	Ohlendorf, C.	S3-P.07 , S3-P.08
Mohr, C.	EM-P.12	Ohrnberger, M.	S1-B.01, S1-P.02, SO-P.14, SO-P.21
Montagner, J.-P.	SO-A.06	Oikonomou, D.	EM-P.07
Moorkamp, M.	GD-A.02	Oliveira-Santos, R.	S4-B.03
Moosdorf, N.	UI-A.01	Omlin, A.	S1-P.01, S2-P.10
Morales, N.	S2-B.03, S2-P.13	Oppermann, F.	EM-A.03
Mörbe, W.	EM-A.02, EM-P.11	Oraschewski, F.	EM-P.09
Morgan, J. P.	S4-P.01	Orpin, A.	MR-P.04
Mosher, D.	MR-A.03	Ottemoeller, L.	S4-A.04
Moss, G.	EM-P.09	Overduin, P. P.	S3-P.02
Möstl, C.	S1-B.02	Özmaral, A.	S2-P.06
Muhle, L. S.	EM-P.09	■ P. Poulidis, A.	VU-A.02
Müller, B.	SO-P.13	Paffrath, M.	SO-P.22
Müller, J.	SO-P.10	Papadopoulos, N.	EM-P.07
Müller, L.	UI-P.07	Papoulia, J.	GD-A.06
Müller, M.	MA-A.02	Parker, T.	S3-A.04
Müller, T.	MR-P.02	Parvaz, D.	GE-A.05
Müller-Petke, M.	EM-P.05, GE-B.02, GE-P.11, UI-A.01, UI-A.06	Pein, T.	S2-B.03
		Peña-Salinas, M.	S4-A.03

Pérez-Gussinyé, M.	S4-A.05, S4-A.06, S4-B.02, S4-B.03	Rücker, C.	AG-A.02
Phipps Morgan, J.	S4-B.02	Rudolf, M.	GF-P.01
Pick, L.	GE-A.01	Rudolph, B.	S2-A.04
Pickartz, N.	EM-P.12	Rühaak, W.	S2-A.04
Pilger, C.	SO-P.07	Ruhnau, M.	S2-P.11, S2-P.12
Pilot, M.	S4-A.04	Rümpker, G.	S2-A.03, SO-A.04, SO-A.05
Plenefisch, T.	SO-P.07	Rüpke, L. H.	S4-P.01
Plötz, A.	S2-P.02	Ruppel, A.	S3-P.04
Pohle, M.	UI-P.04	■ Saki, M.	SO-P.12
Polom, U.	SM-P.03	Salat, C.	UI-A.03
Poulidis, A. P.	VU-A.03	Samrock, F.	S4-B.01
Preine, J.	VU-A.01	Saraev, A.	EM-A.05
Preu, B.	S2-B04	Sardar Abadi, M.	MA-P.02
■ Queißer, M.	UI-P.01	Sass, I.	S2-A.04
■ Rabbel, W.	UI-A.01, UI-P.11, UI-P.12	Sass, K.	S1-A.06
Radaković, M.	MA-P.02	Schachinger, P.	S1-B.02
Radecker, S.	GE-A.03	Schafrik, W.	UI-B.03
Raghuram, G.	S4-B.02	Scharf, A.	SO-P.06
Rahmawan, Y. A.	S1-B.01	Scharnweber, M.	UI-P.06
Ramm, M.	UI-P.02	Schennen, S.	EM-B.01, UI-A.03
Ramos Córdova, C.	S2-P.03	Scheunert, M.	EM-A.06, GE-P.07, GE-P.09, S1-A.02
Ramos Cordova, C.	S2-P.05	Schiffler, M.	EM-A.04 , EM-P.10
Ramos Cordova, C. A.	S2-B04	Schill, E.	S2-A.04
Reeck, K.	MR-P.02	Schindler, D.	SO-P.16
Reilly, B.	MR-P.03	Schindwein, V.	S3-A.02 , S4-A.04
Reimers, C.	UI-B.02	Schmäck, J.	EM-B.03
Rein, N.	SO-P.21	Schmalholz, S.	GD-A.05
Reinhardt, L.	S3-P.04	Schmalzl, J.	EM-P.13
Reiss, M.	S1-B.02	Schmidt, M.	MR-P.02
Rentsch, S.	SM-P.06	Schmidt, V.	AG-P.01 , EM-P.04, MA-P.03
Richter, C.	AG-A.01	Schmidt-Aursch, M.	S3-A.02, S3-B.02
Richter, H.	SM-A.02	Schmitt, L.	S1-A.02
Richter, T.	S2-P.07	Schmitz, B.	GF-A.01
Richter, V.	EM-P.09	Schmoldt, J.-P.	GO-P.02 , GO-P.02
