



**82. Jahrestagung
Deutsche Geophysikalische
Gesellschaft
07.–10. März 2022 in München (online)**



TAGUNGSBAND



**LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN**

Herzlich Willkommen zur 82. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft!

Vor 100 Jahren wurde die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft ins Leben gerufen! Was für eine Ehre, dass wir Münchner dieses Jubiläum zusammen mit der Organisation der Jahrestagung 2022 durchführen dürfen! Auch wenn wir alle hungrig nach Präsenzveranstaltungen, dem direkten professionellen Austausch, und den so wichtigen zufälligen Begegnungen am Rande sind, hat uns Covid diesen Gefallen leider nicht getan.

Trotzdem ist die virtuelle Bühne bereit für Studien in allen Bereichen der Geowissenschaften und angrenzenden Gebieten, welche sich der geophysikalischen Methoden und Daten bedienen. Jungen Wissenschaftler/innen soll wieder die Möglichkeit gegeben werden, ihre Arbeiten (vielleicht erstmals) einem größeren Publikum zu präsentieren, aber auch renommierte Geophysiker/innen werden über ihre Studien referieren.

Die Geowissenschaften sind heute geforderter denn je. Über die Grundlagenforschung hinaus gilt es, die Dynamik unseres (und anderer) Planeten im Gesamten zu verstehen, den immer größeren Datenreichtum zu nutzen, Entwicklungen früh zu erkennen und zu reagieren. Dazu gehören die Interaktion des Klimawandels mit der festen Erde, das Verständnis und die Vorhersage von Naturkatastrophen, sowie die Erforschung erneuerbarer Energiequellen.

Mit unseren Schwerpunktthemen wollen wir diesen Entwicklungen Rechnung tragen. Die rapiden Fortschritte im Bereich „Data Science“ und Höchstleistungsrechnen spielen für unsere Wissenschaft eine immer größere Rolle. Dazu kommen Innovationen der Beobachtungsinfrastrukturen, -technologien, und -netzwerke. Auch mit lokalem Bezug wird die „Geothermie“ ein Schwerpunkt sein, ergänzt durch das Thema Naturkatastrophen. Diese Themen werden ergänzt durch einen Plenarvortrag über die so spannenden Ergebnisse der „INSIGHT“ Mission zum Mars.

Das wissenschaftliche Programm wird wiederum bereichert durch zahlreiche Firmen und Aussteller, die mit ihrer Teilnahme zum Erfolg der Tagung wesentlich beitragen!

Wir wünschen ein spannendes, bereicherndes Meeting!

Heiner Igel und das Organisationsteam

INHALTSVERZEICHNIS

Tagungsorganisation	
Veranstalter/ Ausrichter/ Tagungsbüro	5
Lokales Organisationsteam/ Kontakte	7
Allgemeine Hinweise	9
Mitgliederversammlung DGG – Einladung/ Tagesordnung	11
Schwerpunktthemen	13
Sessionübersicht	14
Sponsoren und Firmenaussteller	16
Hinweise zu Vorträgen und Postern	17
Veranstaltungen	18/19
Übersicht Tagungsprogramm	20/21
Programm	
Montag, 07. März 2022	22-27
Dienstag, 08. März 2022	28-33
Mittwoch, 09. März 2022	34-36
Donnerstag, 10. März 2022	37-40
Abstracts	
Plenarvortrag 1	41
Plenarvortrag 2	42
Plenarvortrag 3	43
Plenarvortrag 4	44
Plenarvortrag 5	45
ESC1 – Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen	46-49
ESC2 – Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen	50-53
ESC3 – Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen	53-55
ESC4 – Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen	56-58
ESC5 – Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen	59-49
PS-A – Postersession A	62-94
PS-B – Postersession B	95-113
PS-C – Postersession C	114-146
PS-D – Postersession D	147-164
PS-E – Postersession E	165-188
PS-F – Postersession F	189-206
PS-G – Postersession G	207-223
Autorenindex	224-229



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

GUIDELINEGEO

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

Vertriebspartner der Guideline Geo | ABEM

ABEM

WalkTEM 2

Faster groundwater, mineral and environmental surveys

The ABEM WalkTEM 2 is a user-friendly, rapid survey solution that can provide precise resistivity models directly in the field for the search, mapping and monitoring of groundwater, mineral deposits, and environmental change.



Terraloc Pro 2
Seismic surveying



Terrameter LS 2
Resistivity and IP surveying



ABEM WalkTEM 2

FULL RANGE AT CDMSMITH-GGEO.DE

MALÅ

Easy Locator Core

World's First Intelligent GPR Solution

MALÅ Easy Locator Core includes the best data quality on the market, real-time interpretation support through MALÅ AI; wireless data collection using mobile devices; cloud storage, post-processing and on-site reporting using MALÅ Vision.



Try MALÅ AI in
MALÅ Vision for FREE!



MIRA HDR
Large scale 3D GPR mapping



MALÅ Easy Locator Core

FULL RANGE AT GUIDELINEGEO.COM

Contact

CDM Smith Consult GmbH
Ingersheimer Str. 10 | D-70499 Stuttgart | Tel.: +49 (0)711 83076-0 | stuttgart@cdmsmith.com

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

82. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft in München, 07. – 10. März 2022

Tagungsort	Ludwig-Maximilians-Universität München Theresienstraße 41 80333 München
Webseite	https://dgg2022.dgg-tagung.de/
Veranstalter	Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V. Geschäftsstelle: Dr. Katrin Schwalenberg Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Stillweg 2, 30655 Hannover Telefon: (0511) 643-2718 E-Mail: geschaeftsfuehrung@dgg-online.de Website: https://dgg-online.de/
Ausrichter	Ludwig-Maximilians-Universität München Department für Geo- und Umweltwissenschaften Theresienstraße 41 80333 München Telefon: +49 89 2180-4226 E-Mail: dgg2022@geophysik.uni-muenchen.de Website: https://www.geophysik.uni-muenchen.de/
Eventmanagement	WITAGO - Agentur für Kongress- und Eventmanagement Kerstin Biegemann Quintschlag 37, 28207 Bremen Telefon: +49 (0)421 48 543 526 (Büro) +49 (0)176 20 736 349 (vor Ort) E-Mail: dgg2022@witago.com Website: www.witago.com

**LOW DATA NOISE,
HIGHLY ACCURATE,
EASY TO USE.
TESTED.
PROVEN.**

HIGH-QUALITY GEOPHYSICAL TOOLS,
SOFTWARE, & TECHNICAL SUPPORT



 **AGI** *Advanced
Geosciences, Inc.*

★★ Over 30 Years Of Excellence ★★

www.agiusa.com | sales2@agiusa.com

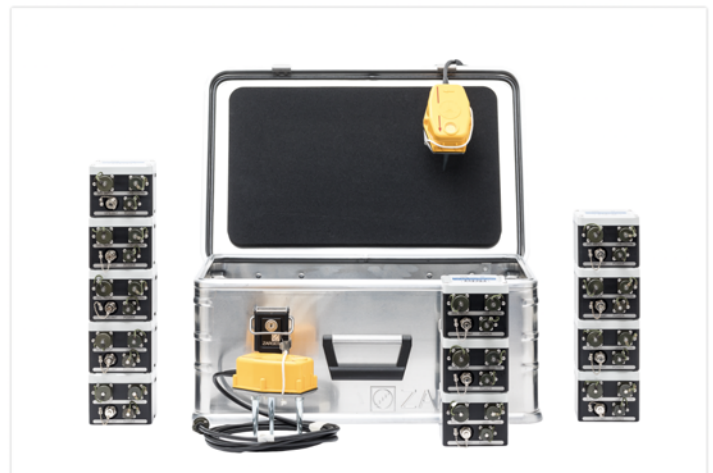
USA OFFICE

Phone: +1 512.335.3338

Fax: +1 512.258.9958

EUROPEAN OFFICE

Phone: +34 913.056.477



**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 über 40 Ländern für seismische oder artverwandte Messungen eingesetzt.

DiGOS

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

LIAG Leibniz Institute for
Applied Geophysics



LOKALES ORGANISATIONSTEAM/KONTAKTE

Tagungsleitung	Heiner Igel Joachim Wassermann dgg2022@geophysik.uni-muenchen.de
Wissenschaftliches Programm	Max Moorkamp moorkamp@geophysik.uni-muenchen.de Bernhard Schuberth bernhard@geophysik.uni-muenchen.de
IT, studentische Hilfskräfte	Jens Oeser oeser@geophysik.uni-muenchen.de Michael Eitel eitel@geophysik.uni-muenchen.de
Firmenausstellung/Sponsoring	Felix Bernauer Fabian Lindner dgg2022-firmen@geophysik.uni-muenchen.de
Tagungsband	Sabrina Keil sabrina.keil@geophysik.uni-muenchen.de
Website, SpatialChat	Andreas Brotzer brotzer@geophysik.uni-muenchen.de
Tagungsbüro	Kerstin Biegemann dgg2022@witago.com
Studentischer Abend	Andreas Brotzer brotzer@geophysik.uni-muenchen.de
Meet & Greet	Aljona Blöcker abloecker@geophysik.uni-muenchen.de
Studentische Hilfskräfte	Hannah Plötz Hannah.Ploetz@geophysik.uni-muenchen.de Josephin Rieger Josephin.Rieger@geophysik.uni-muenchen.de Katharina Maetschke Katharina.Maetschke@geophysik.uni-muenchen.de Moritz Urban moritz.urban@geophysik.uni-muenchen.de Janina Moser Janina.Moser@geophysik.uni-muenchen.de

PEGASUS PORTABLE DATA ACQUISITION ECOSYSTEM

- Feature-rich ecosystem for planning, managing and scaling portable deployments.
- Optimized workflows increase efficiency, scale and provide outcome certainty.
- Quick and easy to configure and deploy stations.
- Minimize station Infrastructure, minimize field effort.
- Delivers ready to analyze, complete data sets.
- Flexible integration with support for a wide range of seismometers, sensors and power options.
- Broadband performance with ultra low SWaP.
- Purpose-built variants for land, ocean, and polar deployments.

LEARN MORE

Visit IGM Poster A-310



Ingenieurgesellschaft für Geophysikalische Messtechnik
mbH www.igm-geophysik.de | info@igm-geophysik.de
Beratung | Service | Vertrieb

1

Plan, Manage & Remotely Monitor



2

Configure & Deploy



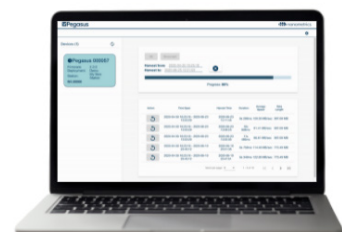
3

Service



4

Harvest



Allgemeine Hinweise

TAGUNGSgebÜHREN

	Ermäßigt (bis 21.01.2022)	Voll (bis 18.02.2022)	Late & On-Site (ab 19.02.2022)
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* Arbeitslose, Elternzeit	80€	95€	150€
Gesellschaftsabend Nicht-Junior/innen	45€	45€	45€
Junioren/innen*	25€	25€	25€
Begleitperson	60€	60€	60€
Tageskarte	180€	180€	180€

*Junior/innen sind am 7.03.2022 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 von Hochschulen.

Für Stornierungen bis zum 18.02.2022 (E-Mail an dgg2022@geophysik.uni-muenchen.de) wird von Witago eine Gebühr von 30€ erhoben. Bei Stornierungen nach dem 18.02.2022 besteht kein Anspruch auf Rückerstattung der Tagungsgebühren.



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)

T:V NORD GROUP

Earth. Insight. Values.

GEOSYM

UNTERSUCHUNGEN

OBERFLÄCHENNAH UND HOCHAUFLÖSEND

mit dem Electrodynamic
Vibrator System EIViS VII

Gesamtgewicht
ca. 130 kg

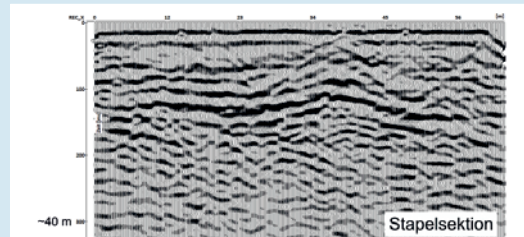
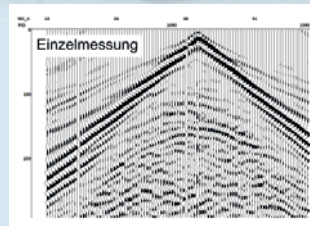
Gewicht
ca 32 kg (Quelle)

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



GEOPHYSIKALISCHE MESSSYSTEME www.geosym.de

Allianz



Einladung zur Mitgliederversammlung

Am **Mittwoch, den 09. März 2022** findet im Rahmen unserer 82. Jahrestagung im 100. Jubiläumsjahr der DGG von **16:00 bis ca. 18:00** Uhr die Mitgliederversammlung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) e.V. statt.

Aufgrund der anhaltenden Pandemie-Bedingungen und der damit verbundenen Hygiene- und Abstandsregeln muss die Mitgliederversammlung als **rein virtuelle Veranstaltung** stattfinden. Der Link für den Livestream zur Teilnahme an der Mitgliederversammlung sowie kurzfristige Änderungen im Tagungsprogramm werden rechtzeitig auf der Tagungswebseite und auf der DGG-Webseite bekanntgegeben.

Tagesordnung für die Mitgliederversammlung:

- TOP 1: Begrüßung, Feststellung der fristgerechten Einberufung und der Beschlussfähigkeit
- TOP 2: Genehmigung der Tagesordnung
- TOP 3: Genehmigung des Protokolls der Mitgliederversammlung vom 3. März 2021, online
- TOP 4: Bericht des Präsidenten
- TOP 5: Bericht der Geschäftsführerin
- TOP 6: Bericht des Schatzmeisters
- TOP 7: Bericht der Kassenprüfer und Kassenprüferinnen und Entlastung des Schatzmeisters
- TOP 8: Bericht zum Geophysical Journal International
- TOP 9: Bericht der „Rote-Blätter“- und der GMIT-Redaktion
- 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 aus den geowissenschaftlichen Gesellschaften
- TOP 13: Aussprache
- TOP 14: Entlastung des Vorstands
- TOP 15: Protokollarische Feststellung des Vorstands
- TOP 16: Wahl der Kassenprüfer und Kassenprüferinnen
- TOP 17: Anträge und Beschlüsse
- TOP 18: Verschiedenes



Leibniz-Rechenzentrum
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

LEIBNIZ - RECHENZENTRUM

IHR DIGITALISIERUNGSPARTNER
FÜR DIE WISSENSCHAFT

WIR BIETEN INFRASTRUKTUREN, SERVICES & BERATUNG:

www.lrz.de



SUPERCOMPUTING



DATENHALTUNG



CLOUD-LÖSUNGEN | VIRTUELLE MASCHINEN



VIRTUAL REALITY



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ | QUANTUM COMPUTING



MÜNCHNER WISSENSCHAFTSNETZ (MWN)

SCHWERPUNKTTHEMEN

S1: Data Science und Höchstleistungsrechnen - Motor neuer Entdeckungen in der Geophysik

Conveners: Alice Gabriel (LMU), Alex Breuer (Jena), Michael Bader (TUM)

Die Simulation geophysikalischer Prozesse ist heute elementarer Bestandteil des wissenschaftlichen Arbeitens. In vielen Bereichen sind die erforderlichen Rechenzeiten enorm und lassen sich nur über parallelisierte Software realisieren. Mit zunehmender Heterogenität der Computersysteme wird die Entwicklung und Pflege von performanter, skalierender Software immer schwieriger und erfordert enge Kooperation mit Informatik und den Supercomputerzentren. Darüber hinaus finden immer mehr Methoden aus dem Bereich Machine/Deep Learning Einsatz in der Geophysik in Bereichen in denen sehr große Datenvolumina vorhanden sind und Probleme mit Erkennungsverfahren gelöst werden können. Auch bei Inversionsproblemen kommen diese Verfahren bereits zum Einsatz. In dieser Session sollen Entwicklungen und geophysikalische Anwendungen im Bereich High-Performance Computing und Data-Science in der Geophysik diskutiert werden.

Plenarvortrag: Greg Beroza (Stanford University)

S2: Langzeitbeobachtungen in der Geophysik vom Untergrund bis zum Welt- raum: Instrumente, Methoden und Erkenntnisse

Conveners: Stuart Gilder (LMU), Nina Kukowski (FSU Jena), Roland Pail (TUM), Thomas Klügel (BKG)

Lange Zeitreihen terrestrischer Signale, wie Deformationen (Bodenbewegungen), Schwere, Magnetfeld, Temperatur, chemische Signale, liefern die Schlüssel zu den Prozessen des Erdsystems vom Kern bis zur Atmosphäre und darüber hinaus. Jüngere Entwicklungen – auch im Bereich Satellitenmissionen – vereinfachen Beobachtungen über immer größere Raum- und Zeitskalen. Diese Session lädt Studien ein, die sich mit kontinuierlichen, Langzeitbeobachtungen beschäftigen. Fortschritte im Bereich Instrumentierung, Datenanalyse und –interpretation sind ebenfalls willkommen. Ziel ist es Diskussionen zur Erfassung, Erhaltung, und Verteilung von langjährigen Beobachtungen über Disziplinen hinweg anzuregen.

Plenarvortrag: Hermann Lühr (GFZ Potsdam)

S3: Geothermie – Geophysik der Prozesse einer attraktiven Energiequelle

Conveners: Sabrina Keil (LMU), Thomas Braun (INGV), Maximilian Keim (TUM)

In mehreren Regionen entwickelt sich die Geothermie als wesentlicher Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung. Trotz intensiver Forschung gibt es noch zahlreiche offene Fragen bezüglich der strömungsmechanischen Prozesse, der Reaktion der Gesteinsmatrix auf kurzen und langen Zeitskalen, der Einfluss der Produktionsparameter, bis hin zur Quantifizierung möglicher induzierter Seismizität. In dieser Session sollen die geophysikalischen Prozesse der Geothermie beleuchtet werden.

Plenarvortrag: Geoffrey Giudetti (ENEL)

S4: Naturkatastrophen – Prozesse, Vorhersagbarkeit, Frühwarnung

Conveners: Elena Kronberg (LMU), Aljona Blöcker (LMU), Martin Käser (MuRe), Torsten Dahm (GFZ), Ulrich Küppers (LMU)

Die Geophysik spielt bei vielen Naturkatastrophen (Erdbeben, Tsunamis, Vulkanausbrüche, Space Weather, Hangrutschungen, etc.) eine zentrale Rolle bei Beobachtung, Prozessverständnis, Vorhersage und Frühwarnung. In dieser Session soll über Fortschritte in allen diesen Bereichen sowie der Beobachtungsinfrastruktur (neue Strategien) referiert werden.

Plenarvortrag: Yuri Shprits (GFZ Potsdam)

Sondervortrag (vorher öffentlicher Abendvortrag):

Einblicke in das Innere des Mars: Ergebnisse der NASA-Mission InSight

Dr. Ana-Catalina Plesa (DLR, Berlin)

SESSIONÜBERSICHT

PV	Plenary Lectures	GS	History of Geophysics
AR	Archaeogeophysics	GT	Geothermy / Radiometry
BL	Borehole Geophysics	MA	Magnetics / Earth Magnetism
DT	Didactics and Training	MG	Marine Geophysics
EM	Electromagnetics / Georadar	MI	Modeling and Imaging
EX	Extraterrestrial Physics	ND	Non-destructive Testing
GF	Geodesy / Remote Sensing	SE	Seismics
GD	Geodynamics	SO	Seismology
GE	Geoelectrics / Induced Polarisation	UI	Engineering and Environmental Geophysics
GO	Geophysics in Public / Outreach	VO	Volcanology
S1	Data Science und Höchstleistungsrechnen - Motor neuer Entdeckungen in der Geophysik		
S2	Langzeitbeobachtungen in der Geophysik vom Untergrund bis in den Weltraum: Instrumente, Methoden, Erkenntnisse		
S3	Geothermie - Geophysik der Prozesse einer attraktiven Energiequelle		
S4	Naturkatastrophen - Prozesse, Vorhersagbarkeit, Frühwarnung		

NEU



LG-1 Galileo Land Gravimeter



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



MagArrow UAS-Enabled Magnetometer

- Geringes Gewicht: 1 Kg
- Komplett-System: GPS, IMU, Speicher und WLAN an Bord.
- Sample Rate: 1000 Hz, synchronisiert mit GPS 1PPS
- Noise/Sensitivity: 0.005nT/ $\sqrt{\text{Hz}}$ rms
- QC im Gelände: Web-Interface/Browser
- Low Power: >2 Stunden mit Li-Polymer Akku (hot-swappable)



WIR BIETEN:

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

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

The new dimension in seismology.



Based on Fiber-Optic Gyroscope technology, the blueSeis product line, now gives the possibility to explore rotational ground motions, thanks to rotational seismometers (1 to 3 axes).

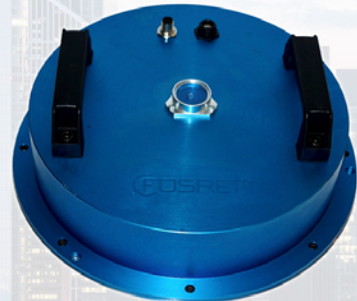
ixblue
www.ixblue.com

FOSREM Lange
electronic

Multipurpose Earth & Space Ultra Sensitive Photonic Sensor

Seismograph

for seismological investigations of dangerous rotary effects, protecting people and complex civil structures



3-Axial Gyroscope

for autonomous vehicles & space industry, from calibration to inertial navigation & angle metering

www.lange-electronic.com - +49-8142-284582-0

Sponsoren und Firmenaussteller

Wir bedanken uns bei Ihnen!

Advanced Geosciences Europe S.L.

Allianz RE

Allied Associates Geophysical GmbH

CDM Smith Consult GmbH

DiGOS Potsdam GmbH

DMT GmbH & Co. KG

Geosym GmbH

GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH

IGM GmbH / Nanometrics Inc

iXblue

Lange-Electronic GmbH

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik - LIAG

Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)

NTK Diogen

Hinweise zu Vorträgen und Postern

Tagungsprogramm

Während der Tagung wird es ein digitales Programm geben mit Informationen zu den Postern (samt Abstracts), den Vorträgen und den Ausstellern.

Poster

Der Schwerpunkt wird, aufgrund des Online-Formats der Tagung, auf den täglichen Postersessions liegen, die durch 1-minütige Kurzvorträge ergänzt werden. Jede Postersession wird durch diese Kurzvorträge zu den Postern in der Lecture Hall (Plenarraum) der virtuellen Konferenzräume von SpatialChat eingeleitet. Anschließend werden sich die Teilnehmenden auf die zugehörigen Posterräume (4 Poster pro Raum) verteilen, um hier unter Ausnutzung der Darstellungsoptionen von SpatialChat einen wissenschaftlichen Diskurs zu ermöglichen.

Vorträge

Neben den Postersessions gibt es eine begrenzte Anzahl von mündlichen Vorträgen (15 min Vortrag + 5 min Fragen) für die Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler nominiert wurden. Diese Vortragssessions werden nach Möglichkeit thematisch zusammengefasst.

Bewertung der Vorträge/Poster

In der Abschlussveranstaltung der Tagung werden Preise für die besten Vorträge und Poster junger Autorinnen und Autoren (bis 31 Jahre) vergeben.

Die Bewertung der Beiträge erfolgt über die Tagungswebseite. Jeder Teilnehmer kann Beiträge bewerten. Zusätzlich kann direkt unter dem Beitrag eine Rückmeldung an die Autorin/den Autor gegeben werden.

Veranstaltungen

Eröffnungsveranstaltung

Die feierliche Eröffnungsveranstaltung der DGG Tagung 2022 findet am Montag, den 07. März 2022 von 09:00 – 10:30 Uhr in der Lecture Hall der virtuellen Konferenzräume von SpatialChat statt.

Eröffnung der Firmenausstellung

Die Firmenausstellung beginnt am Montag, den 07. März direkt im Anschluss an die Eröffnungsveranstaltung (ca. 10.30 Uhr). In unserem 30-minütigen „Company Slam“ am Ende der Eröffnungsveranstaltung haben die ausstellenden Firmen die Möglichkeit sich in einer ein- bis zwei-minütigen Präsentation vorzustellen.

Studentischer Abend

Der studentische Abend findet am Montag, den 07. März 2022, ab 19:30 Uhr auf der virtuellen Plattform Gather Town statt und wird wie üblich durch die örtlichen Studierenden organisiert. Für die Teilnahme am studentischen Abend ist eine gesonderte Anmeldung bei der Registrierung erforderlich.

Breakfast Kaffee

Diese erste, morgendliche Kaffeepause kann als Start in den Tagungstag und zur Begegnung genutzt werden. Überdies wird es eine kurze, technische Übersicht zum Umgang mit der online Plattform SpatialChat geben. Wenn es während der Tagung zu technischen Problemen kommt, gibt es einen Help-Desk um technische Fragen zu klären.

Meet & Greet Frühstück für Wissenschaftlerinnen

Das Meet & Greet wird am Mittwoch, den 09. März 2022 von 08:00 - 09:30 Uhr stattfinden. Wir treffen uns auf SpatialChat im Meet & Greet - Cafe. Die Zugangsberechtigung zum Raum erhaltet ihr rechtzeitig im Vorfeld per E-Mail. Aufgrund der großen Resonanz beim letztjährigen Meet & Greet ist das Schwerpunktthema dieses Jahr: Sexuelle Belästigung. Für die Teilnahme ist eine gesonderte Anmeldung bei der Registrierung erforderlich.

Dazu haben wir zwei hervorragend geeignete Referentinnen gewinnen können:

- Mirjam Spies vom Frauennotruf München wird uns mit einem interaktiven Impulsvortrag praktische Aspekte zum Thema nahebringen. Dabei geht es vor allem um die „Drei W’s“: WAS ist sexuelle Belästigung? WO fängt sie an? WIE kann ich mich wehren?
- Frau Dr. Margit Weber wird Frau Spies hierbei unterstützen. Sie ist seit 2006 die Frauenbeauftragte der LMU München und wird uns praktische Tipps und Handlungsmöglichkeiten aus Hochschulsicht vermitteln.

Öffentlicher Abendvortrag

Entfällt. Der Vortrag „Einblicke in das Innere des Mars: Ergebnisse der NASA-Mission InSight“ von Dr. Ana-Catalina Plesa ist in das Programm integriert und findet am Dienstag, den 08. März 2022 von 09:00-10:00 Uhr statt.

DGG 100

Es wird zur Feier des 100-jährigen Bestehens der DGG am Mittwoch, 09. März 2022 von 14:00-15:30 Uhr eine dreiteilige Veranstaltung mit Vorträgen und Diskussionen zur Geophysik - Gestern, Heute und Morgen geben. Des Weiteren organisiert das DGG100 Komitee anlässlich der DGG100 Feierlichkeiten im Jahr 2022 einen Fotowettbewerb mit Bildern von ihrer Gründung bis heute mit Bezug zur Geophysik.

Sitzungstermine

DGG-Vorstandssitzungen (auf Einladung):

Dienstag, 08.03.2022, 9:30-14:00 Uhr, über Zoom

Donnerstag, 10.03.2022, 16:00-17:00 Uhr, über Zoom

Übersicht Tagungsprogramm (Montag/Dienstag)

Montag, 07. März 2022

ab 8:00 Uhr	Breakfast Coffee (mit SpacialChat Einführung)
09:00 - 10:30 Uhr	Eröffnungsveranstaltung DGG2022
10:30 - 11:00 Uhr	Eröffnung Firmenausstellung + Company Slam
11:00 - 11:15 Uhr	Kaffeepause
11:15 - 13:00 Uhr	Postersession A (Kurzvorträge + Ausstellung)
13:00 - 14:00 Uhr	Mittagspause
14:00 - 15:00 Uhr	Postersession B (Kurzvorträge + Ausstellung)
15:00 - 15:30 Uhr	Kaffeepause
15:30 - 16:30 Uhr	Plenarvortrag 1 - Hermann Lühr
16:30 - 18:00 Uhr	Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen (1)
ab 19:30 Uhr	Studentischer Abend

Dienstag, 08. März 2022

08:30 - 09:00 Uhr	Breakfast Coffee (mit SpacialChat Einführung)
09:00 - 10:00 Uhr	Plenarvortrag 2 - Ana-Catalina Plesa
10:00 - 11:00 Uhr	Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen (2)
11:00 - 11:15 Uhr	Kaffeepause
11:15 - 13:00 Uhr	Postersession C (Kurzvorträge + Ausstellung)
13:00 - 14:00 Uhr	Mittagspause
14:00 - 15:00 Uhr	Plenarvortrag 3 - Yuri Shprits
15:00 - 16:00 Uhr	Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen (3)
16:00 - 16:15 Uhr	Kaffeepause
16:15 - 17:30 Uhr	Postersession D (Kurzvorträge + Ausstellung)
09:30 - 14:00 Uhr	DGG Vorstandssitzung (nur mit Einladung)

Übersicht Tagungsprogramm (Mittwoch/Donnerstag)

Mittwoch, 09. März 2022

08:00 - 09:30 Uhr	Meet & Greet
09:00 - 10:00 Uhr	Plenarvortrag 4 - Geoffrey Giudetti
10:00 - 11:00 Uhr	Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen (4)
11:00 - 11:15 Uhr	Kaffeepause
11:15 - 13:00 Uhr	Postersession E (Kurzvorträge + Ausstellung)
13:00 - 14:00 Uhr	Mittagspause
14:00 - 15:30 Uhr	Kolloquium DGG 100
15:30 - 16:00 Uhr	Kaffeepause
16:00 - 18:00 Uhr	<u>Mitgliederversammlung</u>

Donnerstag, 10. März 2022

09:00 - 10:00 Uhr	Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen (4)
10:00 - 11:00 Uhr	Postersession F (Kurzvorträge + Ausstellung)
11:00 - 11:15 Uhr	Kaffeepause
11:15 - 13:00 Uhr	Postersession G (Kurzvorträge + Ausstellung)
13:00 - 14:00 Uhr	Mittagspause
14:00 - 15:00 Uhr	Plenarvortrag 5 - Greg Beroza
15:00 - 16:00 Uhr	Abschlussveranstaltung mit Poster/Vortrag - Prämierung
16:00 - 17:00 Uhr	DGG Vorstandssitzung (nur mit Einladung)

Montag, 7. März 2022

Eröffnung – Entry Hall

- 08:00–09:00 Morgenkaffee mit Einführung zu SpatialChat
- 09:00–10:30 Eröffungsveranstaltung DGG 2022

Aussteller – Lecture Hall

- 10:30–11:00 Eröffnung Firmenausstellung + Company Slam
- 11:00–11:15 Kaffeepause

Poster Session A – Lecture Hall

- 11:15–13:00 PS-A Postersession A
- PS-A.01 **Understanding solar phenomena from geomagnetic observatory records**
Gilder S.*, Wack M., Kronberg E., Lhuillier F.
LMU, Dept. für Geowissenschaften
- PS-A.02 **Ergebnisse einer Paläomagnetik- und Paläointensitätsstudie an einer Miozänen Lavastromsequenz aus Kap Verde**
Calvo-Rathert M.*, Carrancho Á., Morales J., Pérez-Rodríguez N., Lebedev V. A., Caccavari A., Vegas N., Goguitchaichvili A.
Universidad de Burgos, Departamento de Física und weitere
- PS-A.03 **Bayesian inversion of magnetic data: A sensitivity study of Australia**
Dilixiati Y.*, Szwillus W., Ebbing J.
Christian-Albrechts-Universität Kiel
- PS-A.04 **A new strategy for aeromagnetic survey merging and application to Greenland**
Freienstein J.*, Szwillus W., Yixiati D., Heincke B., Ebbing J.
Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität und weitere
- PS-A.05 **Kalibrierung eines Inertialen Messsystems für aeromagnetische Anwendungen**
Mersmann H.*, Virgil C., Hördt A.
TU Braunschweig, Institut für Geo- und extraterrestrische Physik
- PS-A.06 **An Image Segmentation Approach for the Detection of Small-scale Magnetic Anomalies**
Gödicke P.*, Weit S., Börner R.-U., Spitzer K.
Institute of Geophysics and Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg
- PS-A.07 **Testing the use of elastic-net constrained optimization for magnetic bottom depth estimation.**
Nwosu O. B.*, Becken M.
University of Muenster, Institute of Geophysics
- PS-A.08 **Einsatz von Machine Learning zur automatischen Auswertung in der Kampfmittelbergung**
Horstmann R.*, Holzrichter N., Strahser M., Marquardt K., Ebbing J.
Institut für Geowissenschaften CAU Kiel und weitere

- PS-A.09 **Archäomagnetische Untersuchungen an der protohistorischen Ausgrabungsstätte Grakliani (Georgien, Kaukasus)**
García-Redondo N., Calvo-Rathert M.*, Carrancho Á., Licheli V., Goguitchaichvili A., Dekkers M., Bradak-Hayashi B.
Universidad de Burgos, Departamento de Física und weitere
- PS-A.10 **Coarse-resolution UAV-borne magnetic prospection for settlement archaeology in Nonweiler / Saarland**
Schmidt V.*, Kligen S., Fritsch T.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik und weitere
- PS-A.11 **Large-scale UAV magnetometry on a former World War II airfield at Ganacker (Lower Bavaria, Germany).**
Stele A., Linck R.*, Schikorra M.
Bavarian State Department for Monuments and Sites, Z V: Archaeological Prospection und weitere
- PS-A.12 **Testing the advantages of ultra-dense GPR antenna arrays for the Archaeological Prospection**
Linck R.*, Stele A., Schuler H.-M.
Bavarian State Department for Monuments and Sites, Z V: Archaeological Prospection und weitere
- PS-A.13 **Casa del Citarista (Pompeii, Italy): a contribution to the reconstruction of the different building phases using ground penetrating radar (GPR)**
Corradini E.*, Busen T., Haug A., Erkul E., Fischer S., Stuempel H., Rabbel W.
Christian-Albrechts University, Kiel und weitere
- PS-A.14 **Geophysical multimethod investigations of a tell settlement near Chiselet (Romania) including seismic full-waveform inversion**
Zolchow M.*, Pickartz N., Serbanescu A., Erkul E., Köhn D., Wilken D., Dreibrodt S., Hofmann R., Müller J., Lazar C., Rabbel W.
Institute of Geosciences / Kiel University, Geophysics und weitere
- PS-A.15 **3D inversion of loop-loop frequency domain EMI in-phase data can unveil detailed structure of buried foundations.**
Guilemoteau J.*, Dousteyssier B., Heinig L., Nzouatchoua Tchana S., Tronicke J.
University of Potsdam, Institute of Geosciences und weitere
- PS-A.16 **First multimethod results from Sultana (Romania)**
Pickartz N.*, Serbanescu A., Erkul E., Zolchow M., Wilken D., Hofmann R., Müller J., Lazar C., Rabbel W.
Universität Kiel, Angewandte Geophysik und weitere
- PS-A.17 **Geophysikalische Prospektion zur Erkundung von Kurganen auf dem Uzun Rama Plateau im Kaukasus, Aserbaidshen: Erste Ergebnisse**
Erkul E.*, Fischer S. L., Ricci A., Kneisel J., Jalilov B., Rabbel W.
Institut für Geowissenschaften, CAU, Geophysik und weitere
- PS-A.18 **Untersuchungen des seismischen Noise an archäologischen Stätten**
Thorwart M.*, Rusch K., Kallinich N., Corradini E., Rabbel W.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften
- PS-A.19 **Stratigraphic correlation of lacustrine sediment cores using neural networks and dynamic time shifting**
Zywcok R.*, Bücker M., Martínez-Abarca R., Perez L.
Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik und weitere
- PS-A.20 **Borehole Temperature Data Inversion Using Surrogate Model**
Wang J.*, Nitschke F., Gaucher E., Kohl T.
Karlsruhe institute of technology/Institute of Applied Geosciences (AGW), Geothermal Energy and Reservoir Technology
- PS-A.21 **Interpretation dreikomponentiger Bohrlochmagnetik in der COSC2-Bohrung**
Kulüke C.*, Virgil C., Hördt A.
TU Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik (IGEP)
- PS-A.22 **Vergleich von Reorientierungsmethoden für bohrlochgeophysikalische Messungen**
Virgil C.*, Kulüke C., Hördt A.
Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, TU Braunschweig

- PS-A.23 **Multi-Data Inversion Approach for Retrieving Electrical and Structural Carbonate Formation Properties from Measurements on Drill Cuttings**
Börner J. *, Herdegen V.
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik und weitere
- PS-A.24 **Geophysical mapping of aquifer properties in infrastructure projects using DCIP and MRS**
Martin T. *, Grombacher D., Kass M. A., Butron C., Fiandaca G., Bjergsted Pedersen J., Rejkjaer S., Griffiths M., Østbjerg Vang M., Mendoza A., Dahlin T.
Lund University, Engineering Geology und weitere
- PS-A.25 **Zerstörungsfreie Hohlräumortung durch geophysikalische Messmethoden: Georadar und Thermographie an der Marienkirche Nübel (S-H)**
Esel Y. E. *, Erkul E., Schulte-Kornack D., Leonhardt C., Meier T.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften - Geophysik und weitere
- PS-A.26 **Mapping submarine freshwater discharge spots by ERT, EMI and GPR**
Igel J. *, Ronczka M., Müller-Petke M., Noell U., Erkul E., Fischer S. L., Wunderlich T.
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik und weitere
- PS-A.27 **Detektion von Störkörpern zur Kampfmittelondierung mittels magnetischer Inversion von Feldkomponenten**
Budde I. *, Ebbing J., Schmoldt J.-P.
Universität Kiel, Institut für Geophysik und weitere
- PS-A.28 **Kontinuierliche Überwachung des experimentellen Wärme-Speichers "GeoModel-Kiel" mit Bohrloch-Geoelektrik - neue Ergebnisse mit fünf Wärme-Tauschern**
Fischer S. L. *, Erkul E., Gräber M., Wang B., al Hagrey S. A., Rabbel W.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel - Institut für Geowissenschaften, Angewandte Geophysik und weitere
- PS-A.29 **Development of a processing scheme for GPR-data recorded along railway tracks**
Stephan S. *, Wolf J., Allroggen N.
Institut für Geowissenschaften Universität Potsdam und weitere
- PS-A.30 **Anomalien in TDEM-Messungen durch vulkanisches Gestein? - Petrophysikalische und petrologische Untersuchungen**
Schmidt V. *, Schmoldt J.-P., Vollmer C.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik und weitere
- PS-A.31 **Datenbank zur Recherche und Bewertung geeigneter Erkundungsmethoden – Grundlage für eine systematische Standorterkundung**
Dlugosch R. *, Beilecke T., Kneuker T., Pollok L., Richter L., Schubarth-Engelschall N., Semroch R.
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geologisch-geotechnische Erkundung
- PS-A.32 **Untersuchung der hydraulischen Konnektivität in heterogenen Lockergesteinsaquiferen mittels SIP**
Herold R. *, Dietrich P., Börner F.
Technische Universität Berlin, Angewandte Geophysik und weitere
- PS-A.33 **Integration von Seismik, Geoelektrik und Direct-Push-Verfahren - das Beispiel der lössbedeckten Mittelterrassen am Schwalbenberg (Unteres Mittelrheintal)**
Leineweber P. *, Fischer P., Klinger A., Wilken D., Wunderlich T., Vött A.
Geosym GmbH und weitere

13:00–14:00

Mittagspause

Poster Session B – Lecture Hall

14:00–15:00

Postersession B

- PS-B.01 **Kombinierter Einsatz von NMR und LIBS zur Verfolgung von Transportmechanismen in Baustoffen**
Bintz T.*, Wilsch G., Kruschwitz S.
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung und weitere
- PS-B.02 **Zerstörungsfreie Prüfmethode für Verschlussbauwerke nuklearer Endlager im Projekt SealWasteSafe**
Lay V.*, Prabhakara P., Mielentz F., Baensch F., Johann S., Hofmann D., Sturm P., Effner U., Niederleithinger E.
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
- PS-B.03 **SIP-Messungen an eingebetteten marinen Massivsulfiden**
Lühns M.*, Hördt A.
Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik
- PS-B.04 **Sorption- and organic matter-induced modifications of soil spectral induced polarization (SIP) signals**
Mellage A.*, Zakai G., Efrati B., Pagel H., Schwartz N.
Universität Tübingen, Zentrum für Angewandte Geowissenschaften und weitere
- PS-B.05 **Analytische Modellierung der Membranpolarisation für beliebige Elektrolyte und Elektrolytgemische**
Kreith D.*, Bücken M.
Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik
- PS-B.06 **Monitoring landwirtschaftlicher Bodenbearbeitung mit Gleichstromgeoelektrik**
Schulz R.*, Hördt A., Frerichs L., Buckel J., Landa A.-K.
TU Braunschweig, Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik, Angewandte Geophysik und weitere
- PS-B.07 **3D-Inversion von Gleichstromgeoelektrikdaten zur Erkundung von Seesedimenten**
Hoppenbrock J.*, Bücken M., Gallistl J., Flores Orozco A., Aigner L., Moser C., Buckel J., Pérez L.
Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik und weitere
- PS-B.08 **Geoelektrisches Monitoring eines Bewässerungsexperiments mittels Oberflächen- und Bohrlochmessungen**
Glebe R.*, Bücken M., Krüger N., Beyer M., Feldmann F., Flores-Orozco A.
TU Braunschweig, Institut für Geo- und extraterrestrische Physik und weitere
- PS-B.09 **Inversion of hydraulic conductivity from Induced Polarisation, field examples from five European countries**
Martin T.*, Pauw P. S., Karoulis M., Mendoza A., Günther T., Meldgaard Madsen L., Maurya P. K., Doetsch J., Rejkaer S., Dahlin T., Fiandaca G.
Lund University, Engineering Geology und weitere
- PS-B.10 **Global inversion of 2D ERT data: addressing non-uniqueness and uncertainties using ensemble analysis**
Arboleda-Zapata M.*, Tronicke J., Guillemoteau J.
University of Potsdam
- PS-B.11 **Einsatz von geoelektrischen 2D- und 3D-Oberflächenmessungen auf einer Testfläche: Inversionsergebnisse unter die Lupe genommen**
Lu E.*, Erkul E., Fischer S. L., Gräber M., Rabbel W.
Institut für Geowissenschaften /Geophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und weitere
- PS-B.12 **Improved hydrogeophysical imaging with ERT using direct push data as priors and geostatistical regularization**
Guenther T.*, Greskowiak J., Grünenberg N., Vienken T.
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik und weitere

- PS-B.13 **The Dynamic Deep Subsurface of High-Energy Beaches (DynaDeep) – Geophysical Perspective and Outlook**
 Skibbe N.*, Günther T., Müller-Petke M.
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik & Elektromagnetik
- PS-B.14 **Characterization of surface conductivity of clays**
 Emelianov V.*, Zhang Z.*, Titov K., Halisch M., Weller A.
Institute of Earth Sciences, Department of Geophysics und weitere
- PS-B.15 **Numerische 3D-Simulation der Stern-Schichtpolarisation in dichten Kugelpackungen**
 Wentzki J.*, Bücken M.
TU Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik (IGEP)
- PS-B.16 **Elektrisches Monitoring dynamischer Drainage- und Imbibitionvorgänge in Gestein-Fluid-Gas Systemen**
 Sonntag M.*, Börner J., Herdegen V., Grahl F.
Institut für Geophysik und Geoinformatik / TU Bergakademie Freiberg, AG Elektromagnetik und weitere
- PS-B.17 **Time-domain to frequency-domain conversion of induced polarization data using Debye decomposition**
 Hase J.*, Weigand M., Kemna A.
Institut für Geowissenschaften / Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Geophysik
- PS-B.18 **Differentiating between mineral formation and electrolyte diffusion with help of the complex electrical conductivity**
 Mansfeld A. M.*, Kemna A.
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Institut für Geowissenschaften, Abteilung Geophysik
- PS-B.19 **Die Anwendung von Textilelektroden bei geoelektrischen Widerstandsmessungen**
 Westphal K.*, Mudler J., Buckel J., Bücken M., Hördt A.
TU Braunschweig, Igep

Plenarvortrag 1 – Lecture Hall

15:00–16:00 PV1 **The geomagnetic field: A signal for probing processes from the Earth's core to outer space**

Lühr H.*
Deutsches GeForschungszentrum GFZ, Sektion 2.3, Geomagnetismus

16:00–16:30 Kaffeepause

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen – Lecture Hall

16:30–17:50 ESC1 **Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen**

16:30–16:50 ESC1.01 **From the Magnetic Map to Neolithic Social Structure - New Insights based on Magnetic Inversion**

Pickartz N.*, Rabbel W., Rassmann K., Hofmann R., Ohlrau R., Thorwart M., Wilken D., Wunderlich T., Videiko M., Müller J.
Universität Kiel, Angewandte Geophysik und weitere

16:50–17:10 ESC1.02 **Attribute classification of 3D GPR data collected across a paleokarst breccia pipe on Svalbard**

Allroggen N.*, Heincke B. H., Koyan P., Wheeler W., Rønning J. S.
Universität Potsdam, Angewandte Geophysik und weitere

17:10–17:30 ESC1.03 **Influence of the inner rock surface roughness on the SIP response – a numerical study**

Zibulski E.*, Klitzsch N.
Applied Geophysics and Geothermal Energy

17:30–17:50 ESC1.04 **Distinguishing Chemical and Depositional Magnetic Records in Sediments**