Rietbrock, A.	GR-A.01	Schnabel, M.	MR-B.01, S3-P.04
Rink, K.	S2-A.04	Schneider von	
Rische, M.	SO-P.13	Deimling, J.	MR-A.05, MR-B.02
Ritter, J.	S2-A.06	Scholze, M.	SM-A.01 , SM-A.04
Rochlitz, R.	EM-A.03, EM-A.04, EM-P.10, EM-P.11	Schönhuber, M.	S1-B.02
Roessner, S.	S3-B.01	Schönke, M.	MR-A.06
Rohde, J.	EM-A.01	Schörner, E.	SM-A.01, SM-A.04
Rollwage, L.	S1-A.03	Schreiber, K. U.	SO-A.06
Römer-Stange, N.	MR-P.06, S2-B04, S2-B05, S2-P.03 , S2-P.09, S2-P.11	Schubert, J.	UI-P.01
Römhild, L.	GE-P.01	Schuck, A.	SM-A.06
Ronczka, M.	EM-A.03	Schulte- Kortnack, D.	UI-P.05
Ronczka, M.	UI-A.01	Schulte-Kortnack, D.	SO-P.04, UI-P.06
Roß, O.	SO-P.07	Schulz, R.	GE-P.06
Rosas, S.	AG-A.01	Schwalenberg, K.	GO-P.01
Rothe, T.	UI-P.01	Schwardt, M.	SO-B.01
		Schwarz, B.	S2-B04
		Schwarze, C.	MR-P.04
		Schwarze, C. O.	GD-P.01

Schweitzer, J.	S3-B.03	Sugand, M.	GE-P.04, S3-P.05
Schweitzer, S.	S1-B.02	Süsser-Rechberger, B.	S1-B.02
Schwenk, T.	MR-A.02, MR-A.04, MR-P.03	Sutherland, R.	MR-C.04
Schwind, S.	MA-P.03	Symons, G.	EM-P.13
Seidel, A. L.	S2-P.10	Szwillus, W.	GD-A.01 , GD-A.03, S3-A.03, SO-P.16
Seidel, E.	MR-B.03		
Seidel, M.	MR-P.01		
Semmler, M.	GO-A.01	■ Takishita, K.	VU-A.02 , VU-A.03
Semper, P.	EM-A.06	Tanner, D.	SM-P.03
Shao, H.	S2-A.04	Tchantcho Amin	
Shlykov, A.	EM-A.05	Tazifor, M.	UI-P.02
Siemann, L.	S2-B.03	Tema, E.	MR-C.04
Siemon, B.	UI-A.03, UI-A.05 , UI-P.08	Temmer, M.	S1-B.02
Sierra Lombera, G.	S2-B.02	Teske, A.	S4-A.03
Silva Jacinto, R.	MR-A.01	Tezkan, B.	EM-A.02, EM-A.05, MA-A.03
Simon, F.-X.	EM-P.07	Thiede, A.	EM-P.10, EM-P.11 , EM-P.11
Simson, A.	S3-P.06	Thiede, R.	S1-P.04
Sippl, C.	GD-A.05 , S1-A.03	Thiel, C.	SO-P.19
Skibbe, N.	GE-B.01, GE-B.02 , GE-P.11	Thiele, A.	GF-A.02
Smirnova, M.	EM-A.05	Thielmann, M.	GD-A.04
Smith, P.	SO-P.03	Thomas, C.	SO-P.12
Sneeuw, N.	GR-A.02	Thorwart, M.	UI-P.11, UI-P.12
Sokolkova, E.	MR-A.05	Tolksdorf, P.	EM-P.13
Sonnabend, L.	MA-P.01	Treppke, H.	EM-P.10
Sonntag, M.	GE-P.09 , S1-A.02	Tronicke, J.	EM-P.01, EM-P.03, S3-P.02, UI-B.01
Sortan, S.	SM-A.04		
Spelz, R.	S4-A.03	Tudor, M.	UI-P.01
Spies, T.	SO-P.19	Turck, R.	AG-A.02
Spieß, V.	MR-P.06, S2-B.04, S2-B.05, S2-P.03, S2-P.05, S2-P.11, S2-P.12, S2-P.13		
		■ Uhlmann, S.	S3-A.04
Spieß, V.	MR-A.02, MR-A.04, MR-P.03, MR-P.08 , S2-B.02, S2-P.09	Ullrich, B.	AG-A.02 , AG-A.03 , EM-P.14
		Ulrich, F.	GE-P.04 , S3-P.05
Spitzer, K.	EM-A.06, UI-P.10	Unland, E.	MR-A.02
Splith, T.	EM-P.05, UI-A.06	Unnithan, V.	S1-A.02