Roud S.*, Gilder S.
Geophysik, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität München

Tagungsevent – Entry Hall

19:30–23:50 Studentischer Abend

Dienstag, 8. März 2022

Tagungsevent – Entry Hall

08:30–09:00 Morgenkaffee mit Einführung zu SpatialChat

Plenarvortrag 2 – Lecture Hall

09:00–10:00 PV2 **Einblicke in das Innere des Mars: Ergebnisse der NASA-Mission InSight**

Plesa A.-C.*¹, Knapmeyer-Endrun B.², Panning M.³, Stähler S.⁴, Khan A.⁴, Grott M.¹, Rivoldini A.⁵, Wieczorek M.⁶, Spohn T.⁷, Lognonne P.⁸, Smrekar S. E.³, Banerdt W. B.³, and the InSight Team

¹Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, ²Erdbebenstation Bensberg, Universität zu Köln, ³Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, ⁴ETH Zürich, ⁵Royal Observatory of Belgium, ⁶Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, ⁷International Space Science Institute, ⁸Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen – Lecture Hall

10:00–11:00 ESC2 Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

10:00–10:20 ESC2.01 **The January 2022 Hunga Tonga-Hunga Ha'apai explosive eruption from the multi-technological perspective of CTBT monitoring**
Hupe P.*, Steinberg A., Donner S., Gaebler P., Pilger C., Plenefisch T., Ross J. O., Schwardt M., Ceranna L.
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), B4.3

10:20–10:40 ESC2.02 **How the interplay of volcanism and tectonics shaped Christiana-Santorini-Kolumbo volcanic field: An outlook on IODP Expedition 398**
Preine J.*, Hübscher C., Karstens J., Druitt T., Kutterolf S., Crutchley G., Nomikou P.
Universität Hamburg, Institut für Geophysik und weitere

10:40–11:00 ESC2.03 **Detection and modelling of strong topography of mid-mantle structures beneath the North Atlantic**
Saki M.*, Thomas C., Abreu R.
Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

11:00–11:15 Kaffeepause

Poster Session C – Lecture Hall

- 11:15–12:59** PS-C Postersession C
- PS-C.01 **Generation of reflections and PKP precursors from a scattering layer in D''**
Hiemer V.*, Thomas C.
WWU Münster, Institut für Geophysik
- PS-C.02 **Mineralogy, fabric, and deformation domains in D'' across the southwestern border of the African LLSVP**
Pisconti A.*, Creasy N., Wookey J., Long M., Thomas C.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik und weitere
- PS-C.03 **Wave path deviation contributions to travel time variation of core waves**
Hosseini S., Thomas C.*, Garnero E., Abreu R.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik und weitere
- PS-C.04 **Detailed investigation of the extent of the Caribbean subduction**
Wirp S. A., Saki M.*, Thomas C., Billen M.
Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster und weitere
- PS-C.05 **Mapping the edge of subducted slabs beneath southern Asia**
Rochira F.*, Schumacher L., Thomas C.
University of Münster, Institut für Geophysik
- PS-C.06 **Estimating Oceaic Plate Hydration with Receiver Functions**
Bloch W.*, Audet P., Bostock M., Brownlee S.
University of British Columbia und weitere
- PS-C.07 **The 3D stress field on the margins of the Adriatic Plate derived from focal mechanisms**
Glück E.*, Meier T., Stipčević J.
Institut für Geowissenschaften/CAU Kiel, Geophysik und weitere
- PS-C.08 **Asking a different question - transdimensional approaches for joint inversion of gravity and surface waves**
Szwilius W.*, *Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*
- PS-C.09 **Untersuchung von Schergeschwindigkeitsprofilen mittels der H/V-Methode und ihre Korrelation zur lokalen Geologie im Raum Eschweiler, NRW.**
Gotowik A.*, Finger C., Harrington R. M.
Ruhr-Universität Bochum und weitere
- PS-C.10 **Dynamics of the 2015–2017 Pamir (central Asia) Earthquake Sequence**
Bloch W.*, Schurr B., Ratschbacher L., Metzger S., Yuan X., Reuter S., Xu Q., Zhao J., Murodkulov S., Oimuhammadzoda I.
University of British Columbia und weitere
- PS-C.11 **Slip-deficit estimation with a 3D fault model of the North Anatolian Fault by using InSAR time series**
Seidel A.*, Sudhaus H.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften
- PS-C.12 **A modified Coulomb failure seismicity model to forecast time-dependent earthquake rates**
Dahm T.*
GFZ Deutsches Geoforschungszentrum
- PS-C.13 **Erdbebenquellenanalyse im Tibet mittels InSAR-Messungen von Oberflächenverschiebungen**
Diefenbacher L.*, Seidel A., Sudhaus H.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften
- PS-C.14 **Development of the earthquake activity at Laacher See Volcano since 2019**
Hensch M.*, Schmidt B., Brüstle A., Stange S.
Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Landeserdbebendienst Baden-Württemberg und weitere
- PS-C.15 **The European Arctic Seismic Bulletin for the years 1990 – 2013**
Schweitzer J.*, Paulsen B., Antonovskaya G. N., Fedorov A. V., Konechnaya Y. V., Asming V. E., Pirli M., *NORSAR und weitere*

- PS-C.16 **Induced microseismicity due to mine flooding - Observation, characterisation and relation to mine water rise in the eastern Ruhr area**
Rische M.*, Fischer K. D., Friederich W.
Ruhr Universität Bochum, GMG - Geophysik - Seismologie
- PS-C.17 **Abschätzung des Spannungszustandes von Störungssystemen in der Niederrheinischen Bucht mittels der Untersuchung von remote dynamic triggering**
Dietl M.*, Harrington R. M., Finger C., Roth M. P., Knapmeyer-Endrun B.
Ruhr-Universität Bochum und weitere
- PS-C.18 **Deployment of a Distributed Fiber Optic Sensing monitoring station in Munich within the INSIDE project**
Azzola J.*, Baasch R., Schulz I., Gaucher E., Bögelspacher F.
Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Geosciences (AGW) - Geothermal Energy and Reservoir Technology und weitere
- PS-C.19 **Local noise sources retrieved from a combined cross-correlation and polarization analysis of seismic array data: A feasibility study in the region of Landwüst (Germany)**
Rein N.*, Hannemann K., Ohrnberger M., Krüger F., Vollmer D., Korn M., Dahm T.
Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften und weitere
- PS-C.20 **Modeling seismic signals from wind turbines**
Limberger F.*, Lindenfeld M., Deckert H., Rümpker G.
Goethe-University Frankfurt, Institute of Geosciences und weitere
- PS-C.21 **Ground motions emitted from wind turbines: Simulations for two wind farms on the Swabian Alb, SW Germany**
Gärtner M.*, Gaßner L., Ritter J.
Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut
- PS-C.22 **Characterization of the emitted seismic wave field in the vicinity of a wind farm**
Lindenfeld M.*, Limberger F., Rümpker G., Deckert H.
Goethe-Universität, Institut für Geowissenschaften / Geophysik und weitere
- PS-C.23 **Ground motion emissions from two wind farms on the Swabian Alb, SW Germany: Observations related to resident annoyance and acoustic signals**
Gaßner L.*, Ritter J.
Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut
- PS-C.24 **Acoustic signals of a meteoroid recorded on a large-N seismic network and fibre optic cables**
Dahm T.*, Rodriguez I., Isken M., Kraft T., Wu S.-M., Lamb O., Heimann S., Wollin C., Baird A., Wüstenfeld A., Sanchez-Pastor P., Clinton J., Kristjansdottir S., Jonsdottir K., Eibl E., Goertz-Allmann B., Jousset P., Oye V., Obermann A.
GFZ Deutsches Geoforschungszentrum und weitere
- PS-C.25 **Array-induced bias in seismic noise beamforming: implications for fracture characterisation in geothermal fields**
Löer K.*, Kennedy H.
University of Aberdeen, Department of Geology and Geophysics
- PS-C.26 **Microseism generation in the North and Baltic Sea**
Sell M.*, Weidle C., Meier T.
Institut für Geowissenschaften der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Geophysik
- PS-C.27 **Neufassung des Erdbebenkataloges des Landes Hessen**
Homuth B.*
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Hessischer Erdbebendienst
- PS-C.28 **New 1-D Seismic Velocity Models and Hypocentres in the East Eifel Volcanic Field**
Föst J.-P.*, Bühler J., Koushesh M., Mader S., Ritter J., Hensch M., Schmidt B.
Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut und weitere
- PS-C.29 **Automated P-wave First Motion Polarity Detection using Deep Learning**
Chakraborty M.*, Cartaya C., Li W., Köhler J., Faber J., Rümpker G., Stöcker H., Srivastava N.
Frankfurt Institute for Advanced Studies und weitere
- PS-C.30 **Analyse und Bewertung von seismischen, hydroakustischen und Infraschall-Quellsignalen für die Vor-Ort-Kalibrierung**
Schwardt M.*, Gaebler P., Hupe P., Pilger C.
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

- PS-C.31 **Noise characteristics of ocean-bottom seismometer data in the Bransfield Strait, Antarctica**
Schmidt-Aursch M.*, Almendros J., Geissler W., Wilcock W.
Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung und weitere
- PS-C.32 **Spatio-temporal Permafrost Monitoring on Mt. Zugspitze (Germany) with Seismic Interferometry and Wavefield Gradients**
Lindner F.*, Smolinski K., Fichtner A., Igel H., Wassermann J.
LMU München und weitere
- PS-C.33 **Transforming Portable Seismic Data Acquisition: From Experiment Design to Publishing, an Ecosystem Approach**
Easton D., Michael P., Pigeon S., Hamilton V., Uhlmann S.*
Nanometrics Inc. und weitere

13:00–14:00

Mittagspause

Plenarvortrag 3 – Lecture Hall

14:00–15:00 PV3

Space Weather Early Warning System

Shprits Y.*

GFZ Deutsches GeoForschungs Zentrum, Space Physics and Space Weather

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen – Lecture Hall

15:00–16:00 ESC3

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

15:00–15:20 ESC3.01

Anwendung der elastischen Reverse-Time Migration auf Ultraschall-Echo Daten in der zerstörungsfreien Prüfung

Grohmann M.*, Niederleithinger E.

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

15:20–15:40 ESC3.02

Implementierung und Anwendung von Georadar Antennenmodellen bei FDTD Simulationen

Stadler S.*, Schennen S., Hiller T., Igel J.

Leibniz Institut für Angewandte Geophysik

15:40–16:00 ESC3.03

Estimating pore-water salinity of offshore freshened groundwater using Bayesian inversion of marine controlled source electromagnetic (CSEM) data A case study in the Canterbury Bight, New Zealand

Faghii Z.*, Haroon A., Jegen M., Gehrman R., Dettmer J., Berndt C., Schwalenberg K., Micallef A.

GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Marine Geodynamics und weitere

16:00–16:30

Kaffeepause

Poster Sessions D – Lecture Hall

- 16:30–17:59** PS-D Postersession D
- PS-D.01 **The role of the solid Earth in the climate system: Insights from GIA modeling and effects on relative sea-level change, bedrock topography and ice-sheet stability**
 Bagge M.* , Albrecht T., Klemann V., Steinberger B.
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ und weitere
- PS-D.02 **From cratons to rift systems: Terracing and Cluster analysis to enhance lithospheric structures in West and Central Africa**
 Fosso Tegua M. E. E.* , Ebbing J., Haas P.
University of Kiel, Institute of Geosciences
- PS-D.03 **A robust elastic thickness model for Southern Africa based on multiple equivalent gravity-inverted crustal thickness models**
 Menzel P.* , Sobh M., Gerhards C.
Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Geomathematik und Geoinformatik
- PS-D.04 **The relation between stabilization age and crustal thickness of cratons as imaged by global gravity gradient inversion**
 Haas P.* , Ebbing J., Szwillus W.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- PS-D.05 **Plume-rift association: what we learned from the Afar case study**
 Issachar R.* , Augustine N., Haas P., Ebbing J.
Institute for Geosciences, Kiel University, Geophysics und weitere
- PS-D.06 **Greenland's lithospheric structure: a model based on geophysical data integration**
 Wansing A.* , Ebbing J., Moorkamp M., Heincke B.
CAU Kiel und weitere
- PS-D.08 **The influence of rheological and fluid dynamical parameters on the stability of thermochemical piles at the CMB**
 Zander C.* , Stein C., Hansen U.
Universität Münster, Institut für Geophysik
- PS-D.09 **Transition between constrained 2D and fully 3D rotating incompressible convection**
 Lüdemann K.* , Tilgner A.
Universität Göttingen, Institut für Astrophysik und Geophysik
- PS-D.10 **Tomographic filtering of synthetic Earth models with the *Generalized-Inverse Projection (GIP)***
 Freißler R.* , Zaroli C., Lambotte S., S.A. Schuberth B.
Geophysik, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität München und weitere
- PS-D.11 **Geodynamic predictions of seismic structure and discontinuity topography of the mantle transition zone**
 Papanagnou I.* , S.A. Schuberth B., Thomas C.
Geophysik, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität München und weitere
- PS-D.12 **Imaging the crustal and lithospheric structure of the Middle Mariana arc system with seismic travelttime tomography**
 Hilbert H.-S.* , Grevemeyer I., Dannowski A., Kodaira S., Fujie G., Takahashi N.
GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Marine Geodynamics und weitere
- PS-D.13 **Ein Fluss unter dem Meer: Morphologische Untersuchungen des Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC)**
 Krastel S.* , Mosher D., Lenz K.-F., Barrett R., von Rönn G., Klauke I., Stevenson C., Knutz P.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften und weitere
- PS-D.14 **How does the morphology of volcanic islands influence the instability of their flanks?**
 Klein E.* , Urlaub M., Krastel S.
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, FB4 und weitere

- PS-D.15 **Two different uplifting systems offshore Mount Etna: salt and tectonics in the Ionian Sea**
Pandolpho B. T.*, Urlaub M., Berndt C., Bialas J.
GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Dynamics of the Ocean Floor
- PS-D.16 **Repeated bathymetric mapping offshore Mt Etna: First results from RV Meteor Expedition M178 HazELNUT**
Gross F.*, Barrett R., Hadré E., Kolling H., Heinrich M., Gambino S., Bonforte A., Petersen F., Urlaub M.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Center for Ocean and Society und weitere
- PS-D.17 **Deep-sea surveying of seafloor massive sulfides with the GOLDEN EYE CSEM profiler**
Schwalenberg K.*, Müller H., Barckhausen U.
BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, B1.4 Marine Rohstofferkundung
- PS-D.18 **A New Constrained Gravity Inversion Tool to Obtain Sub-Ice-Bathymetry**
Liebsch J.*, Ebbing J., Eisermann H., Eagles G.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften und weitere
- PS-D.19 **Fluggestützte Messungen der Meeresoberfläche in der Deutschen Bucht**
Rausch T.*, Bärfuss K., Cañadillas B., Lampert A.
Technische Universität Braunschweig, Institut für Flugführung und weitere

Mittwoch, 9. März 2022

Tagungsevent – Veranstaltungsraum

08:00–09:30 Meet & Greet

Plenarvortrag 4 – Lecture Hall

09:00–10:00 PV4 **Experience and acquired knowledge of Larderello geothermal system (Italy): an overview**

Giudetti G.*
ENEL Green Power

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen – Lecture Hall

10:00–11:00 ESC4 Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

10:00–10:20 ESC4.01 **Three-dimensional inversion of controlled-source radio-magnetotelluric data collected in the transition zone**

Smirnova M.*, Shlykov A., Asghari S. F., Tezkan B., Saraev A., Yogeshwar P.
University of Cologne, Institute for Geophysics and Meteorology und weitere

10:20–10:40 ESC4.02 **Reciprocity performance of high-frequency induced polarisation field system, Chameleon II.**

Sugand M.*, Hördt A., Hoppenbrock J., Mudler J.
TU Braunschweig, Institute for Geophysics and extraterrestrial Physics

10:40–11:00 ESC4.03 **Monitoring eines Wärmespeichersystems im Aquifer mit Bohrlochgeoelektrik auf der Feldskala**

Birnstengel S.*, Günther T., Pohle M., Koedel U., Hornbruch G., Nordbeck J., Bauer S., Dahmke A., Dietrich P., Werban U.
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Monitoring- und Erkundungstechnologien und weitere

11:00–11:15 Kaffeepause

Poster Session E – Lecture Hall

11:15–13:00 PS-E Postersession E

PS-E.01 **Sensitivitätsbetrachtungen bei der Bestimmung dielektrischer Bodenparameter zur GPR-Modellierung**

Schennen S.*, Wagner N., Günther T., Igel J.
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik und weitere

- PS-E.02 **Berücksichtigung von Untergrundheterogenität bei numerischen Simulationen von Georadar Szenarien**
Stadler S.*, Schennen S., Hiller T., Igel J.
Leibniz Institut für Angewandte Geophysik
- PS-E.03 **A MATLAB FE Library for the Simulation and Inversion of EM Problems**
Scheunert M.*, Blechta J., Börner R.-U., Ernst O., Spitzer K.
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik und weitere
- PS-E.04 **Efficient full waveform inversion of multi-offset surface GPR data**
Qin T.*, Bohlen T., Allroggen N.
Karlsruhe Institute of Technology / Geophysical Institute und weitere
- PS-E.05 **Airborne geophysical investigation of the “Finsterwalder Restlochkette”**
Simon B., Cortés Arroyo O.*, Ibs-von Seht M., Neukum C., Meyer U., Himmelsbach T.
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), B2.1 Geophysikalische Erkundung - Technische Mineralogie und weitere
- PS-E.06 **Constraining FDEM data inversion with structural a priori information from GPR data**
Klose T.*, Guillemoteau J., Tronicke J., Vignoli G.
University of Potsdam, Institute of Geosciences und weitere
- PS-E.07 **Automatische Hyperbeldetektion und Geschwindigkeitsbestimmung aus GPR Daten eines archäologischen Fundplatzes**
Wunderlich T.*, Wilken D., Majchczack B. S., Segschneider M., Rabbel W.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften und weitere
- PS-E.08 **Georadar in Strecken und Bohrungen in der Salzstruktur der Schachanlage Asse II**
Gundelach V.*
BGR, B3
- PS-E.09 **The large scale conductivity structure of Southern Africa**
Moorkamp M.*, Ozaydin S., Selway K.
Ludwig-Maximilians-Universität, Geophysik und weitere
- PS-E.10 **Drone based semi airborne electromagnetics for hydrogeophysical investigations**
Ronczka M.*, Rochlitz R., Günther T., Müller-Petke M.
Leibniz Institut für angewandte Geophysik, S2
- PS-E.11 **Nutzung der Präpolarisationsabschaltung als Anregung bei Oberflächen-NMR-Messungen**
Hiller T.*, Costabel S., Dlugosch R., Müller-Petke M.
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und weitere
- PS-E.12 **Employing drones in semi-airborne electromagnetics**
Kotowski P. O.*, Becken M., Thiede A., Schmalzl J., Ueding S., Symons G., Schmidt V., Klingen S.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik und weitere
- PS-E.13 **Conductivity model of passive continental margin derived from magnetotelluric sounding of the western coast of the Red Sea**
Marzouk H.*, Arafa-Hamed T., Becken M., Elbarbary S.
Institut für Geophysik, Universität Münster und weitere
- PS-E.14 **Präpolarisierte Oberflächen-NMR als Monitoring-Tool für bodenphysikalische Versickerungsexperimente**
Costabel S.*, Hiller T., Dlugosch R., Müller-Petke M.
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Grundwasser und Boden und weitere
- PS-E.15 **First results of a quantum-based magnetometer system for airborne audio-frequency magnetics**
Schiffler M.*, Zakosarenko V., Schmelz M., Schneider M., Larnier H., Friesen M., Chubak G., Thiede A., Becken M., Stolz R.
Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Quantensysteme und weitere
- PS-E.16 **3D inversion of semi-airborne electromagnetic data using custEM & pyGIMLI**
Rochlitz R., Guenther T.*, Becken M.
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik
- PS-E.17 **Ermittlung der Oberflächenrelaxivität in Sandsteinen – ein Methodenvergleich**
Munsch S. M.*, Strangfeld C., Kruschwitz S.
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Zerstörungsfreie Prüfung und weitere

- PS-E.18 **Topography effects on semi-airborne electromagnetic data – Examples from the DESMEX survey at the Gosetal/Rammelsberg area (Harz Mountains)**
Thiede A. *, Becken M., Kotowski P. O., DESMEX Working Group
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik
- PS-E.19 **Analysis of seismic signals recorded at Stromboli using AWESAM**
Fenner D. *, Rumpker G., Li W., Chakraborty M., Faber J., Köhler J., Stöcker H., Srivastava N.
Frankfurt Institute for Advanced Studies und weitere
- PS-E.20 **Vergleich von Hunga-Tonga mit Mount Pinatubo**
Widmer-Schnidrig R. *, Zürn W., Forbriger T.
Universität Stuttgart, Geodätisches Institut und weitere
- PS-E.21 **Estimating the subsurface thermal conductivity and its uncertainty for shallow geothermal energy use – a methodology based on publicly available data**
Heim E. *, Laska M., Becker R., Klitzsch N.
Angewandte Geophysik und Geothermie, RWTH Aachen und weitere
- PS-E.22 **Geothermal Structure of Volgo-Uralia Revealed by Bayesian Inversion**
Ognev I. *, Ebbing J., Loesing M.
Kazan Federal University, Institute of Geology and Petroleum Technologies und weitere
- PS-E.23 **Abschätzung der Schütterwirkung induzierter Beben an einer Geothermieanlage im Großraum München anhand von numerischen Simulationen**
Keil S. *, Wassermann J.
Ludwig-Maximilians-Universität München
- PS-E.24 **Seismic Monitoring of the DeepStor high temperature aquifer thermal energy storage: Using low-cost sensors for ambient seismic noise methods and Citizen Science**
Käufel J. S. *, Schill E., Kohl T.
Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Applied Geosciences (AGW) und weitere

13:00–14:00

Mittagspause

Tagungsevent – Veranstaltungsraum

14:00–15:30

Kolloquium DGG 100

15:30–16:00

Kaffeepause

Tagungsevent – Veranstaltungsraum

16:00–18:00

DGG Mitgliederversammlung

Donnerstag, 10. März 2022

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen – Lecture Hall

09:00–10:00	ESC5	Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen
09:00–09:20	ESC5.01	Untertägige seismische Erkundung im Opalinuston (Mont Terri) Esefelder R. *, Lüth S., Wawerzinek B., Giese R., Krawczyk C. M. <i>Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ und weitere</i>
09:20–09:40	ESC5.02	Numerical investigation of Rayleigh wave ellipticity and velocity using three-component ambient noise beamforming Finger C. *, Löer K., Saenger E. H. <i>Fraunhofer IEG, Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie und weitere</i>
09:40–10:00	ESC5.03	Shear wave investigation of the deep weathering profile using HVSr method: A case study of La Campana National Park, Chile Trichandi R. *, Bauer K., Ryberg T., Krawczyk C. M. <i>GFZ Potsdam, Geophysical Imaging und weitere</i>

Poster Sessions F – Lecture Hall

10:00–11:00	PS-F	Postersession F
	PS-F.01	Neuartige Hardware zur Messung von sehr schnellen aber auch sehr langsamen Änderungen der komplexen elektrischen Impedanz von Gesteinen im Frequenzbereich. Radic T.* <i>Radic-Research, F+E</i>
	PS-F.02	Klassifizierung von Zeitreihen mithilfe Neuronaler Netze für die Erdbebenerkennung in Laser-Straindaten des Geodynamischen Observatoriums Moxa Kasburg V. *, Breuer A., Bücken M., Kukowski N. <i>Institut für Geowissenschaften, Allgemeine Geophysik und weitere</i>
	PS-F.03	Terracing and cluster analysis – new insights in potential field data prior to modelling Strehlau R. *, Götze H.-J., Ebbing J., Holzrichter N. <i>Institut für Geowissenschaften / Christian-Albrechts-Universität, AG Satelliten- und Aerogeophysik</i>
	PS-F.04	Deep Earth Rotational Seismology Abreu R. *, Durand S., Rost S., Thomas C. <i>University of Muenster, Geophysics und weitere</i>
	PS-F.05	Using InSAR Velocity Measurements at Transmission Towers to Calibrate Ground Motion Data Hoogstraat D. *, Sudhaus H., Omlin A. <i>Christian Albrechts Universität Kiel, Geophysik und weitere</i>
	PS-F.06	Geoelektrisches Langzeitmonitoring auf vertikalen Elektrodenstrecken mit dem Messsystem SAMOS Grinat M. *, Ronczka M., Günther T., Epping D., Kipke V., Müller-Petke M. <i>Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik</i>
	PS-F.07	Towards a normal-mode-band low-noise model after mitigation of atmospheric disturbances Forbriger T. *, Lepage T., Zürn W., Rietbrock A. <i>Geophysical Institute, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Black Forest Observatory (BFO)</i>
	PS-F.08	Accuracy and spatial sampling of finite-difference modelling in discontinuous models Tschache S. *, Vinje V., Iversen E. <i>CGG Services (Norway) AS und weitere</i>

- PS-F.09 **Acoustic traveltime tomography of a cryobot's ambient ice at Langenferner Glacier, Italy**
Chen Q. *, Boxberg M. S., Kowalski J.
RWTH Aachen, Methoden der modellbasierten Entwicklung in den computergestützten Ingenieurwissenschaften
- PS-F.10 **Gravity kernel method for implicit geological modeling**
Liang Z. *, De La Varga M., Wellmann F.
RWTH Aachen University und weitere
- PS-F.11 **Using Joint Inversion with a Mutual Information Constraint to Infer the Crustal Structure in Wilkes Land, Antarctica**
Lösing M. *, Ebbing J., Moorkamp M.
Christian-Albrechts-Universität und weitere
- PS-F.12 **Probabilistic Geomodeling and the Link to Geophysical Inversion**
Wellmann F. *, Liang Z., de la Varga M., Chudalla N., von Harten J., Degen D.
RWTH Aachen, Computational Geoscience and Reservoir Engineering und weitere
- PS-F.13 **Signal processing inspired by music information retrieval algorithms and applications in volcano and ocean bottom seismology**
Zali Z. *, Rein T., Ohrnberger M., Scherbaum F., Krüger F., Cotton F., Eibl E. P. S.
University of Potsdam und weitere
- PS-F.14 **Scientific Machine Learning and High-Performance Computing – Benefits for Geothermal Applications**
Degen D. *, Cacace M., Wellmann F.
RWTH Aachen University und weitere
- PS-F.15 **Uncertainty Quantification Using Bayesian Inversion Applied to the DC Resistivity Problem**
Backes K., Börner R.-U. *, Sprungk B., Scheunert M., Spitzer K., Ernst O.
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik und weitere
- PS-F.16 **Earthquake scenarios for the Hellenic Arc from 3D dynamic rupture modeling**
Wirp S. A. *, Ulrich T., Gabriel A.-A.
LMU (Ludwig-Maximilians-Universität)
- PS-F.17 **Convolutional Neural Networks applied to 2D and 3D DC Resistivity Inversion**
Weit S. *, Börner R.-U., Brändel M., Gödickmeier P., Gootjes R., Kost S., Rheinbach O., Scheunert M., Spitzer K.
Institut für Geophysik und Geoinformatik/TU Bergakademie Freiberg und weitere
- PS-F.18 **Electromagnetic Simulation and Inversion of Magnetic Field Data from Planetary and Asteroid Analogs on the International Space Station (ISS)**
Keßler S. S. *, Schmitt L. *, Börner J. H., Garbade S., Konigorski D., Schmid V., Schneider C., Sohl F., Spitzer K.
TU Bergakademie Freiberg, Institute of Geophysics and Geoinformatics und weitere

11:00–11:15

Kaffeepause

- 11:15–13:00 PS-G Postersession G
- PS-G.01 **Encoding / Decoding – basic concepts for Communication and Geoethics**
Schneider S.*
LMU München, Department of Earth and Environmental Sciences
- PS-G.02 **Vorbereitung der Erkundungstätigkeiten bei der Standortsuche für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland**
Bairlein K.*, Perner M., Kalka S., Meier F., Schamp J.
Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
- PS-G.03 **Mentoring 365 Program**
Hannemann K.*, DGG Committee „Equal opportunities - Chancengleichheit“
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik
- PS-G.04 **Wissenschaftler des Münchner Geomagnetischen Observatoriums: Friedrich Bidlingmaier (1875-1914)**
Soffel H.*, Soffel H.*
Universität München, Geophysik
- PS-G.05 **Ein seismologisches Großexperiment zur Untersuchung magmatischer Prozesse unter der Eifel**
Dahm T., Milkereit C. *, Isken M., Cesca S., Yuan X., Sens-Schönfelder C., Tilmann F., Pilz M., Cotton F., Woith H., Krawczyk C., Haberland C., Hensch M., Schmidt B., Endrun-Knapmeyer B., Meier T., de Siena L., van Camp M., Lecocq T., Oth A.
GFZ Deutsches Geoforschungszentrum und weitere
- PS-G.06 **Metadatamanagement – How to make your data FAIR**
Schaller T.*, Steinmeier L., Rau F.
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Helmholtz-Institut Freiberg
- PS-G.07 **Multidisziplinäre Untersuchung der tödlichen Schneelawine vom 18. Januar 2017 bei Rigopiano (Abruzzen, Italien)**
Braun T.*, Famiani D., Bartelt P., Chiaia B., Frigo B., Wassermann J.
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio di Arezzo und weitere
- PS-G.08 **Evaluating the impact of source mechanism on earthquake ground motion**
Steinberg A. *, Ramos Domke C., Gaebler P., Donner S.
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) [Federal Institute for Geosciences and Natural Resources], B4.3 Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenteststopp Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
- PS-G.09 **Seismic site characterization in and around the COSC-2 drillhole**
Buske S. *, Bräunig L., Giese R., Jaksch K., Kück J., Krastel S., Grob H., Juhlin C., Lorenz H., Brodic B.
TU Bergakademie Freiberg und weitere
- PS-G.10 **Abbildung der Krustenstruktur im Bereich der Eifel durch Reprozessierung der tiefenseismischen Profile DEKORP87-1A/B**
Eickhoff D. *, Buske S., Hlousek F.
TU Bergakademie Freiberg
- PS-G.11 **Reflexionsseismische Abbildung oberflächennaher Störungsstrukturen des Osning Lineaments am Teutoburger Wald mit P- und SH-Wellen – vorläufige Ergebnisse einer ersten Messkampagne**
Wadas S. *, Tanner D.
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, S1 - Seismik & Potenzialverfahren
- PS-G.12 **Subsurface investigation with ambient distributed acoustic sensing in an urban area**
Ehsaninezhad L. *, Wollin C., Lipus M. P., Krawczyk C.
German Research Centre for Geosciences und weitere
- PS-G.13 **Fokussierungsoptimierung reflexionsseismischer 3D-Daten an der Asse II auf Basis ersteinsatztomographischer Laufzeitinformationen**
Beilecke T. *, Scholze M., Roos G., Schörner E., Ding H.
BGR, Unterirdischer Speicher- und Wirtschaftsraum und weitere

- PS-G.14 **Development and evaluation of a novel diffraction focussed FWI approach applied to near-surface seismic data from the Eckernförder Bay area**
 Jegen A.*, Köhn D., Rabbel W.
Geomar und weitere
- PS-G.15 **S-wave 2D multi-parallel 1C reflection surveying – a concept to cover a small area in a pseudo 3D grid using combined SH and SV reflection responses**
 Polom U.*, Omlin A., Mecking R., Leineweber P.
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, S1 und weitere
- PS-G.16 **Combining SH-wave reflection seismic and Full Waveform Inversion for near-surface subsurface characterization**
 Mecking R.*, Polom U., Omlin A., Leineweber P.
Leibniz Institute for Applied Geophysics, S1 - Seismic, Gravimetry, and Magnetics und weitere
- PS-G.17 **Erkundung einer Störung in Schleswig-Holstein auf unterschiedlichen Skalen der Reflexionsseismik**
 Leineweber P.*, Omlin A., Polom U., Mecking R., Druivenga G.
Geosym GmbH und weitere

13:00–14:00

Mittagspause

Plenarvortrag 5 – Lecture Hall

14:00–15:00 PV5

Machine Learning in Seismology

Beroza G.*
Stanford University

Abschluss – Lecture Hall

15:00–16:00

Abschlussveranstaltung DGG 2022

The geomagnetic field: A signal for probing processes from the Earth's core to outer space

Lühr H.*

Deutsches GeForschungsZentrum GFZ, Sektion 2.3, Geomagnetismus, Potsdam, Deutschland

The geomagnetic field is one of the few physical phenomena that can fully penetrate the Earth, and it extends out into deep space. A lot can be learned from it about the Earth interior and electric currents in near-Earth space.

Early magnetic field measurements were motivated primarily by its use for navigation purposes. Meanwhile, magnetic fields serve more as a tool for remote sensing. For extending the dataset into the past, magnetic fields stored in rocks, sediments, and artefacts are retrieved. They provide valuable information about long-term characteristics of the geodynamo and about tectonic evolution.

Nowadays, high-resolution measurements from magnetic survey satellite missions like CHAMP and Swarm provide detailed temporal and spatial information of the geomagnetic field. Latest versions of the highly reliable main field models, covering two decades, are so precise that observed small deviations can be interpreted as signals from unmodeled sources. From the global distribution of crustal sediment and rock magnetization we learned about plate tectonics, crustal age and geology.

Magnetic fields also result from electric currents, e.g. the magnetospheric ring current causes a southward field deflection. During magnetic storms it is strongest in the 18h local time sector and weakest around 06h LT. Recent studies offer an alternative explanation to the traditional 'partial ring current' picture. The distribution of the solar quiet (Sq) current system has well been confirmed by space observation. But the interhemispheric currents, connecting the vortices in the two hemispheres, are found to be markedly different from earlier expectations. The equatorial electrojet (EEJ) is a current flowing above the magnetic equator. With the help of spacecraft its intensity distribution and variability has been resolved. It turns out, the EEJ is a sensitive detector for tracking upper atmospheric dynamics and tides, which are partly relevant for climatological changes.

Also other terrestrial processes produce small magnetic signatures, e.g. salty seawater flowing across the geomagnetic field induce electric currents. Their magnetic fields can be used to estimate ocean circulation and tides. The low-latitude ionosphere tends to become unstable after sunset, which can badly degrade or disrupt GPS navigation signals. These density fluctuations are accompanied by magnetic signatures due to their diamagnetic effect. Their global distribution can thus be mapped by satellites.

Plenarvortrag 2 – PV2

Einblicke in das Innere des Mars: Ergebnisse der NASA-Mission InSight

Plesa A.-C.*¹, Knapmeyer-Endrun B.², Panning M.³, Stähler S.⁴, Khan A.⁴, Grott M.¹, Rivoldini A.⁵, Wiczorek M.⁶, Spohn T.⁷, Lognonne P.⁸, Smrekar S. E.³, Banerdt W. B.³, and the InSight Team

¹Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Berlin, Deutschland, ²Erdbebenstation Bensberg, Universität zu Köln, Köln, Deutschland, ³Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, Vereinigte Staaten von Amerika, ⁴ETH Zürich, Zürich, Schweiz, ⁵Royal Observatory of Belgium, Brüssel, Belgien, ⁶Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nizza, Frankreich, ⁷International Space Science Institute, Bern, Schweiz, ⁸Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, Paris, Frankreich

Ähnlich wie bei der Erde und dem Mond ist das Innere des Mars in Schichten unterteilt, die aus einem eisenreichen Kern, einem Gesteinsmantel und einer Gesteinskruste bestehen. Der Kern hat sich frühzeitig durch Absinken von Eisen geformt, die Kruste später durch partielle Schmelze. Die Dicke und Zusammensetzung dieser Schichten geben daher Aufschluss über die Zusammensetzung des Planeten und seine weitere geodynamische Entwicklung. Geophysikalische Messungen der InSight-Mission [Banerdt et al., 2020] wurden kürzlich genutzt, um erstmals detaillierte Einblicke in das Marsinnere zu gewinnen. Dazu ist die Mission ausgestattet mit: 1. Dem Seismometer SEIS, [Lognonne et al., 2020], 2. der Wärmeflusssonde HP3, [Spohn et al., 2018]) und 3. RISE, einem X-Band-Empfänger, der es ermöglicht, die Präzession und Nutation der Rotationsachse [Folkner et al., 2018] zu messen. Damit untersucht InSight das Innere des Mars von seinem Kern bis zur Oberfläche.

Die Analyse von Marsbeben zeigen eine Reflektion von einer 1550 km tiefen Grenzschicht, der Kern-Mantel-Grenze. Daraus folgt, dass der Kern Radius am oberen Ende bisheriger Schätzungen liegt. Aufgrund der geringen Dichte des Kerns impliziert dies eine hohe Menge an leichten Elementen wie Schwefel, Sauerstoff, Kohlenstoff und vielleicht sogar Wasserstoff, was auf einen heutigen flüssigen Marskern schließen lässt [Stähler et al., 2021].

Marsbeben konnten auch die Struktur des oberen Mantels bis in 800 km Tiefe offenbaren, und zeigen, dass der Mars heute eine mit 500 km viel dickere thermische Lithosphäre besitzt als die Erde [Khan et al., 2021].

Schätzungen der Krustendicke des Mars, die aus Schwerefeld- und Topografiedaten abgeleitet wurden, konnten durch seismische Messungen verbessert werden. Diese seismischen Daten bieten einen Referenzpunkt für die Krustendicke am InSight-Landeplatz, und zeigen, dass die Kruste dünner und leichter ist als bisher angenommen [Knapmeyer-Endrun et al., 2021].

Diese Ergebnisse liefern wichtige Daten zur Modellierung der thermochemischen Entwicklung des Mars und helfen, sein Inneres im Besonderen und das von Gesteinsplaneten im Allgemeinen zu verstehen.

Referenzen

Banerdt et al. (2020), Nature Geoscience
Lognonne et al. (2020), Nature Geoscience
Spohn et al. (2018), Space Science Reviews
Folkner et al. (2018), Space Science Reviews
Stähler et al. (2021), Science
Khan et al. (2021), Science
Knapmeyer-Endrun et al. (2021), Science

Plenarvortrag 3 – PV3

Space Weather Early Warning System

Shprits Y.*

GFZ Deutsches GeoForschungs Zentrum, Space Physics and Space Weather, Potsdam, Deutschland

The Earth Van Allen radiation belts consist of energetic electrons and ions trapped by the Earth's magnetic field.

Understanding of the dynamics of the radiation belt electrons is important as these energetic particles create a hazardous environment for the Earth-orbiting satellites and humans in space.

Understanding of the dynamics of relativistic electrons is complicated by the fact that each satellite provides only a single point measurement in time and space and does not allow to observe the global evolution of the system.

Recently, the radiation belt community started introducing data assimilation tools and machine learning tools to blend various measurements with various observational errors with physics-based models according to the underlying errors, in an optimal way.

In particular modeling and data, assimilation allow us to provide a real-time forecast of the radiation environment and revile the missing physical processes. We also present an overview of the recently funded by EU Horizon 2020 project led by GFZ that will produce a chain of probabilistic modeling forecasts from the Sun to the inner magnetosphere.

Plenarvortrag 4 – PV4

Experience and acquired knowledge of Larderello geothermal system (Italy): an overview

Giudetti G.*

ENEL Green Power, Pisa, Italien

ENEL is among the major utilities worldwide producing from geothermal resource. To date, Enel Green Power is the only geo-electricity producer in Italy, with an installed capacity of 915.5 MWe (807 MWe efficient capacity), 37 generating units and over 500 wells managed, where the gross electricity generation reached about 6.1 billion kWh. Power plants are located in Tuscany, in the two “historical” areas of Larderello-Travale (first geoplant in the world in operation since 1904) and Mount Amiata.

Larderello is one of the few steam dominated geothermal system known in the world, where two distinct reservoirs have been identified. The upper reservoir is relatively shallow (the top can be within 1000m below ground level) and consists of mesozoic carbonates, dolostones and anhydrites. The lower reservoir, formed by metamorphic basement rocks such as schists, phyllites, micaschists and gneisses, extends to a depth of 3500m and more. Mean temperatures reach 150°-180°C in the first reservoir and about 250 – 300°C in the metamorphic basement. A temperature of 515°C was recorded close to the so called K-horizon, a seismic reflector present at depth, in the root of the system.

During years the installed capacity always increased thanks to the acquired knowledge leading to a strategic vision of reservoir management, new technologies, digitalization, and environmental leadership. The latter is achieved among others through monitoring plans, like the seismicity network implementation (which covers an area of about 820 km² ensuring the detection of microseismic events with magnitude often also near 0), and innovative research and application like the European DESCRAMBLE project, aimed at reaching the K-horizon testing new materials for superhot systems, or the utilization of spectral gamma ray log analyses (SGR) to identify different granitic bodies in the Travale area to reconstruct their shape and geometry.

In more than 60 years of exploitation, geological and geophysical data coming from drilled wells together with geophysical surveys (2D-3D profiles) and geochemical characterization allow deciphering the architecture of the Larderello-Travale geothermal field, although permeability distribution in the reservoir remains somehow puzzling. Together with knowledge in parallel we achieved sustainability of the system and transparency with local population and authorities.

Plenarvortrag 5 – PV5

Machine Learning in Seismology

Beroza G.*

Stanford University, Stanford, Vereinigte Staaten von Amerika

Machine learning is having an impact in nearly all aspects of seismology ranging from forward simulations to seismic imaging to interpretation. To date it is most well-established, and is having the greatest impact, in earthquake monitoring. While some of the trends in using machine learning for earthquake monitoring may play out in other applications of machine learning to seismology, there are good reasons that explain why it has been so successful for this purpose.

There is a well-established sequence of tasks: phase detection, phase association, event location, and event characterization, used to develop seismicity catalogs around the world and across scales. Because the number of earthquakes is universally observed to increase rapidly as magnitude decreases, cataloging somewhat smaller earthquakes will dramatically increase the information available. Appropriate architectures and data augmentation play important roles in developing effective models that generalize well, but access to large, accurately labelled data sets is also critical. The large existing earthquake catalogs and their corresponding waveforms make seismic monitoring an ideal use case for supervised machine learning.

The simplest approach to earthquake monitoring is modular in which individual earthquake monitoring tasks are replaced one-by-one with neural network models that are applied in serial. There are advantages, however, in combining steps in multi-task models, with a complete end-to-end model as an extreme end member, to take advantage of contextual information. AI-based earthquake monitoring is now being deployed for real-time applications, and there is no reason for it not to be applied comprehensively to available archived data. It is allowing seismologists to develop catalogs for both natural and induced seismicity that are far more comprehensive and information-rich. The next challenge will be to use this more complete view of seismicity to understand better the mechanics of earthquake processes. The methods of AI should also be useful for this effort.

ESC1 Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC1.01

From the Magnetic Map to Neolithic Social Structure - New Insights based on Magnetic Inversion

Pickartz N.*¹, Rabbel W.¹, Rassmann K.², Hofmann R.³, Ohlrau R.³, Thorwart M.¹, Wilken D.¹, Wunderlich T.¹, Videiko M.⁴, Müller J.³

¹Universität Kiel, Angewandte Geophysik, Kiel, Deutschland, ²Deutsches Archäologisches Institut, Römisch-Germanische Kommission, Frankfurt am Main, Deutschland, ³Universität Kiel, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Kiel, Deutschland, ⁴Borys Grinchenko Kyiv University, Laboratory of Archaeology, Kiew, Ukraine

A central question in archaeological research examines how habitants organized themselves socially in larger settlements. Can we infer the social structure of ancient communities with geophysical methods?

We want to contribute to this question beyond mapping by quantification of architectural remains. The magnetic map of the Neolithic Cucuteni-Tripolye site Maidanetske (Ukraine) is characterized by the magnetic anomalies of 2300 intentionally burned buildings. Originally, the buildings were constructed with wood and unburned clay that turns into remanent magnetized daub when fired.

We invert the magnetic map with an inverse filtering approach implying an equivalent layer for the magnetic sources. The resulting magnetization distribution is used to quantify the building remains in terms of their magnetic moment, floor area, length/width ratio and a rotation angle. Based on excavation results, we can quantify the spatial correlation of magnetization values and daub masses showing that high magnetization values indicate larger amounts of daub and architectural characteristics. Moreover, the spatial magnetization distribution can reflect the standardized floor plans of the buildings. Hence, the magnetic moment of a building is a proxy for the remaining mass of daub and the magnetic properties are clearly connected to the architecture of the buildings. Uncertain remains so far the influence of burning and preservation conditions.