Stadler, S.	EM-B.01	Urlaub, M.	S1-A.01 , S1-A.03, S1-B.03
Stadler, S.	GE-P.12, UI-A.04	Usbeck, R.	S2-P.02
Stadtschnitzer, A.	UI-P.01		
Starke, J.	SO-P.14	■ Van De Vijver, E.	GE-B.03
Steffen, H.	MR-B.03	van der Kruk, J.	EM-B.03
Steffen, R.	MR-B.03	van Laaten, M.	SO-A.03
Stein, O.	S1-P.04	Van Noten, K.	SO-P.19
Steinbeck, L.	EM-P.06	van Waasen, S.	EM-P.06, UI-P.02
Steinberg, A.	SO-P.07, SO-P.19	Vandemeulebrouck, J.	SO-P.02
Stender, M.	S2-B.01	Vanderborght, J.	EM-B.03
Stephan, S. M.	UI-B.01	Ventin Varela, P.	S4-B.03
Steuer, A.	EM-P.11	Vereecken, H.	EM-B.02, EM-B.03
Stevenson, C.	MR-A.03, MR-A.06	Vernon, F.	SO-A.06
Stolz, R.	EM-A.04, UI-A.06	Veronig, A.	S1-B.02
Straßburger, C.	MR-B.02	Victor, P.	S1-A.01
Stratford, W.	MR-C.04	Vignoli, G.	EM-P.03
Strollo, A.	S1-B.01	Vinnepand, M.	MA-P.02
Stutzmann, E.	SO-A.06	Virgil, C.	GO-P.02, MA-A.01 , S2-A.02
Sudhaus, H.	S1-A.03, S1-A.04, S1-A.05 , S1-P.01, S1-P.04, S2-P.10	Višnjević, V.	EM-P.09
		Vlzos, S.	AG-P.01
		Vollmer, D.	SO-P.21

von Dobeneck, T.	MA-A.02 , MR-C.02, MR-C.04	Zibulski, E.	GE-A.04
von Rönn, G. A.	MR-A.03	Ziehl, A.	UI-P.05
von Unwerth, P.	GE-P.13	Zimmermann, E.	EM-P.06, UI-P.02
Vrekoussis, M.	VU-A.03	Zimmermann, G.	S2-A.04
■ Wackerle, R.	UI-B.03	Zöllner, H.	AG-A.03, EM-P.14
Wadas, S. H.	SM-P.03	Zuccarello, L.	SO-P.03
Wagner, F.	MA-P.04, S3-A.05	Zürn, W.	GR-A.01, GR-A.02, SO-P.17
Wagner, F. M.	UI-P.07		
Walter, J.	EM-P.03		
Wansing, A.	S3-A.01		
Warnke, F.	MR-A.04		
Wassermann, J.	SO-A.06, SO-B.03		
Watt, S.	S1-A.06		
Weber, M.	SO-P.03		
Weber, S.	SM-P.02		
Wegler, U.	SO-A.03		
Weidle, C.	SO-P.04, SO-P.05, SO-P.06		
Weiler, T.	SO-P.18		
Weit, S.	GE-P.08 , S1-A.02		
Weller, A.	AG-A.01 , GE-A.02, GE-P.03		
Wenau, S.	S2-B.02, S2-B04, S2-P.03, S2-P.06		
Wendel, M.	AG-P.01		
Werban, U.	S2-A.05, UI-P.04		
Werpup Oguro, A.	S2-B.03		
Westerhold, T.	MR-C.04		
Wetzel, M.	AG-A.03		
Weymer, B. A.	MR-P.02		
Widmer-Schnidrig, R.	GR-A.02, SO-P.17		
Wiesenberg, L.	SO-P.06, SO-P.09		
Wilckens, H.	MR-A.01		
Wilcock, W.	S3-B.02		
Wilken, D.	EM-P.12, UI-A.01		
Wirp, S. A.	SO-P.12		
Woith, H.	SO-P.11		
Wu, S.	MR-C.01		
Wunderlich, T.	EM-P.12, UI-A.01		
Wünnemann, K.	GR-P.01		
Wüstner, P.	UI-P.02		
Wuttke, M.	S2-P.08		
■ Xie, W.	S1-B.01		
■ Yamato, P.	GD-A.04		
Yin, C.	EM-P.02, EM-P.08		
Yogeshwar, P.	EM-A.02, EM-A.05, EM-P.11, SM-P.04		
■ Zaccarelli, R.	S1-B.01		
Zamani, N.	S2-P.01		
Zeckra, M.	SO-P.19		
Zeeden, C.	MA-P.02		
Zhang, Z.	GE-A.02, GE-P.03		