Yet, we see a clear spatial and temporal correlation between the layout of the site and the magnetic moments of the buildings. For example, buildings in the north of the site belong to an older predecessor settlement and have generally low magnetic moments. In contrast, buildings along a ring street through the site show generally high magnetic moments. Interpreted in terms of social topography, this might indicate higher social status from residents of the ring street in comparison to those from other parts of the settlement. Furthermore, we plan to analyze the ground floor plans to identify different degrees of architectural standardization, differences with regard to the effort of house construction and number of stories. Moreover, we explore the social structure further by statistical analyses such as the Gini-(inequality)-index based on magnetic moments and house sizes.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC1.02

Attribute classification of 3D GPR data collected across a paleokarst breccia pipe on Svalbard

Allroggen N.*¹, Heincke B. H.², Koyan P.¹, Wheeler W.³, Rønning J. S.^{4,5}

¹Universität Potsdam, Angewandte Geophysik, Potsdam, Deutschland, ²Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Geophysics and Sedimentary Basins, Copenhagen, Dänemark, ³NORCE Norwegian Research Centre, Energy & Technology, Bergen, Norwegen, ⁴Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, Norwegen, ⁵Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Department of Geoscience and Petroleum, Trondheim, Norwegen

Ground-penetrating radar (GPR) provides detailed images of sedimentary strata, even where subsurface architecture is complicated. Despite advances in acquisition and data processing, the interpretation of GPR data typically relies on manual approaches which are labor-intensive and depend on the insight and expertise of the individual interpreter. Herein we present a novel, attribute-based classification strategy that can provide a more repeatable and objective basis for the interpretation.

In this study, we apply an attribute-based interpretation strategy to a 3D GPR dataset collected across a paleokarst breccia pipe in the Billefjorden area on Svalbard. The breccia pipes in the Billefjorden area originate from collapse of dissolution features in underlying carbonate and gypsum deposits. With potentially high local porosity and permeability, such features are potential flow paths in hydrocarbon, geothermal, and hydrological reservoirs. With excellent outcrops exposing more than 200 m thick strata including numerous breccia pipes, the Billefjorden area is a textbook example for studying paleokarst features and is well-suited to developing analogue models for paleokarst systems.

Based on an extensive set of 2D GPR profiles, we selected a single breccia pipe for recording a densely sampled 3D GPR dataset (180 m x 80 m, 0.4 m trace spacing). After applying a 3D GPR data processing with full topographic compensation, our 3D GPR data reveal a central area of chaotic reflection patterns that characterize a breccia pipe. These patterns are surrounded by regular, planar slightly dipping reflection patterns that are typical for the undisturbed strata. We interpret these data by tracking selected horizons and by developing an attribute-based interpretation strategy. Our attribute-based interpretation strategy relies on calculating a set of dip-dependent and textural attributes, followed by applying a k-means classification. Both interpretations reveal the outer dimension of the breccia pipe. However, only the attribute-based classification reveals otherwise cryptic characteristics within the chaotic breccia, some of which correlate to features in nearby outcropping breccia. By using 3D GPR followed by an attribute-based classification, we provide 3D information on a breccia pipe. Our data will lead to an improved understanding of the development and destruction of paleokarst systems and provide insights that are important when studying fluid dynamics within them.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC1.03

Influence of the inner rock surface roughness on the SIP response – a numerical study

Zibulski E. *, Klitzsch N.

Applied Geophysics and Geothermal Energy, Aachen, Deutschland

The electrical double layer (EDL) at the inner solid-water-interface controls the electrical polarization of saturated rocks without metallic constituents in the low frequency range. Consequently, spectral induced polarization (SIP) laboratory measurements show a strong correlation between polarization strength and inner surface area of rocks. So far published mechanistic SIP models consider this correlation based on grain or pore sizes but neglect the influence of the inner surface roughness. We study the influence of the inner surface roughness on the SIP response by simulating the frequency dependent complex conductivity of simple micro-scale rock models using Comsol Multiphysics®. Starting from smooth grain and pore models, we introduce surface roughness using a fractal approach and randomly generated surface structures.

We find that distinct surface roughness leads to additional polarization at higher frequencies compared to grains and pores of equal size with smooth surfaces. Additionally, the polarization peak of rough grains shifts to lower frequencies compared to smooth grains. These effects lead to an ambiguity in the interpretation of SIP spectra with respect to structural parameters (e.g., grain size or pore structure), e.g., a mixture of large and small grains could lead to the same SIP response as these large grains with rough surfaces. Overall, our simulation results show the same dependence of chargeability on inner surface area as laboratory measurements and thus the strong influence of inner surfaces roughness on the SIP response. Thus, quantitative interpretation of SIP measurements should account for the inner surface roughness of rocks.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC1.04

Distinguishing Chemical and Depositional Magnetic Records in Sediments

Roud S.*, Gilder S.

Geophysik, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland

How and when sediments record the Earth's magnetic field has been long-debated. Most studies assume a stratigraphically continuous, time progressive lock-in mechanism through torque alignment of detrital magnetic grains (depositional remanent magnetization, DRM). However, magnetic minerals can also form in-situ at any time after deposition, recording the magnetic field by a grain-growth mechanism (chemical remanent magnetization, CRM). Through novel experiments, we have synthesized greigite (Fe_3S_4) in different magnetic fields and substrates to show, for the first time, a direct comparison between the recording efficiency of grain-growth and depositional magnetizations. CRM intensities were up to six times higher than torque-aligned DRMs. The results demonstrate that if CRM components remain unrecognized in paleomagnetic records, paleointensity estimates of the magnetic field can be significantly overestimated. Alternating field demagnetization of the original magnetization in rocks compared to demagnetization of a laboratory-imposed magnetization can distinguish the two recording mechanisms.

ESC2 Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC2.01

The January 2022 Hunga Tonga-Hunga Ha'apai explosive eruption from the multi-technological perspective of CTBT monitoring

Hupe P. *, Steinberg A., Donner S., Gaebler P., Pilger C., Plenefisch T., Ross J. O., Schwardt M., Ceranna L.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), B4.3, Hannover, Deutschland

On 15 January 2022, the huge eruption of the Hunga Tonga-Hunga Ha'apai volcano occurred in the South Pacific Ocean. Considering dedicated instruments, it turned out to be an extremely strong source of waveform phenomena in solid Earth, oceans, and atmosphere.

The eruption caused a long-period atmospheric pressure wave, even measurable with classical barometers and smartphone-based pressure sensors around the globe. Consequently, all infrasound stations of the International Monitoring System (IMS) for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT) detected signals from this event. In addition to the pressure wave, IMS infrasound stations recorded infrasonic signatures travelling around the globe several times in the following days, including the German IS26 and IS27 arrays. The eruption was presumably the strongest infrasound source since the installation of the IMS started.

Seismic PKP phases travelling through the core of the Earth were the first signals of the event registered at German IMS station PS19 and the national Gräfenberg array. At smaller distances, P-wave trains were recorded. A teleseismic moment tensor and ring source inversion analysis of body and surface waves shows a mostly explosive but complex character of the event. Sensors of the hydro-acoustic component of the IMS also recorded the event in the Pacific Ocean.

Finally, the atmospheric sensitivity of the IMS radionuclide stations to hypothetical releases connected with the eruption is investigated by means of Atmospheric Transport Modelling. The results show threshold values for detectable releases of radioactive fission and activation products.

This talk provides insights into ongoing cross-technology analyses of global IMS data capturing this powerful explosive volcanic eruption, which can serve as an upper benchmark event for the CTBT-compliance-monitoring capability.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC2.02

How the interplay of volcanism and tectonics shaped Christiana-Santorini-Kolumbo volcanic field: An outlook on IODP Expedition 398

Preine J.*¹, Hübscher C.¹, Karstens J.², Druitt T.³, Kutterolf S.², Crutchley G.², Nomikou P.⁴

¹Universität Hamburg, Institut für Geophysik, Hamburg, Deutschland, ²Geomar - Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel, Deutschland, ³Université Clermont Auvergne, Volcanology Research Group, Clermont-Ferrand, Frankreich, ⁴National and Kapodistrian University of Athens, Faculty of Geology and Geo-Environment, Athen, Griechenland

The Christiana-Santorini-Kolumbo (CSK) volcanic field lies on the Hellenic Volcanic Arc in the southern Aegean Sea. Its volcanic centers form a NE-SW oriented lineament founded on thinned continental crust in a 100-km-long and 45-km-wide rift zone of en-echelon basins. Having produced devastating events, including the iconic 1600 BCE Minoan Eruption of Santorini and the 1650 CE eruption of Kolumbo, the CSK field is considered one of the most hazardous volcano-tectonic regions in the world. Intensive research over the past decades culminated in a detailed onshore volcanic stratigraphy and revealed the internal architecture of the adjacent rift basins. However, up to recently, the chronological evolution of the volcanic centers and their relationships to the adjacent rift basins remained unknown. We present our latest findings, in which we combine a large dataset of multichannel seismic lines with onshore constraints to establish a regional volcanic-tectonic model that shows for the first time how the volcanic system and hosting rift system evolved in time and space. We show that the CSK field evolved in four distinct volcano-tectonic phases that initiated in the Pliocene with the emergence of the Christiana Volcano and matured in the latest phase to form the Santorini Volcano. These phases reflect the gradual development of a Pliocene-Pleistocene NE-SW oriented fault system overprinting an older Miocene-Pliocene ESE-WNW oriented fault system. One of the most intense rift pulses triggered a disaster cascade involving major sector collapses at Christiana and Santorini and large-scale secondary sedimentary failures that were transported far into the rift basins. However, since these findings are based mainly on seismo-stratigraphic interpretations, the exact ages of individual volcanic sequences, the nature of seismically resolved volcanic deposits, and the exact timing of rifting events remain uncertain. To address these uncertainties, IODP Expedition 398 is scheduled to drill six boreholes at the CSK field from December 2022 to February 2023. These sites will allow us to test our volcano-tectonic model and to expand the constrained 1D stratigraphic models from the wells regionally throughout the rift basins and the Santorini caldera. This major research effort will lead to a detailed understanding of the interplay of volcanism and tectonism which is needed for a more reliable risk assessment of this region of high socio-economic importance.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC2.03

Detection and modelling of strong topography of mid-mantle structures beneath the North Atlantic

Saki M.*, Thomas C., Abreu R.

Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland

There is mounting evidence for the presence of seismic reflectors in the mantle at a depth of around 1000 km, however, the cause for these reflectors is not yet well established and published observations show a range of depth estimates for these structures. Discussion is also still ongoing whether it is one global or several different reflectors. Here we investigate the presence of seismic reflectors beneath the North Atlantic using a large number of PP and SS underside reflections. We analyze over 2600 earthquakes with $M_w \geq 5.7$ and use array seismic methods to improve the visibility of the small-amplitude reflected signals. The measured time lag between PP/SS arrivals and their corresponding precursors on robust stacks are used to estimate the depth of the reflector. Our results reveal the presence of mid-mantle structure beneath the North Atlantic in a depth range of ~ 700 to 1300 km, consistent for both P and S wave observations. The reflector depth is shallower than 1000 km beneath the southern part of the investigation area and deepens seemingly abruptly towards the northern part of the North Atlantic. We find polarity variations in a region of strong depth change which we assume to be due to wave interference. Using 3D waveform modelling we implement models with strong topography as well as models with two overlapping reflectors and two separated reflectors and show that a large step in reflector depth over a short lateral distance, as imaged with our dataset, can be resolved, while the discrimination between strong topography and two overlapping and separated reflectors, respectively, is also possible. The variations in precursor polarity can also be observed in our synthetic data in the region of strong topography confirming our assumption of wave interference for generating apparent precursor polarity and waveform changes. While the opposite polarity can be produced by the two overlapping reflectors as well, the strong topography model is preferred in this region, since we do detect only one reflected signal in our observations.

ESC3 Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC3.01

Anwendung der elastischen Reverse-Time Migration auf Ultraschall-Echo Daten in der zerstörungsfreien Prüfung

Grohmann M.*, Niederleithinger E.

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Deutschland

Das Ultraschall-Echo-Verfahren ist eine klassische zerstörungsfreie Prüftechnik zur Geometriebestimmung sowie Schadensanalyse von Betonkonstruktionen. Um die Abbildung der Ultraschalldaten von komplexen Betonstrukturen zu verbessern, haben wir die Reverse-Time Migration (RTM) aus der Seismik auf die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen übertragen. In einer Vorstudie haben wir einen 2D akustischen RTM Code verwendet und an realen Ultraschalldaten, die an einer Betonfundamentplatte aufgenommen wurden, getestet. Im Vergleich mit dem herkömmlichen Rekonstruktionsalgorithmus für Ultraschalldaten, der Synthetic Aperture Focusing Technique (SAFT), zeigten die akustischen RTM-Ergebnisse eine deutliche Verbesserung in der Abbildung der inneren Struktur der Betonfundamentplatte. Vertikale Reflektoren konnten rekonstruiert werden, was mit dem herkömmlichen Abbildungsverfahren nicht möglich war.

RTM ist, im Gegensatz zu SAFT, eine wellengleichungsbasierte Migrationsmethode und beruht auf der numerischen Lösung der vollständigen Wellengleichung. Die Vorteile sind, dass der Algorithmus sämtliche Informationen des Wellenfeldes verwendet und daher verschiedene Welleneffekte wie z.B. Multipathing berücksichtigt werden können. Die RTM bietet damit die Möglichkeit auch stark geneigte Reflektoren sowie Streukörper mit komplexen Geometrien darzustellen. Ein Nachteil ist jedoch die lange Rechenzeit und der hohe Bedarf an Speicherkapazität.

Ein RTM-Algorithmus, der die elastische Wellengleichung anstatt der akustischen verwendet (wie in unserer Vorstudie angewandt), hat das Potenzial, die Abbildungsergebnisse noch weiter zu optimieren. Das liegt daran, dass unsere Ultraschallmessdaten durch Anregung elastischer Wellen generiert werden. In einem ersten Schritt haben wir zwei elastische 2D-RTM-Algorithmen an synthetischen Ultraschalldaten getestet. Diese wurden mit einem Betonmodell, bestehend aus mehreren Stufen und kreisförmigen Lufteinschlüssen, erzeugt. In einem zweiten Schritt wurden reale Ultraschalldaten mit Scherwellenprüfköpfen an einer Betonstufenplatte mit integrierten Hüllrohren aufgenommen. Die Auswertung der realen Daten mit unserem elastischen RTM-Code war ebenfalls erfolgreich. Wir konnten die Abbildungsqualität der Stufen und Hüllrohre im Vergleich zur akustischen RTM und SAFT verbessern.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC3.02

Implementierung und Anwendung von Georadar Antennenmodellen bei FDTD Simulationen

Stadler S. *, Schennen S., Hiller T., Igel J.

Leibniz Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Die quantitative Auswertung/Interpretation von Georadar Daten ermöglicht neben der Abbildung von Untergrundstrukturen auch das Ableiten der Wassergehaltsverteilung und weiterer Untergrundparameter. Numerische Simulationen von Georadar Szenarien werden dabei unterstützend zur Interpretation von Felddaten oder Entwicklung von Auswerteverfahren eingesetzt, für die quantitative Auswertung wie beispielsweise der Full-Waveform-Inversion (FWI) zur Abbildung und Charakterisierung des Untergrunds verwendet, oder dienen der Datenerzeugung von Georadar Trainingsdaten, wie sie z.B. für Machine-Learning Algorithmen benötigt werden. Bei diesen Simulationen werden bisher aber meist Punk- bzw. einfache Dipolquellen genutzt und nur selten Antennen mit modelliert. Die Antenne ist jedoch ein wichtiger Teil des Systems, indem sie maßgeblich das ausgestrahlte Signal definiert und wie dieses in den Boden transferiert wird. Es ist daher wichtig, die Kopplungseffekte in numerischen Simulationen zu berücksichtigen und realistische Antennenmodelle zu implementieren. Wir präsentieren eine Methode, wie 3D FDTD Modelle von komplex aufgebauten geschirmten Georadarantennen entwickelt werden können. Zunächst wird ein geometrisches Modell der Antennenstrukturen aufgesetzt. Bei kommerziellen Antennen sind jedoch in der Regel keine Informationen über die elektrischen Materialeigenschaften der Antennenkomponenten, die elektrischen Bauteile oder die Form der Anregungspulse bekannt. Diese Unbekannten werden durch Anpassung von synthetischen Wavelets an experimentelle Kalibrierdaten mittels einer Partikelschwarmoptimierung (PSO) ermittelt. Eine Validierung des resultierenden Antennenmodells zeigt, dass sowohl Amplituden als auch Form und Frequenzgehalt der Radarsignale in Abhängigkeit wechselnder Untergrundeigenschaften korrekt wiedergegeben werden. Anhand von Beispielen wird dann gezeigt, welchen Einfluss die Antenne auf die Radargramme hat und welche Bedeutung diesem bei der Interpretation der Daten und Ableitung von Bodenkenngrößen zukommt.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC3.03

Estimating pore-water salinity of offshore freshened groundwater using Bayesian inversion of marine controlled source electromagnetic (CSEM) data A case study in the Canterbury Bight, New Zealand

Faghih Z.*¹, Haroon A.¹, Jegen M.¹, Gehrman R.², Dettmer J.³, Berndt C.¹, Schwalenberg K.⁴, Micallef A.⁵

¹GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Marine Geodynamics, Kiel, Deutschland, ²University of Southampton, Ocean and Earth Science, Southampton, Vereinigtes Königreich, ³University of Calgary, Department of Geoscience, Calgary, Kanada, ⁴Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Marine Electromagnetics, Hannover, Deutschland, ⁵University of Malta, Department of Geosciences, Msida, Malta

Offshore groundwater systems have been suggested as alternative sources of potable water on islands and along densely populated coastal regions, where terrestrial aquifers would not be sufficient to supply inhabitants with fresh drinking water. To characterize freshened offshore groundwater bodies, CSEM methods provide a non-invasive view of the sub-surface resistivity structure, which is primarily controlled by the pore-fluid salinity as well as porosity and degree of cementation of the seafloor. Based on resistivity models derived from CSEM data and sediment porosity estimates, Archie's equation can be used to derive pore-water salinity. 2D gradient-based inversion models have identified a low-salinity body within the Canterbury Bight, New Zealand. However, in terms of certainties the derived resistivity models are limited when trying to quantify salinities and volume of freshened pore-fluid, as they only provide one solution within an ensemble of plausible models. Here, we apply a trans-dimensional Markov-Chain Monte-Carlo (MCMC) algorithm to provide distributions of posterior probability for an ensemble of resistivity models. The inversion is first calibrated at an IODP borehole and subsequently extrapolated onto a basin-scale using both the 1D Bayesian inversion and the 2D gradient-based inversion. In terms of porosity, we consider uncertainties in porosity values associated with different lithological units, identified by seismic data, and integrate them into distribution of the resistivity model models to obtain estimates of pore-water salinity distribution with their associated uncertainty. The distribution of probable pore-water salinity in the vicinity of an existing IODP borehole is validated and calibrated by *in situ* salinity measurements. In addition, we present probability density distribution for pore-water salinity at waypoints in the center of the study area where there is no borehole data available and make a comparison between the posterior distributions and the 2-D inversions of the data. The Bayesian inversion provides a quantitative estimates of model parameters uncertainty and reveals more details in terms of number of interfaces to which 2D gradient-based inversion would be insensitive. Although posterior ensembles and gradient-based 2D resistivity models are fairly consistent, the Bayesian sampling improves our understanding of model parameters especially when it comes to make estimates of volume of freshened offshore groundwater.

ESC4 Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC4.01

Three-dimensional inversion of controlled-source radio-magnetotelluric data collected in the transition zone

Smirnova M.^{*1}, Shlykov A.², Asghari S. F.¹, Tezkan B.¹, Saraev A.², Yogeshwar P.¹

¹University of Cologne, Institute for Geophysics and Meteorology, Cologne, Deutschland, ²Saint-Petersburg State University, Institute of Earth Science, Saint-Petersburg, Russische Föderation

A classical radio-magnetotelluric (RMT) method is now routinely applied to various environmental, engineering, and exploration problems. The method uses the radio-transmitters broadcasting electromagnetic fields at frequencies above 11 kHz. A significant disadvantage of RMT is a lack of robust radio transmitters in remote areas and a limited depth of investigation. To overcome these problems, the controlled sources can be used as an active source – the CSRMT method. Such modification allows measurements in remote areas and in the extended frequency range (from 1 kHz to 1 MHz). However, with controlled sources, it is often difficult to maintain the plain-wave assumption at all frequencies and throughout the survey area. We developed and tested new procedures for 3D modeling and inversion of the CSRMT data in the transition zone, taking into account the source geometry. To resolve 3D subsurface structures, the full impedance tensor should be estimated, which requires measurement from two mutually perpendicular sources. In our study, we consider a horizontal dipole source line as a source. The CSRMT modeling and inversion were implemented within our object-oriented framework – MR3DMod, in Matlab[®].

The software was tested on several synthetic models and two real field data sets. Here, we present the results of the CSRMT measurements in the transition zone, obtained at a test site somewhat 200 km southwest of Moscow. This area is a test site for the geophysical department of Moscow State University. Therefore, the geology of the sub-surface is well-known and various geophysical models and boreholes interpretation are available for comparison. Our 3D model agrees well with this additional information.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC4.02

Reciprocity performance of high-frequency induced polarisation field system, Chameleon II.

Sugand M.*, Hördt A., Hoppenbrock J., Mudler J.

TU Braunschweig, Institute for Geophysics and extraterrestrial Physics, Braunschweig, Deutschland

High-frequency Induced Polarisation (HFIP) is an emerging method in permafrost research, as it can capture the signal of ice contained in the pore spaces. As is the case with any new technology, it is important to scrutinise data accuracy and reliability. Reciprocal measurements, wherein the role of transmitting and receiving dipoles are interchanged, are a proven method for error quantification of geoelectrical field datasets. These are particularly important for HFIP data quality checks due to the likelihood of electromagnetic coupling at high frequencies.

Here we present an initial analysis of the reciprocal response of the 'Chameleon-II' HFIP field measurement system from Radic Research. Chameleon-II is a single channel device designed for high-frequency measurements up to 230kHz. One specific feature is the option to use two transmitters, one at each current electrode, to ensure that each electrode injects the same amount of current to minimise undesired capacitive cable-earth coupling. The maximum distance between the transmitter and the receiver remote unit is 50m. The field setup requires manual adjustment for each measurement.

The reciprocity results of a 2D HFIP survey conducted at Cime Bianche, Cervinia, Italy are discussed. A total of 211 measurements in 4-point configuration were recorded with 10 reciprocals. Due to logistical constraints, only one current transmitter was used for all measurements in this survey. The reciprocals were collected for a range of dipole separation lengths, and at different profile sections to check the impact of electrode coupling due to ground cover. The results show the RMS of Amplitude error (e_z) to be 37.97% and the RMS of Phase error (e_ϕ) to be 3.35°. The RMS errors are skewed by a few data points with poor agreement, especially in the lower frequencies. In other cases, a range of e_z from 1% to 8%, and e_ϕ from 1° to 3° are typical. The error values do not have a bias for any dipole separation lengths. Exceedingly high error values, occurring for a few stations, are attributed to weak electrode coupling at the current injection site due to ground cover, and the limitation of using only one transmitter. In particular, the reciprocals generally agree in the critical high-frequency range, which is essential for ice content estimation. We conclude that there are no significant systematic errors that might prohibit the use of Chameleon II for permafrost research.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC4.03

Monitoring eines Wärmespeichersystems im Aquifer mit Bohrlochgeoelektrik auf der Feldskala

Birnstengel S.*¹, Günther T.², Pohle M.¹, Koedel U.¹, Hornbruch G.³, Nordbeck J.³, Bauer S.³, Dahmke A.³, Dietrich P.¹, Werban U.¹

¹Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Monitoring- und Erkundungstechnologien, Leipzig, Deutschland,

²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik & Elektromagnetik, Hannover, Deutschland, ³Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

Die zunehmende Nutzung oberflächennaher Aquiferstrukturen als Wärmespeicher bedarf Analysen und Risikoabschätzungen zur Auswirkung anthropogener Einflüsse auf das Grundwasser.

Geophysikalische Methoden finden dabei Anwendung zur Überwachung hydrogeologischer Prozesse und liefern Informationen zu den physikalischen Eigenschaften des Untergrundes.

Die Analyse der Zusammenhänge zwischen diesen und den zugehörigen gesteinsphysikalischen Parametern ist für die Interpretation der ablaufenden Prozesse entscheidend.

Dazu wurde am Forschungstestfeld "TestUM" in einem oberflächennahen Aquifersystem, charakterisiert durch quartäre glaziofluviale Sedimente, ein Wämeintragssexperiment durchgeführt und ein geophysikalisches Monitoring entwickelt. Vorangestellte Simulationen der Wärmeausbreitung und damit verbundener elektrischer Leitfähigkeitsvariationen dienten als Grundlage für die Messfeld- und Monitoring Konzeption.

Die Ein- und Ausspeisung von Wärme erfolgte über eine Brunnendublette analog zu einem ATES (Aquifer thermal energy storage) System. In den Aquifer wurde in jeweils 3 Zyklen oberstromig entnommenes Grundwasser auf 80 °C aufgeheizt und wieder in den Zielhorizont zwischen 7 und 14 m unter GOK eingeleitet. Ein Zyklus besteht aus einer Aufwärmphase (14 Tage), einer Standzeit (21 Tage), einer Extraktionsphase (14 Tage) und einer weiteren Standzeit (7 Tage).

In unserem Beitrag stellen wir die Zusammenhänge zwischen geophysikalischen Proxies und der gemessenen räumlichen und zeitlichen Temperaturverteilung im oberflächennahen Bereich dar. Mithilfe einer Zeitreihenanalyse wird dabei der direkte Einfluss der variierenden Temperaturverteilungen im Untergrund auf die elektrische Leitfähigkeit untersucht.

Die gemessenen scheinbaren Widerstände korrelieren mit diskret gemessenen Werten der Temperatursensoren, welche zusätzlich an den Bohrlöchern installiert wurden. Im höchsten Temperaturniveau von 80 °C wird eine elektrische Leitfähigkeitsabnahme um den Faktor 3 verzeichnet. Eine 3D Inversion der Daten ermöglicht die direkte Referenzierung zur gemessenen Temperaturverteilung im Untergrund. Diese Arbeit liefert Informationen zum Auflösungsvermögen und zur Belastbarkeit von Bohrlochgeoelektrik für Wärmespeichersysteme in flachen Aquiferen. Die Arbeiten fanden im Rahmen des BMBF geförderten Projektes TestUM-II "Zyklischer HT-ATES Versuch" (FKZ 03G0898A/B) statt.

ESC5 Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC5.01

Untertägige seismische Erkundung im Opalinuston (Mont Terri)

Esefelder R.*^{1,2}, Lüth S.¹, Wawerzinek B.¹, Giese R.¹, Krawczyk C. M.^{1,2}

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland, ²TU Berlin, Berlin, Deutschland

Mit dem Inkrafttreten des Standortauswahlgesetzes ist das Interesse an der Erkundung der drei möglichen Wirtsgesteine (Ton, Salz und Kristallin) stark gestiegen. Neben Untersuchungen im Labor und der obertägigen Erkundung, ist vor allem die Umfelderkundung im Maßstab der untertägigen Infrastruktur von großer Bedeutung. Damit soll vor allem die Auflösungsücke zwischen Labor- und Oberflächenmessung geschlossen werden. Das von uns eingesetzte Akquisitionssystem zur seismischen Erkundung ist bereits im Salzstein und Kristallin erprobt, was die untertägige Erkundung und Charakterisierung von Tongestein offenließ. Um dieses Wirtsgestein abzudecken, wurden mehrere Experimente im Felslabor (URL) Mont Terri (Schweiz) durchgeführt, welches im Opalinuston gelegen ist. Dabei kamen verschiedene seismische Impuls- und Vibrationsquellen zum Einsatz, um deren Eigenschaften und Nutzbarkeit zur Umfelderkundung im Opalinuston zu testen. Darüber hinaus wurden die seismischen Geschwindigkeiten sowie die Anisotropie der verschiedenen Faziestypen des Opalinustons analysiert. Darauf aufbauend ist eine detaillierte Tomographie der tonigen und karbonatreichen sandigen Fazies durchgeführt worden. Der Quellenvergleich zeigt, dass sich die Impaktquelle besser für Anwendung über größere Distanzen eignet, während die Vibrationsquelle sich besonders bei hochauflösenden Anwendungen mit geringen Offsets empfiehlt. P-Wellen zeigen in der tonigen (~23%) und karbonatreichen sandigen Fazies (~20%) eine deutlich größere Anisotropie als in der sandigen Fazies (~9%). Auch weisen die S-Wellen eine stärkere Anisotropie (32% bzw. 12%) auf als die P-Wellen. Unter Berücksichtigung dieser Anisotropiewerte konnte der Übergang zwischen toniger (~2.9 km/s) und karbonatreicher sandiger (~3.5 km/s) Fazies sehr gut aufgelöst werden. Unsere Experimente liefern eine experimentelle Grundlage für Erkundungsaufgaben, die unter Mont Terri vergleichbaren geologischen Bedingungen stattfinden. Vorherige in Mont Terri getätigte Messungen konzentrierten sich auf sehr hochauflösende Messungen entlang von Bohrungen oder Einzelmessungen mit sehr geringer räumlicher Auflösung. Die hier gesammelten Daten demonstrieren die Auflösbarkeit von Heterogenitäten in den Faziestypen auch über größere Entfernungen hinweg. Sie zeigen grundsätzlich auch die Machbarkeit einer reflexionsseismischen Umfelderkundung vom unterirdischen Bauwerk aus.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC5.02

Numerical investigation of Rayleigh wave ellipticity and velocity using three-component ambient noise beamforming

Finger C.*¹, Lör K.², Saenger E. H.^{1, 3, 4}

¹Fraunhofer IEG, Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie, Bochum, Deutschland, ²University of Aberdeen, Department of Geology and Geophysics, Aberdeen, Vereinigtes Königreich, ³Hochschule Bochum, Bochum, Deutschland, ⁴Ruhr Universität Bochum, Bochum, Deutschland

Ambient seismic noise techniques are emerging as a complimentary tool to active seismic surveys for imaging subsurface velocities. However, questions about uncertainties and best practices of different processing schemes remain.

Most often beamforming or cross-correlation techniques are only applied to the vertical component. In studies of ambient-noise surface waves, it is assumed that only the Rayleigh wave is sampled since the Love wave is not polarized in the vertical direction. Recently, horizontal-to-vertical spectral ratios (HVSr) have been integrated into the analysis of surface wave dispersion curves to better constrain the depths and velocities of shallow structures. In this context, the HVSr curves are used to estimate the Rayleigh ellipticity.

Using three-component surface wave beamforming (3CFK) provides the advantage of obtaining the polarization, and hence the wave type, of recorded waves in addition to the wave velocity over a frequency range. Thus, Rayleigh and Love waves can be identified and distinguished from body waves resulting in more accurate dispersion curves. Furthermore, from the polarization parameters, the ellipticity of the Rayleigh wave may be recovered at the same frequency resolution as the Rayleigh wave phase velocities. Thus, the frequency at which the polarization of Rayleigh wave changes from vertical to horizontal can be directly determined. This frequency is related with the commonly observed phenomenon of intersecting Rayleigh modes in dispersion curves. Determination of this so-called osculation frequency helps distinguish the fundamental and higher-mode Rayleigh waves.

In this study, a synthetic three-component realistic ambient noise wavefield has been created and the application of HVSr and 3CFK has been investigated. Uncertainties of both methods are compared with the true velocities and depths. It can be shown that the depth of the first large impedance contrast can be calculated using the osculation frequency retrieved from Rayleigh ellipticity curves and Rayleigh velocities at frequencies smaller than the osculation frequency.

The methodology presented here is especially suited for large three-component nodal networks. The depth of the first large impedance contrast, in dependence of the array geometry, may be mapped fast and efficiently without the need for costly inversion processes, a priori assumptions or additional information from wells.

Vorträge Nachwuchswissenschaftler*innen

ESC5.03

Shear wave investigation of the deep weathering profile using HVSr method: A case study of La Campana National Park, Chile

Trichandi R.*^{1,2}, Bauer K.¹, Ryberg T.¹, Krawczyk C. M.^{1,2}

¹GFZ Potsdam, *Geophysical Imaging, Potsdam, Deutschland*, ²TU Berlin, *Applied Geoscience, Berlin, Deutschland*

Geophysical methods are now becoming an important tool in subsurface imaging of deep weathering structures. Using seismic methods, different weathering layers can be determined based on the differing seismic velocities. We test a passive seismic approach in imaging the weathered subsurface structure in La Campana National Park, Chile, as a part of the EarthShape project. Using Horizontal-Vertical Spectral Ratio (HVSr) method we image the shear-wave velocity (V_s) of 360 meters profile down to 120 meters depth. The main advantage of using the HVSr method is the ability to image the subsurface without any active seismic source. This can be crucial for subsurface investigation inside areas where any invasive or potentially environment disturbing methods might not be allowed. Using 87 3-components geophones, we recorded ambient seismic noise for 3 days. Using the ambient noise data, we extracted the Rayleigh wave's ellipticity curve for each recording station. The extracted Rayleigh Wave ellipticity curves were then inverted using a Bayesian Inversion scheme which allows us to reconstruct the 1D shear wave velocity (V_s) profile using minimum prior information. With the multiple 1D V_s profile, we produced a pseudo-2D V_s model which we used to characterize the deep weathering layers. The model is then compared with existing borehole data located in the profile. Based on the produced V_s model, we determined three different lithologies in the profile: Saprolite, weathered bedrock, and bedrock. The V_s model shows a thinning of the saprolite layer in the topographic high and thickening in the topographic low. On the other hand, the observed weathered bedrock and bedrock layers are relatively parallel to the surface. The experiment shows the ability of the passive seismic method in identifying deep weathering layers. Application of this method can therefore also help in the deep weathering structure investigation where the usage of active seismic sources is not permitted.

PS-A Postersession A

PS-A.01

Understanding solar phenomena from geomagnetic observatory records

Gilder S.*, Wack M., Kronberg E., Lhuillier F.

LMU, Dept. für Geowissenschaften, Munich, Deutschland

Geomagnetic observatories were initially devised to understand the workings of Earth's dynamo over periods of years to centuries. However, the same records contain information on higher frequency variations related to space weather and its interaction with the magnetosphere. The signals are on the order of a few nT or less, so they are often overlooked as noise. By exploiting differences in instrument responses from scalar and vectorial magnetometers (ΔF), we show it is possible to extract the frequency content of the magnetic field with periods ranging from 0.1 to 100 seconds. One application demonstrates a nearly simultaneous signal in global observatory data when interplanetary shock fronts have relatively high (ca. >800 km/s) solar wind velocities. These storm events show remarkable similarities in time and space as observed on Earth's surface. Another application is to stack hourly averages over an entire year. This latter method shows that the maximum amplitude of magnetic field oscillations occurs near solar noon over diurnal periods at all latitudes except in the auroral oval. Seasonal variability is detectable at high latitudes. Long-term trends in field oscillations follow the solar cycle, with maxima occurring during the declining phase when high-speed streams in the solar wind are dominant. A parameter based on solar wind speed and the relative variability of the interplanetary magnetic field correlates robustly with the ground-based measurements. These findings suggest that turbulence in the solar wind, its interaction at the magnetopause, and its propagation through the magnetosphere stimulate magnetic field fluctuations at the ground over a wide frequency range. ΔF therefore allows one to study solar wind phenomena that produce field line oscillations detectable on the Earth's surface using the publicly available, worldwide database of INTERMAGNET geomagnetic observatories.

Postersession A

PS-A.02

Ergebnisse einer Paläomagnetik- und Paläointensitätsstudie an einer Miozänen Lavastromsequenz aus Kap Verde

Calvo-Rathert M.*¹, Carrancho Á.², Morales J.³, Pérez-Rodríguez N.³, Lebedev V. A.⁴, Caccavari A.⁵, Vegas N.⁶, Goguitchaichvili A.³

¹Universidad de Burgos, Departamento de Física, Burgos, Spanien, ²Universidad de Burgos, Departamento de Historia, Geografía y Comunicación, Burgos, Spanien, ³Universidad Nacional Autónoma de México, Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural - Instituto de Geofísica, Morelia, Mexiko, ⁴Russian Academy of Sciences, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Moskau, Russische Föderation, ⁵Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, México, Mexiko, ⁶Universidad del País Vasco, Departamento de Geodinámica, Leioa, Spanien

Wir berichten über Ergebnisse einer paläomagnetischen und Paläointensitätsstudie, die an einer aus elf nephelinitischen Lavaströmen bestehenden Sequenz aus der Insel São Vicente (Kap Verde) durchgeführt wurde. An der untersten Lava der Sequenz wurde eine K-Ar-Altersbestimmung durchgeführt, die ein Alter von $6,07 \pm 0,16$ (2σ) Ma ergab. Paläomagnetische Ergebnisse zeigen, dass alle Laven eine Magnetisierung normaler Polarität aufweisen. Dieses Ergebnis ermöglichte es das Alter der Sequenz auf ein Intervall zwischen 6,03 und 6,23 Ma einzuengen.

Alle elf analysierten Laven ergaben zuverlässige paläomagnetische Ergebnisse. Ein Vergleich der mittleren Richtung der Sequenz mit der erwarteten Richtung (Afrikanische Polwanderkurve), zeigt dass die Paläodeklination der Sequenz um $26,5^\circ \pm 2,9^\circ$ nach Westen abweicht während beide Inklinationen annähernd übereinstimmen. Diese Beobachtungen könnten mit einer Rotation entgegen dem Uhrzeigersinn um eine vertikale Achse erklärt werden, obwohl die Wirkung einer nicht gemittelten Säkularvariation nicht ausgeschlossen werden kann. Eine Analyse der Paläosäkularvariation zeigt praktisch keine Streuung der virtuellen geomagnetischen Pole um ihren Mittelwert. Ein Vergleich der Streuung der paläomagnetischen Richtungen unserer Studie mit der Streuung paläomagnetischer Richtungen die dem geomagnetischen Modell SHA.DIF.14k entnommen wurden, legt nahe, dass die Sequenz in nur wenigen Jahrhunderten aufgebaut wurde.

Paläointensitätsbestimmungen wurden mit zwei verschiedenen Methoden durchgeführt: Thellier-Coe und *Multispecimen*. Thellier-Coe Experimente an 66 Proben ergaben 22 erfolgreiche Bestimmungen und *Multispecimen*-Paläointensitätsexperimente an 11 Proben, 8 erfolgreiche Bestimmungen. Die gemeinsame Analyse der Ergebnisse beider Methoden ergab eine mittlere Paläointensität $F = (18,5 \pm 1,9) \mu\text{T}$. Dieses Ergebnis liegt deutlich unter dem heutigen Wert $F_p = 33,1 \text{ mT}$ auf São Vicente.

Postersession A

PS-A.03

Bayesian inversion of magnetic data: A sensitivity study of Australia

Dilixiati Y. *, Szwillus W., Ebbing J.

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel, Deutschland

Estimating the susceptibility and depth to the bottom of the magnetic layer is an ill-posed problem. Therefore, assumptions of one of the parameters have to be made in order to estimate the other. Here, we apply a linearized two-step Bayesian inversion approach based on the Monte Carlo Markov chain sampling scheme to invert magnetic anomaly data over Australia considering independent estimates of the bottom of the magnetic layer from heat flow estimates. The approach integrates the 'fractal' description used in the spectral approaches by a Matérn covariance function and point constraints derived from heat flow data. In our inversion, we simultaneously solve for the susceptibility distribution and the thickness of the magnetic layer.

As input magnetic field, we combine the aeromagnetic data of Australia with the recent satellite magnetic model, LCS-1, by a regional spherical harmonic method based on a combination of an equivalent dipole layer and spherical harmonic analysis. The data are presented in various heights from 10 – 400 km in order to minimize local scale features and to maximize sensitivity to the thickness of the magnetic layer. As constraint, we use estimates of the magnetic layer based on measurements of geothermal heat flow and crustal rock properties. Hereby, we assume that the Curie isotherm does coincide with the deepest magnetic layer. We systematically explore the effect of increasing model resolution and of the geothermal heat flow values. Hereby, we consider the spatial distribution of geothermal heat flow values and consider their accuracy and quality. First result show, that if not sufficient constraints are provided, the inversion cannot outperform simple interpolation. However, we also study how heat flow constraints from seismic tomography models can complement the geothermal heat flow constraints.

Postersession A

PS-A.04

A new strategy for aeromagnetic survey merging and application to Greenland

Freienstein J.*¹, Szwillus W.¹, Yixiati D.¹, Heincke B.², Ebbing J.¹

¹*Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland*, ²*Geological Survey of Denmark and Greenland, Copenhagen, Dänemark*

Aeromagnetic surveys help us to learn about geology. To achieve good coverage, surveys need to be merged. However, conventional methods introduce long-wavelength bias and cannot handle the individual survey quality. We develop a new approach to process large aeromagnetic surveys with an equivalent layer approach and combine them with satellite data. To facilitate the usage of large data sets, we divide the study area into blocks and treat each block individually. We adjust the block size according to the resolution of the equivalent source model. Within each block we solve for equivalent sources using an iterative linear inversion with Tikhonov regularization. We apply a multi-resolution strategy by iteratively decreasing the dipole spacing, dipole depth and block size. In each step, the resolution is applied to the residual of the previous steps. This ensures both a good representation of the large and small-scale structures as well as reasonable computational costs. Advantages of the blockwise inversion are the handling with large data sets due to splitting up the study area and neglecting influences of sources above a certain distance. This reduces computational costs and still fits the data well in comparison with an unblocked inversion. Some structures cannot be resolved well with just one dipole layer, so the multi-resolution strategy enables to have a better fit by separating regional and local sources. For the final compilation, we replace the long wavelengths part of the aeromagnetic data with satellite data to spherical harmonic degree 110. We demonstrate our new approach with a newly compiled large data base for Greenland.

Postersession A

PS-A.05

Kalibrierung eines Inertialen Messsystems für aeromagnetische Anwendungen

Mersmann H.*, Virgil C., Hördt A.

TU Braunschweig, Institut für Geo- und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland

Magnetische Kartierung mittels unbemannter Drohne (UAV) findet in den vergangenen Jahren ein immer breiteres Einsatzgebiet. Gerade bei oberflächennahen Messungen, zum Beispiel in der Kampfmitteldetektion, ist aber die genaue Kenntnis über die Position und Orientierung der Magnetometer für die Auswertung entscheidend. Im Rahmen des EFRE-Projektes „Ultraleichtes Gradiometersystem für geophysikalische Magnetfeldmessungen mit unbemannten kleinen Luftfahrzeugen“ haben wir ein System entwickelt, das aus zwei Inertialen Messsystemen (IMUs: Gyroskop/Beschleunigungssensor) und zwei Fluxgate Magnetometern besteht.

Um die Reorientierung der gemessenen Magnetfeldgradienten in das geographische Koordinatensystem mit Hilfe der IMU-Daten mit der nötigen Genauigkeit zu erreichen, müssen zunächst alle Sensorgruppen für sich kalibriert werden. Für die Bestimmung des Skalenfaktors, der Nullpunktverschiebung und des Fehlwinkels zwischen zwei Sensorachsen wird eine Multipositionskalibrierung verwendet. Bei dieser Methode wird der Sensor in unterschiedliche Orientierungen zu einem Referenzvektor gebracht und der konstante Betrag als Ziel der Kalibrierung verwendet. Die Konstanz des Referenzvektors ersetzt die exakte Bestimmung der Ausrichtung der Sensoren, sodass kein teures Equipment benötigt wird und die Kalibrierung im Feld durchgeführt werden kann.

Zusätzlich zum Fehlwinkel zwischen zwei Sensorachsen existiert bei einem Inertialen Messsystem ein Fehlwinkel zwischen den Sensoren. Dieser Fehlwinkel zwischen den IMU-Komponenten (Beschleunigungssensor und Gyroskop) kann die Genauigkeit der Daten beeinträchtigen.

Wir erweitern unsere Multipositionskalibrierung um die Bestimmung dieses Fehlwinkels, indem zunächst das Problem durch simulierte Messungen untersucht und danach die erweiterte Kalibrierung auf Daten angewandt wird, welche auf einem unter dem Winkel Φ angestellten Drehteller konstanter Drehfrequenz gemessen wurden. Aus dem Vergleich der Drehachse, bestimmt aus den Beschleunigungsdaten, und den Kreiseldaten können nun über eine Optimierung die Fehlwinkel zwischen dem Beschleunigungssystem und dem Kreiselsystem berechnet werden. Abschließend wird die Kalibrierung mit und ohne Fehlwinkel verglichen, um die Auswirkung der Routine zu erfassen und zu beurteilen, ob so eine höhere Genauigkeit von magnetischen Kartierungsdaten erreicht werden kann.

Postersession A

PS-A.06

An Image Segmentation Approach for the Detection of Small-scale Magnetic Anomalies

Gödickmeier P.*, Weit S., Börner R.-U., Spitzer K.

Institute of Geophysics and Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

Due to the still enormous burden of unexploded ordnance (UXO) in the subsurface worldwide, the safe recovery of a wide variety of buried weapons and ammunition requires efficient and reliable detection methods. Using a deep learning approach applied to magnetic field data distributed areal along the surface, we aim to achieve a more accurate localization of UXO and small magnetically effective objects in general by detecting the specific signature of their magnetic anomaly. To investigate the applicability of this approach, we developed a deep convolutional neural network that performs image segmentation in different potential measurement scenarios. In this process, the sought small-scale target signals should be distinguished from different background fields containing, e.g., different types of noise or additional magnetic structures irrelevant in this context. For this purpose, extensive synthetic data sets were generated first using numerical simulations of the magnetic dipole fields of multiple objects. The resulting multi-dipole scenarios and corresponding masks are then passed to the network, which is trained on a test and validation set to produce a representative model for the trained simulation examples. At the end of the training process, this model is supposed to be able to predict yet unknown examples from an evaluation set. Subsequently, the prediction quality of the resulting model needs to be analyzed to fine-tune the parameters of the assumed network architecture or even the architecture itself. The poster we present deals with the generation and preprocessing of appropriate training data, the applied network architecture, and preliminary results of the first evaluation stages.

Postersession A

PS-A.07

Testing the use of elastic-net constrained optimization for magnetic bottom depth estimation.

Nwosu O. B.* , Becken M.

University of Muenster, Institute of Geophysics, Muenster, Deutschland

Depth to the bottom of magnetization (Z_b) as controversial as it is in potential field study is majorly estimated from the analysis of spectral power density of magnetic data. It has been a very important parameter that aids in geothermal system characterization, heat flux & heat loss evaluation, and geothermal exploration. As an alternative approach, we tested the use of L1-regularized 3D inversion schemes using an approximate linear modeling scheme in the estimation of Z_b . L1-regularization enforces the sparsest of all equivalent model estimates. Therefore, L1-regularized inversion models can be thought of as an extremal equivalent model with the most focused and deepest anomalies, opposing for instance equivalent surfaces layers of magnetization. However, L1 has critical drawbacks of being overly sparse, magnetization per unit volume is larger and susceptibility value is overestimated. Hence, in order to achieve more realistic representations, we need to mitigate this effect by introducing a little of smoothness and magnetization volume properties that are inherent in L2-regularized models. We found that elastic-net (part L1 and part L2) regularized models can create this balance; the sparsity nature is preserved by L1-norm, and the overly concentrated model is balanced by L2-norm creating compromised (smooth-sparse) feature complexities. The maximum depths of the deepest inverted smooth-sparse susceptibility distributions that best explains the observed surface magnetometer data is assumed a direct indicator of the Z_b within each region. The code when tested on both noise-corrupted synthetic data and field data showed satisfactory results for the synthetic models; and for the field data, a consistent result with Z_b spectral estimates. The developed Z_b estimation code can also serve as a good tool for 3-D magnetic modeling.

Postersession A

PS-A.08

Einsatz von Machine Learning zur automatischen Auswertung in der Kampfmittelbergung

Horstmann R.*¹, Holzrichter N.¹, Strahser M.², Marquardt K.², Ebbing J.¹

¹*Institut für Geowissenschaften CAU Kiel, Kiel, Deutschland*, ²*EGGERS Kampfmittelbergung GmbH, Tangstedt, Deutschland*

Die Detektion von Blindgängern und anderen Kampfmittelaltlasten mittels geomagnetischer Verfahren wird größtenteils manuell durchgeführt und stützt sich damit auf die subjektive Erfahrung der auswertenden Person. Machine Learning wird mittlerweile in vielen verschiedenen Feldern erfolgreich eingesetzt und spielt vor allem bei statistischen Problemstellungen eine große Rolle. In der hier präsentierten Anwendung wird ein Random Forest Algorithmus zur automatisierten Detektion verwendet, welcher anhand einer umfassenden Datenbank möglicher Kampfmittelsignaturen darauf trainiert wurde, Bohrlochmessungen auf magnetische Objekte auszuwerten, indem er ihm unbekannte Spuren selbstständig als belastet oder freigegeben kategorisiert.

Für diesen Lernprozess wurden synthetische Messdaten modelliert und schrittweise mit realistischem Noise überlagert, um eine möglichst umfangreiche Sammlung an Beispielen zu erzeugen. Die Ergebnisse zeigen, dass bei Messdaten mit geringem Anteil an Noise eine sehr zuverlässige Erkennung der belasteten Spuren möglich ist und nur Einzelfälle falsch kategorisiert werden. Zunehmendes Rauschen auf den auszuwertenden Daten senkt die Genauigkeit stark, wobei ausgeprägte Signale und freie Spuren in den meisten Fällen dennoch richtig maschinell vorhergesagt werden.

Im letzten Schritt wurde der Algorithmus auf einen realen Messdatensatz mit bekannten Störkörpern angewandt, welcher ebenfalls größtenteils richtig kategorisiert wurde und die Position des gesuchten Kampfmittels einschränken konnte.

Obwohl der entwickelte Algorithmus vor allem in Bezug auf Rauschen noch nicht ausreichend trainiert ist, kann er geomagnetische Bohrlochspuren ohne eindeutige Signaturen von Bomben meist richtig erkennen und zuordnen, was vor allem für eine Vorsortierung großer Datenmengen genutzt werden kann.

Postersession A

PS-A.09

Archäomagnetische Untersuchungen an der protohistorischen Ausgrabungsstätte Grakliani (Georgien, Kaukasus)

García-Redondo N.¹, Calvo-Rathert M.*¹, Carrancho Á.², Licheli V.³, Goguitchaichvili A.⁴, Dekkers M.⁵, Bradak-Hayashi B.⁶

¹Universidad de Burgos, Departamento de Física, Burgos, Spanien, ²Universidad de Burgos, Departamento de Historia, Geografía y Comunicación, Burgos, Spanien, ³Tbilisi State University, Institute of Archaeology, Tbilisi, Georgien, ⁴Universidad Nacional Autónoma de México, Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural - Instituto de Geofísica, Morelia, Mexiko, ⁵Utrecht University, Department of Earth Sciences, Paleomagnetic Laboratory Fort Hoofdijk, Utrecht, Niederlande, ⁶Kobe University, Kobe, Japan

Wir berichten über Ergebnisse archäomagnetischer und Archäointensitätsmessungen, die an verbranntem archäologischem Material der archäologischen Stätte Grakliani (Georgien, Kaukasus) durchgeführt wurden. Stratigraphische und archäologische Information ordnet alle untersuchten Proben dem Zeitintervall zwischen dem 12. und 1. Jahrhundert v. Chr. zu. Ziel dieser Arbeit war es, weitere Information über die Variation des Erdmagnetfeldes im Kaukasus in diesem Zeitintervall zu erhalten und, falls möglich, zur Datierung der Fundstellen beizutragen.

Paläomagnetische Untersuchungen wurden an neun Verbrennungsstrukturen durchgeführt, während Archäointensitätsexperimente an sechs Verbrennungsstrukturen und acht Keramikfragmenten durchgeführt wurden. Dabei wurden zwei verschiedene Methoden benutzt, die Coe- und die IZZI-Variante der Thellier Methode. Darüber hinaus wurden zusätzliche Experimente zur Korrektur der Anisotropie der Thermoremanenz (ATRM) der Archäointensitätsbestimmungen durchgeführt. Zuvor wurden an allen untersuchten Proben gesteinsmagnetische Untersuchungen durchgeführt, um Information über die Remanenzträger zu erhalten und um herauszufinden, ob die analysierten Proben für Archäointensitätsbestimmungen geeignet waren.

Allen neun untersuchten Verbrennungsstrukturen ergaben zuverlässige paläomagnetische Ergebnisse. Darüber hinaus wurden an sechs Verbrennungsstrukturen und sieben Keramikfragmenten erfolgreiche Archäointensitätsbestimmungen durchgeführt. ATRM-korrigierte Archäointensitätsergebnisse liegen zwischen 64,8 und 94,3 μT . Eine vorläufige archäomagnetische Datierung wurde in sechs Verbrennungsstrukturen versucht. Das Erzielen eindeutiger Ergebnisse wird jedoch durch das Fehlen zuverlässiger archäomagnetischer Daten in der Kaukasus-Region für den untersuchten Altersbereich (XII v. Chr. - I v. Chr.) behindert. Derzeit werden an einigen der untersuchten Materialien neue ¹⁴C-Altersbestimmungen durchgeführt, um neue zuverlässige archäomagnetische Qualitätsdaten für die Säkularvariationskurve des Kaukasus zu erhalten.

Postersession A

PS-A.10

Coarse-resolution UAV-borne magnetic prospection for settlement archaeology in Nonnweiler / Saarland

Schmidt V.*¹, Kligen S.¹, Fritsch T.²

¹*Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland*, ²*Terrex gGmbH, Forschungsprojekt Keltischer Ringwall Otzenhausen, St. Wendel, Deutschland*

The use of unmanned aerial vehicles (UAV) for magnetic prospection has increased significantly in recent years, and it is especially beneficial for km²-size surveys, e.g. for natural resource exploration. Nonetheless, the applicability of UAV-borne measurements has been shown also for archaeological prospection, although the magnetic mapping with sub-meter resolution is carried out more effectively using multichannel magnetometer arrays. However, in landscape archaeology larger areas are considered and many features of interest like settlements, pathways, etc., could be also imaged with coarse-resolution UAV-borne magnetic surveys. These measurements can be carried out independent of agricultural use of the area and permitting will be facilitated.

We present results of a UAV-borne, medium-scale magnetic survey at the site "Spätzrech" in Nonnweiler, where a Gallo-Roman vicus existed. A temple and settlement activities are known from prospections and excavations in the 1980s. Magnetic measurements should clarify whether there are other traces of settlement in the surroundings. We used a total-field magnetometer (MagArrow) from Geometrics attached to a modified DJI S1000+ octocopter, and a laser rangefinder for altitude control. The magnetometer was flown at a distance of <1 m above the ground surface. An area of about 15 hectares was surveyed in less than 2 days. The spacing between profiles was 2 m and the data resolution along profiles is about 20 cm. The magnetogram shows a variety of geological and anthropogenic features, including a presumed ancient pathway. A characteristic pattern adjacent to the street could be interpreted as a strip-house settlement. Although the data resolution orthogonal to the flight lines is too low to image individual building structures, the results can serve as guidance for focused follow-up measurements with higher resolution.

Postersession A

PS-A.11

Large-scale UAV magnetometry on a former World War II airfield at Ganacker (Lower Bavaria, Germany).

Stele A.¹, Linck R.*^{1,2}, Schikorra M.³

¹Bavarian State Department for Monuments and Sites, Z V: Archaeological Prospection, Munich, Deutschland, ²Ludwig-Maximilians-University Munich, Institute for Geophysics, Munich, Deutschland, ³SENSYS - Sensorik & Systemtechnologie GmbH, Bad Saarow, Deutschland

In the last few years, several Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based magnetometer systems have been tested for archaeological prospection. Due to their higher sensitivity, scalar magnetometers have been preferred as test sensors. However, total field magnetometer are vulnerable to disturbances, especially those generated by the UAV itself. Therefore, most UAV scalar magnetometer systems use the method of increasing the distance between magnetic sensors and the UAV to reduce interference. But freely suspended sensors tend to swing on ropes under the UAV and can produce data that are strongly influenced by heading errors. For our test, we therefore chose the UAV-fixed, compact setup of the SENSYS MagDrone R4, which is equipped with five three-axis FGM3D/75 fluxgate sensors at 50 cm spacing and is covering a swath width of 2.5 m. The 200Hz sampling rate of the R4 allows easy filtering of interference generated by the UAV and external disturbances like power lines or infrastructure. Magnetograms with a spatial resolution of up to 0.20 m per pixel were produced from the data.

At Ganacker, we chose the former infrastructure core of the World War II German Air Force airfield as a test site. A wide range of archaeological structures and features with high magnetic contrast were expected on this area. The test site is currently an open agricultural area with a quite flat terrain. Hence, the R4 could be operated at a fixed flight height of just one metre above the surface of the terrain that is controlled actively by a radar sensor. An area of around 110 hectares were prospected within only four days. The MagDrone R4 system thus offers an outstanding survey area progress that cannot even be reached by common vehicle-moved multi-sensor arrays.

Here, we present the first results of this test survey by comparing the magnetograms, historical and current geodata. Most of the expected archaeological features and several unknown ones were detected by the R4 system. Our results show that the R4 system is well suited for mapping large archaeological structures with high magnetisations. In the future, we want to compare the R4 data with data from a ground-based fluxgate magnetometer. We also want to test whether the system is suitable for detecting archaeological features that have lower magnetic susceptibility and remanence contrasts with the surrounding soil.

Postersession A

PS-A.12

Testing the advantages of ultra-dense GPR antenna arrays for the Archaeological Prospection

Linck R. ^{*1,2}, Stele A.¹, Schuler H.-M.³

¹Bavarian State Department for Monuments and Sites, Z V: Archaeological Prospection, Munich, Deutschland, ²Ludwig-Maximilians-University Munich, Institute for Geophysics, Munich, Deutschland, ³IGM Ingenieurgesellschaft für Geophysikalische Messtechnik mbH, Überlingen, Deutschland

During the last few years, the use of Ground-Penetrating-Radar (GPR) multi-channel antenna arrays in the Archaeological Prospection increased dramatically. The main advantage of this type of survey is a much faster data acquisition combined with a dense profile spacing. However, most of the common multi-channel arrays consist of antennae with a spacing of not smaller than 8 cm. The aim of our test survey was to evaluate how an even denser spacing of 4 cm that is provided by the IDS Stream-C GPR device at a centre frequency of 600 MHz can improve the detection of small archaeological features.

As a test site, we chose the Great Bath in Kempten-Cambodunum. This first capital of the Roman province Rhaetia never has been overbuilt in the following centuries and even today it is used as a grassland declared as an Archaeological Park. Already in 1911, the Great Bath was excavated and beside the walls of different building phases, also small features like a multitude of hypocaust pillars were unearthed. Hence, this building structure depicts an ideal test site and a 40x40m grid covering the main part of the construction was chosen for the application of the antenna array. As a comparison, the same grid was contemporaneously surveyed with a single antenna IDS Duo device (600 and 200 MHz) and a 50 cm profile spacing.

Regarding the walls of the Roman bath, the two surveys show comparable results: both datasets represent the stone constructions of 50 – 90 cm width quite well. Furthermore, the depth slices of both devices provide a differentiation of the single building phases. Nevertheless, the resolution for the multi-channel antenna array is of course much higher due to the denser profile spacing. Huger differences occur for the hypocaust pillars of 25 cm lateral length. These features can be mapped in detail with the 4 cm profile spacing of the IDS Stream-C system. Whereas the IDS Duo can only resolve some of the hypocausts, a multitude of them gets visible between 70 and 110 cm depth in the Stream-C data.

As a conclusion, it can be stated that standard archaeological remains like stone walls, for sure, can be surveyed with single antenna GPR devices in a common profile spacing of 50 cm. However, in case of the existence of faint archaeological features the application of ultra-dense antenna arrays like the IDS Stream-C is advisable to get a comprehensive overview of a site without the necessity to excavate them.

Postersession A

PS-A.13

Casa del Citarista (Pompeii, Italy): a contribution to the reconstruction of the different building phases using ground penetrating radar (GPR)

Corradini E.*¹, Busen T.², Haug A.³, Erkul E.¹, Fischer S.¹, Stuempel H.¹, Rabbel W.¹

¹*Christian-Albrechts University, Kiel, Kiel, Deutschland*, ²*Deutsches Archäologisches Institut (DAI), Berlin, Deutschland*,

³*Institute of Classics | Classical Archaeology, Kiel, Deutschland*

The Casa del Citarista on Insula I 4 in Pompeii is one of the largest in the city with an extension of 2700 square meters, and reached this extent thanks to the progressive incorporation of various properties. This complex building process led to the development of an irregular plan, with two atria and three peristyles. The extension visible today might have been reached in the first century BC, and it belonged to members of the very powerful Popidii family. We present a GPR survey conducted in addition to architectural investigations undertaken on site. The GPR survey was done with a GSSI dual frequency (300 and 800 MHz) antenna providing profiles with 30cm spacing with the aim to detect building structures lying below the existing ancient floor levels and to contribute data about even older building phases on Insula I 4. The results show, for the northern sector, the presence of former walls between 0.30m and 1.10m depth, but the most interesting feature is correlated to a buried cistern visible as an elongated high reflectivity area of about 11m length and 2m width. Due to a 3D modeling we were able to reconstruct its shape including the bottom and a transversal passage at the southern edge. The southern sector shows different GPR reflectors which can be correlated to the different building phases identified during the architectural survey. In particular, reflectors between 0.5m and 1.20m are correlated to two anterior houses (3rd/2nd century BC) which were incorporated during time. The profiles crossing former excavations carried out in the early 20th century confirm the presence of ancient floors and walls. During the 2nd/1st century BC an expansion to the northeast occurred, delivering the construction of a porticus, whose floor is visible in the GPR record as well. A third construction phase occurred during the Late Republican and brought to the establishment of both peristyles. The focus of the geophysical investigation regarding this phase is the hydraulic engineering work between the two peristyles, consisting of the installation of a drainage channel for the new reservoir in the central peristyle and a water drainage channel from the peristyle roof on the east. The reconstruction of the building phases of the Casa del Citarista is based on the architectural survey and historical sources. The GPR survey significantly enriched and confirmed these hypotheses and allowed to better understand the early building phases retraceable mostly underground.

Postersession A

PS-A.14

Geophysical multimethod investigations of a tell settlement near Chiselet (Romania) including seismic full-waveform inversion

Zolchow M.*¹, Pickartz N.¹, Serbanescu A.², Erkul E.¹, Köhn D.¹, Wilken D.¹, Dreibrodt S.³, Hofmann R.⁴, Müller J.⁴, Lazar C.², Rabbel W.¹

¹*Institute of Geosciences / Kiel University, Geophysics, Kiel, Deutschland*, ²*Research Institute of the University of Bucharest (ICUB) / University of Bucharest, ArchaeoSciences Division, Bucharest, Rumänien*, ³*Institute for Ecosystem Research / Kiel University, Kiel, Deutschland*, ⁴*Institute of Pre- and Protohistoric Archaeology / Kiel University, Kiel, Deutschland*

Due to their size, topography and heterogeneity, tell settlements are challenging targets in the field of archaeogeophysics, since traditional geophysical prospection methods are often limited by penetration depth or resolution. Seismic full-waveform inversion (FWI) has been proven as promising method to overcome these issues. Therefore, in recent years FWI is integrated to multi-method approaches for geophysical prospection of heterogeneous stratified archaeological targets like burial or settlement mounds. As a case study to prove the applicability of our seismic FWI integrated multi-method strategy to geophysical investigation of prehistoric settlement mounds, we performed measurements at a Chalcolithic tell in the lower Danube basin near Chiselet (Romania). Aim of the investigation was to reconstruct stratigraphic units of different settlement phases and to identify archaeological features like house remains, pits and trenches. We combined hammer impact shear wave seismics with other geophysical methods including electrical resistivity tomography (ERT), electromagnetic induction measurements (EMI) and ground penetrating radar (GPR) along parallel and crossing profiles at the tell top and its flanks. The seismic data was analyzed using two-dimensional, (visco-) elastic FWI in time-domain based on the inversion of dispersive Love- and refracted SH-waves. To enhance and verify interpretation, the results are compared to results from geomagnetic mapping, drilling cores, small-scale excavations and down-hole measurements of the magnetic susceptibility. The FWI results show a significant correlation between anomalies of increased seismic shear wave velocity and magnetic anomalies of burned house remains, whereas measurements of electrical resistivity are interfered by a high degree of dehydration at the ground surface. Furthermore anomalies of seismic velocity and electric resistivity near the tell flank and its surrounding plane may refer to a former fortification ditch, material extraction trench or palaeochannel. To verify the current results, further investigations of local sedimentation processes are planned for future campaigns.

Postersession A

PS-A.15

3D inversion of loop-loop frequency domain EMI in-phase data can unveil detailed structure of buried foundations.

Guilemoteau J.*¹, Dousteyssier B.², Heinig L.¹, Nzouatchoua Tchana S.¹, Tronicke J.¹

¹*University of Potsdam, Institute of Geosciences, Potsdam, Deutschland,* ²*Université Clermont Auvergne, Maison des Sciences de l'Homme, Clermont-Ferrand, Frankreich*

Frequency domain electromagnetic induction (FD-EMI) sensors using a double magnetic dipole (loop-loop) geometry are efficient tools to rapidly sense the electrical and magnetic properties of the subsurface. Recent progress in instrumentation including the development of multi-configuration systems, high resolution acquisition using total station tracked platform and fast full 3D inversion procedures, allows the reconstruction of 3D subsurface electrical and magnetic properties distributions with unprecedented details. In this study, we analyse the capabilities of a 3D magnetic susceptibility/permeability imaging procedure for the interpretation of FD-EMI in-phase data. A first synthetic experiment highlights how the full 3D inversion of typical noisy in-phase data can unveil subsurface signatures, which might be hardly detected in a qualitative analysis of the data space. We further demonstrate this feature with a real data set acquired on a Gallo-Roman archaeological site in Orcines, France. Here, the 3D inversion of FD-EMI in-phase data collected with an optimal acquisition strategy unveils the presence of remains that are not visible in the original data maps due to the high amplitude geological background signal. In addition, more obvious buildings signatures are much better resolved after inversion and more importantly, the conclusion regarding their architecture is significantly changed in the light of the inversion results. This study confirms the limitations of qualitative analysis of FD-EMI data and thereby motivate the need of 3D acquisition/interpretation procedures, which are able to optimally exploit the information provided by such a geophysical method.

Postersession A

PS-A.16

First multimethod results from Sultana (Romania)

Pickartz N.*¹, Serbanescu A.², Erkul E.¹, Zolchow M.¹, Wilken D.¹, Hofmann R.³, Müller J.³, Lazar C.², Rabbel W.¹

¹Universität Kiel, Angewandte Geophysik, Kiel, Deutschland, ²The Research Institute of the University of Bucharest, Bucharest, Rumänien, ³Universität Kiel, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Kiel, Deutschland

In summer 2021, Kiel University and University of Bucharest conducted joint multidisciplinary fieldwork at the Neolithic site Sultana, Romania. The site is located about 65 km South-East from Bucharest and less than 15 km from the Danube. The remains of a settlement mound, a so-called tell, and flat settlements as well as cemeteries are directly located at the western shore of the Iezerul Mostiștei Lake threatened by erosion. We present first results for the geophysical multimethod measurements at a building in the off-tell settlement. In 2018, magnetic measurements revealed the magnetic anomaly of another building structure next to an ongoing excavation. To derive the three-dimensional geometry of the magnetic source bodies we conducted additional measurements in summer 2021 after removal of 20 to 30 cm topsoil. The additional measurements consist of four electric resistivity tomography (ERT) profiles (three parallel, one crossing), areal electromagnetic induction (EMI) measurements, ground penetrating radar (GPR) and down-hole susceptibility measurements to 3 m depth. The ERT-profiles show resistive ($> 60 \Omega\text{m}$) bodies in about 1 m to 2 m depth in a conductive ($< 60 \Omega\text{m}$) environment. The ongoing evaluation of the other measurement methods aims to derive an integrative three-dimensional image of the archaeological structures. Ground truthing will be possible after the planned archaeological excavation and therefore enables to access the accuracy of the derived three-dimensional image.

Postersession A

PS-A.17

Geophysikalische Prospektion zur Erkundung von Kurganen auf dem Uzun Rama Plateau im Kaukasus, Aserbaidschan: Erste Ergebnisse

Erkul E.*¹, Fischer S. L.¹, Ricci A.², Kneisel J.², Jalilov B.³, Rabbel W.¹

¹Institut für Geowissenschaften, CAU, Geophysik, Kiel, Deutschland, ²Institut für Ur- und Frühgeschichte, CAU, Exzellenzcluster ROOTS, Kiel, Deutschland, ³Institute of Archaeology, National Academy of Science, Baku, Aserbaidschan

Die einmalig gut erhaltenen und gut sichtbaren archäologischen Grabhügel im Kaukasus, die sogenannten Kurgane, sind eine bisher wenig erforschte Quelle, die zur Ausbreitung früher Metallkulturen entscheidende Hinweise liefern können. In dieser Region wurden Kurgane in der Mitte des 4. bis 1. Jahrtausends v. Chr. errichtet und benutzt. Der Ressourcenreichtum des südlichen Kaukasus mit seinen reichen Metallvorkommen (u. a. Kupfer, Silber und Gold) spiegelt sich in der reichen Ausstattung der Gräber wider und belegt die Nutzung der Rohstoffe und die Akkumulation vor Ort. Bisherige Studien in dieser Region konnten sich nur auf einzelne Grabhügel konzentrieren und sie somit nicht in den Kontext anderer Kurgane oder in Bezug auf die Umwelt- und Landschaftsbedingungen, einschließlich Geologie und Topographie, stellen. Neue Analysemöglichkeiten, inkl. Satellitenbilder, Digital Terrain Modelle (DTM) und geophysikalische Prospektion ermöglichen eine großflächige Aufnahme des Grabhügelphänomens, ein Novum in dieser Region.

Im November 2021 wurden im Rahmen des Exzellenzclusters ROOTS im Kurganareal auf dem Uzun Rama Plateau östlich der Stadt Gence in Aserbaidschan Arbeiten zur geophysikalischen Prospektion, sowie archäologischem Oberflächen-Survey und Luftbildaufnahmen durchgeführt.

Diese zerstörungsfreien Arbeiten zielen darauf, Informationen zur Morphologie, Aufbau und räumlichen Verteilung der Kurgane zu gewinnen, um sie nach verschiedenen Aspekten klassifizieren zu können.

Geophysikalisch konnten die Methoden Magnetik, Elektromagnetik (EMI) und Georadar (GPR) auf einigen repräsentativen Kurganen eingesetzt werden. Teilweise stellten die Steinlagen auf den Hügeloberflächen eine Herausforderung für die Messungen dar. Erste Ergebnisse zeigen, dass im Top-Bereich der Kurgane erhöhte magnetische Feldstärken, erhöhte elektrische Leitfähigkeiten und im GPR erhöhte Reflexionsenergien zu beobachten sind. Hier gilt es mittels einer kombinierten Auswertung und Interpretation den Aufbau der Kurgane möglichst differenziert zu erkunden, um der archäologischen Interpretation zur Klassifizierung der Kurgane Informationen über den inneren Aufbau zu liefern. Zusätzlich wurde auch ein topographisch ebener Bereich, der im Zusammenhang mit den zerstörten Grabhügeln steht, untersucht, um Informationen über zerstörte Kurgane zu gewinnen.

Postersession A

PS-A.18

Untersuchungen des seismischen Noise an archäologischen Stätten

Thorwart M. *, Rusch K., Kallinich N., Corradini E., Rabbel W.

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

Verlandete Seen sind vom archäologischen Interesse, da in ihrem näheren Umfeld archäologische Fundstelle zu erwarten sind. Die Kenntnis der lateralen Ausdehnung, aber auch die Tiefenlagen des ehemaligen Seebodens werden benötigt, um die ehemalige Landschaft zu rekonstruieren. Entsprechendes gilt für die innere Struktur verlandeter antiker Häfen.

In urbanen Gebieten sind die Möglichkeiten der geophysikalischen Prospektion limitiert. Es wird hier ein Ansatz präsentiert, bei dem die Dispersion der Rayleigh-Welle für Frequenzen von 4 Hz - 50 Hz bestimmt wird. Dazu wird der seismische Noise auf Mini-Arrays (11 Geophone, 3 - 6 m Ausdehnung) für eine Dauer von 15 min registriert und per statistischer Array-Analyse ausgewertet. Durch die kurze Registrierdauer ist eine flächenhafte Kartierung der Dispersion möglich. Ein 1D Untergrundmodell wurde aus der Dispersionskurve für jedes Mini-Array bestimmt.

Präsentiert werden die Ergebnisse zweier Lokationen. Der Hafen des antiken Sikyons wird im Stadtgebiet von Kiato vermutet. 2017 wurden hier unter anderem aktiv seismische Messungen durchgeführt und durch die passiven Noise-Messungen ergänzt. Im September 2021 wurde nun der kartierte Bereich erweitert. Es wurden lineare, Küstenparallele Strukturen gefunden, die auf den gesuchten Hafen oder auf lokale tektonische Störungen hinweisen könnten. Die zweite Lokation ist ein verlandetes Toteisloch in Horsens (Dänemark), an dessen Ufern Siedlungsspuren der steinzeitlichen Bromme-Kultur zu finden sind. Die Ausdehnung und Tiefe des Toteisloches konnten bestimmt werden.

Die flächenhafte Kartierung der Oberflächenwellendispersion durch die Analyse des seismischen Noise ermöglicht die Bestimmung der oberflächennahen Untergrundstruktur.

Postersession A

PS-A.19

Stratigraphic correlation of lacustrine sediment cores using neural networks and dynamic time shifting

Zywcok R.*¹, Bücken M.¹, Martínez-Abarca R.², Perez L.²

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

²*Technische Universität Braunschweig, Institut für Geosysteme und Bioindikation, Braunschweig, Deutschland*

Sediment cores obtained from the bottom of lakes are crucial for the reconstruction of past climatic variations. Various parallel cores are commonly collected at each site and various sites are perforated on each lake. The stratigraphic correlation of parallel cores allows paleoclimatologists to recover information that would otherwise miss due to sediment loss during the drilling of individual holes. During the correlation, a relationship between the cores is established based on characteristic sedimentary layers (e.g. laminations or volcanic ashes). Stratigraphic correlation is a key task but remains one of the most difficult problems in geology and in geophysics as traditional methods often require intense manual control by a trained person. We seek to programmatically correlate sediment sequences retrieved from deep drillings in the tropical ancient Lake Petén Itzá in Guatemala. These perforations were carried out in 2006 under the auspices of the ICDP (International Continental Scientific Drilling Program). Scans of a variety of physical and geochemical parameters are available. Elemental concentrations are included in this data set, as well as optical absorption and magnetic susceptibility data.

A first challenge is related to the occurrence of data gaps along the core. To overcome this issue, we use a neural network to reconstruct incomplete sequences. The network is trained on a data set with artificially generated gaps. It has multiple channels, i.e., it accepts several variables (e.g., titanium and silicium concentration, magnetic susceptibility) as input. Since data gaps are often not at the same depth along the core for all measured variables, the neural network may also use correlations between the missing and other complete variable records.

For the regenerated data set, data of various sites are mapped onto each other using dynamic time warping (DTW). To align the records of various sites, the DTW slightly shifts the depths of the measured data points. The obtained shift is directly related to spatial variations in the sedimentation rates across the lake. Varying sedimentation rates are related to physical processes, such as the sediment supply by a tributary or the slippage of sediments from the bank. Work is currently underway to reconstruct the relative contribution of inflows and their spatial variation, which would allow us to reconstruct climatic changes over time and to build approximate models of the temporal variation of inflows.

Postersession A

PS-A.20

Borehole Temperature Data Inversion Using Surrogate Model

Wang J.*, Nitschke F., Gaucher E., Kohl T.

Karlsruhe institute of technology/Institute of Applied Geosciences (AGW), Geothermal Energy and Reservoir Technology, Karlsruhe, Deutschland

The undisturbed or static formation temperature (SFT) is a key parameter for geothermal exploration. Most existing methods for SFT estimation require borehole temperature measurements obtained during thermal recovery periods. As such, shut-in conditions should prevail for temperature logging, which can be both economically and technically prohibitive in real operational conditions, especially for high-temperature boreholes. This study investigates the use of temperature logs obtained under injection conditions for SFT determination by applying a Bayesian inference approach--Markov Chain Monte Carlo. To reduce computational costs, surrogate models are trained using artificial neural networks to replace the original high-fidelity numerical models to reduce computational costs. The inversion method is firstly tested on synthetic scenarios where the geothermal gradient varies at different depth intervals. The results show that the SFT profile can be estimated with high accuracy given that the borehole temperature data and the surrogate model are both accurate. However, errors in the measured data can have a big impact on the quality of the SFT estimates. If the measurement has an error of $\pm 1^\circ\text{C}$, the predictions are found to have maximum errors ranging from 16.7°C to 47.2°C in the 95% confidence interval. Therefore, to achieve reliable estimation results, high-quality temperature data needs to be used. Moreover, the presence of drilling loss is likely to cause an increase in the error of the determined SFT below the loss zone. The method is also applied to the RN-15/IDDP-2 well in Iceland using drilling temperature data. Without prior information about the change of geothermal gradient along the depth, different shapes of the SFT profile are adopted to investigate the impact of different model assumptions. In one hypothesis, the thermal gradient for the whole studied depth interval is constant. In another, the formation consists of multiple intervals with different thermal gradients. For both models, fluid losses at the three reported depths during the drilling are jointly estimated with the SFT. Results for the fluid losses from the two models are found to have minor differences (less than 0.3%). However, the SFT values at different depths show great differences (maximum $\sim 80^\circ\text{C}$). The SFT at 4500 m is found to be most likely between $492\text{--}551^\circ\text{C}$. Such a result is found to be comparable with the results of two other studies that used different methods.

Postersession A

PS-A.21

Interpretation dreikomponentiger Bohrlochmagnetik in der COSC2-Bohrung

Kulüke C. *, Virgil C., Hördt A.

TU Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik (IGEP), Braunschweig, Deutschland

Das Ziel des COSC-2 (Collisional Orogeny in the Scandinavian Caledonides) Projektes ist es, die Entstehungsprozesse der Skanden zu untersuchen. Hierfür sind Kenntnisse über die Deformationen / Faltungsprozesse von großer Wichtigkeit, die sich aus der Richtung der remanenten Magnetisierung ableiten lassen. Die teufenabhängigen Magnetisierungsvektoren lassen sich aus dreikomponentigen Bohrlochmagnetikdaten berechnen. Als Datengrundlage dienen Messungen, die mit einem Dipmeter in der COSC2-Bohrung in Järpen (Schweden) durchgeführt wurden. Es wurden 5 Messungen mit 1cm Messpunktabstand in verschiedenen Teufenbereichen zwischen 100m und 2250m Teufe aufgezeichnet. Anhand der in der Sonde verbauten Accelerometer und dem bekannten Verlauf der Bohrung konnten die Magnetfelddaten in das geographische Referenzsystem reorientiert werden. Die erreichte Genauigkeit beträgt $1,5^\circ$ in der Deklination und $0,16^\circ$ in der Inklination.

Um die Magnetisierung der durchbohrten Gesteinseinheiten zu bestimmen wird an die reorientierten Magnetfelddaten ein Schichtmodell nach Bosum et al (1988) angepasst. Dieses Modell nähert die Schichten durch zentral durchbohrte Zylinder. Das Modell von Bosum geht von einem Zylinder aus, der senkrecht zu den Deckflächen zentral durchbohrt wird. In der COSC-2 Bohrung ist aber zum einen das Bohrloch geneigt, zum anderen weisen auch die durchbohrten Schichten eine Neigung auf. Aus diesem Grund erweitern wir das Bosum-Modell nach Ehmann (2016) für beliebige Schichtinklinationen. Die Schichtmächtigkeiten werden durch die Lithologie der Bohrung bestimmt, die aus den Bohrkernen abgeleitet wurde.

Eine erste Analyse zeigt, dass in den oberen 1200m der Bohrung nur schwach magnetisierte Gesteine vorherrschen. Darunter folgen stärker magnetisierte-Schichten, die im Mittel eine Magnetisierung von 1A/m aufweisen. Im Bereich von 1590m bis 1850m befindet sich eine stark magnetisierte Sektion, die sich in vier Bereiche aufteilen lässt. Die Magnetisierung in dieser Sektion beträgt bis zu 5 A/m.

In der stark magnetisierten Sektion können zwei Bereiche identifiziert werden, in denen die Inklination der Magnetisierungen von 40° auf bis zu 80° ansteigt. Die beiden Bereiche mit hoher Inklination weichen in ihrer Deklination von der mittleren Deklination der Sektion um $+90^\circ$ und -90° ab. Diese Variationen deuten auf Deformationen der Gesteinsschichten hin. Unterhalb dieser Sektion schließt sich eine Sektion mit Magnetisierungen von etwa 1 A/m und Inklinationen von etwa 15° an.

Postersession A

PS-A.22

Vergleich von Reorientierungsmethoden für bohrlochgeophysikalische Messungen

Virgil C. *, Kulüke C., Hördt A.

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

In der Bohrlochgeophysik gibt es zahlreiche Sondentypen, die entweder vektorielle Größen (z.B. Magnetfeld, Seismik) messen oder die Bohrlochoberfläche erfassen (z.B. Dipmeter, Televiwer). Die Qualität dieser Messungen hängt von der Genauigkeit ab, mit der die Sondenlage im Raum ermittelt werden kann. Nur mit der Lageinformation ist es möglich, die Messdaten zu jedem Zeitpunkt zu reorientieren, sodass die Daten im geographischen Referenzsystem angegeben werden können.

Die Berechnung der Lage der Sonde ist mit verschiedenen Verfahren möglich. Wenn zum Beispiel die Neigung über Beschleunigungssensoren und zusätzlich noch das Magnetfeld in drei Komponenten bestimmt wird, kann damit die Orientierung der Sonde im Raum eindeutig berechnet werden. Liegen Informationen über den Bohrlochverlauf vor, z.B. durch den Einsatz eines North-seeking Gyrotools, so reichen auch nur Neigungsinformationen. Unter Verwendung der Kabelteufe kann dann jeweils auch der Verlauf der Bohrung bestimmt werden.

Diese Reorientierungsverfahren haben alle Vor- und Nachteile, was die Genauigkeit, Störanfälligkeit und räumliche Auflösung betreffen. So beeinflussen zum Beispiel magnetische Anomalien durch Verrohrung oder magnetisierte Gesteinsschichten die Qualität der magnetisch orientierten Sonden wohingegen der Bohrlochverlauf aufgrund der North-seeking Gyrosonde zwar unempfindlich gegen magnetische Störungen ist, aber nur aus wenigen Stützstellen bestimmt wird. Wir vergleichen am Beispiel von Messungen in der COSC-2 Bohrung (Collisional Orogeny in the Scandinavian Caledonides) unterschiedliche Orientierungsmethoden und berechnete Bohrlochverläufe und bestimmen die Einflüsse von stark magnetisierten Gesteinsschichten. Außerdem untersuchen wir die Auswirkung einer fehlerhaften Kalibrierung der Magnetometer und der Beschleunigungssensoren auf die Reorientierungsgenauigkeit.

Postersession A

PS-A.23

Multi-Data Inversion Approach for Retrieving Electrical and Structural Carbonate Formation Properties from Measurements on Drill Cuttings

Börner J.*¹, Herdegen V.²

¹*TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland*, ²*TU Bergakademie Freiberg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik, Freiberg, Deutschland*

Drill cuttings are often the only rock material available from deep formations due to related high costs and time-consumption of coring. Therefore, estimating various formation properties from cuttings is a common task. However, for physical rock properties like complex electrical conductivity this formation property retrieval is challenging. Carbonate rocks are in the focus of geophysics and reservoir engineering. Their petrophysical behaviour is challenging to understand and predict due to the reactive nature of the carbonate rock matrix and the complexity of carbonate pore space and genesis.

We therefore systematically investigated the electrical and structural properties of four different carbonate rocks (covering mud-dominated micritic, grain-dominated oomoldic and dense clean carbonates), and one sandstone (for comparison) in both crushed (8 different particle sizes, between 0.03 mm and 10 mm particle size) and plug form with a vast set of methods at normal conditions: SIP, NMR, mercury intrusion porosimetry, nitrogen adsorption, XRD, μ CT, scanning electron microscopy. By means of the huge data set we are able to quantify the pore-space, surface and electrical properties as functions of particle size, understand their relations, differentiate between intra- and inter-particle responses. The samples show significant variation in their SIP response depending on salinity, porosity, pore-space heterogeneity and – due to the peculiarities of the crushed samples - the organization of particles in the packing.

We found that the particle size dependent SIP, specific surface and porosity properties of the investigated particle packings can be described by a differential effective medium approach, which accounts for particle size and inner structure. Based on this model for crushed samples, it is possible to computationally recover the corresponding properties of the original, undisturbed formation. We realize this by means of a multi-data inversion of SIP, specific surface and porosity data for each rock. The presented approach allows for utilizing the available drill cuttings, while maintaining the direct connection to the original rock.

Postersession A

PS-A.24

Geophysical mapping of aquifer properties in infrastructure projects using DCIP and MRS

Martin T.*¹, Grombacher D.², Kass M. A.², Butron C.³, Fiandaca G.⁴, Bjergsted Pedersen J.², Rejkaer S.¹, Griffiths M.², Østbjerg Vang M.², Mendoza A.¹, Dahlin T.¹

¹Lund University, Engineering Geology, Lund, Sweden, ²Aarhus University, Geoscience Department, Hydrogeophysics Group Aarhus, Aarhus, Denmark, ³Trafikverket, Göteborg, Sweden, ⁴University Milano, Department on Earth Science, Mailand, Italien

Information about the groundwater is crucial in order to protect groundwater resources and to avoid structural and environmental problems in infrastructure projects. 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-scale information. The use of geophysical methods can overcome this problem and help to minimize drillings and therefore provide continuous information while also saving resources, time and budget. It is known that the geoelectrical method DCIP (Direct Current resistivity and time-domain Induced Polarisation) can give information about the hydraulic conductivity. In addition, MRS (Magnetic Resonance Sounding) can provide information about the water content and pore size characteristics and therewith information related to the intrinsic permeability and the hydraulic conductivity. By combining both methods and use them in a two- or three-dimensional approach, a more elaborated interpretation of the underground is possible.

In our project, we measured at two different test sites in Sweden that were chosen based on their different geological setting and their electromagnetic noise level. Test site 1 is characterized by sandy and clayey material, with available hydraulic conductivity test data. Here, several DCIP profiles were measured using the Terrameter LS2. In addition, 10 MRS soundings were conducted with the Apsu system. The subsurface conditions of test site 2 consists mainly of glacial clay in varying thicknesses but also an esker structure is present. The electromagnetic noise level was higher compared to test site 1 and mainly caused by houses nearby, buried pipes, power lines and electrical fences. Several DCIP profiles and MRS soundings were performed at test site 2.

In general, the DCIP data quality is good, and the data show low resistivity and total chargeability layers where the clay could be expected. The esker region is characterized by higher resistivities and very low chargeabilities. The MRS data reveal mostly low water content at test site 1 with some occasional higher contents at the western part. At test site 2 elevated noise was present which affected the MRS data quality considerably.

The next step in the project is to interpret the results from both methods and to compare them with the available hydrogeological information based on slug or pump tests and grain size analyses.

Postersession A

PS-A.25

Zerstörungsfreie Hohlraumortung durch geophysikalische Messmethoden: Georadar und Thermographie an der Marienkirche Nübel (S-H)

Esel Y. E.*^{1,2}, Erkul E.¹, Schulte-Kortnack D.¹, Leonhardt C.³, Meier T.¹

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften - Geophysik, Kiel, Deutschland, ²Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück, Deutschland, ³Werkstatt für Kunst und Denkmalpflege GbR, Kiel, Deutschland

Bauwerke mit einer langen Historie unterliegen meistens starken baulichen Veränderungen aufgrund veränderter Nutzungsanforderungen oder wegen Sicherheitsbedarf. In einigen Fällen wurden und werden diese Eingriffe nicht ordnungsgemäß durchgeführt, unter anderem aufgrund von fehlenden Kenntnissen über den Aufbau der Bauwerke oder die Wirkung von Baumaßnahmen. Dies führt zu unsachgemäßen Veränderungen, die sich im Laufe der Jahrzehnte bis Jahrhunderte summieren und die Bausubstanz dauerhaft schädigen. Die Sanierung solcher Bauten ist ein langfristiger, komplexer Prozess, welcher mit hohem zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden ist. Um großflächige, aussagekräftige Informationen über den Zustand eines solchen Gebäudes erhalten zu können, muss der nicht sichtbare Teil der Bausubstanz meist durch zerstörende Eingriffe analysiert werden. Dies kann durch die Anwendung zerstörungsfreier geophysikalischer Messmethoden erheblich verringert werden. Die Anwendung und Kombination verschiedener geophysikalischer Methoden kann die Planung von Erhaltungsmaßnahmen optimieren und den Erfolg der Maßnahmen langfristig dokumentieren.

Die Untersuchungen wurden an der denkmalgeschützten Marienkirche in der Ortschaft Nübel im Kreis Schleswig-Flensburg (S.-H.) durchgeführt, um Hohlräume im Feldsteinmauerwerk zu finden. Die Ergebnisse in diesem Beitrag zeigen den Erfolg der zerstörungsfreien Untersuchung des Feldsteinmauerwerks mit Georadar und Thermographie. Durch die Kombination dieser Messmethoden konnte großflächig festgestellt werden, dass die Nordwand vermehrt Bereiche erhöhter Reflexionsenergie aufweist. Diese Bereiche deuten auf aufgelockerten Mörtel und sehr variable Hohlraumkanäle hin. Deren Ursache kann eindringendes Regenwasser, aufgrund einer defekten Dachkonstruktion sein. Weiterhin wurde ein größerer Hohlraum hinter einer Ziegelmauer gefunden. Die Ergebnisse konnten aufgrund anschließender Restaurierung und mittels testweiser Bohrungen bestätigt werden.

Postersession A

PS-A.26

Mapping submarine freshwater discharge spots by ERT, EMI and GPR

Igel J.*¹, Ronczka M.¹, Müller-Petke M.¹, Noell U.², Erkul E.³, Fischer S. L.³, Wunderlich T.³

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Berlin, Deutschland, ³Institut für Geowissenschaften, Universität Kiel, Kiel, Deutschland

Submarine groundwater discharge (SGD) is of large interest due to its mostly unknown contribution to water and element exchange between land and ocean. The discharge is typically characterised by a high variability in space and to some extent in time and there is high demand on techniques to map and characterise the discharge on a local and regional scale. The interdisciplinary research group KiSNet aims at mapping, characterising and balancing the groundwater discharge of a pilot area by combining various methods, i.e., geophysics, remote sensing, hydro-geochemistry and groundwater modelling.

We present a combined geophysical investigation of the groundwater discharge on the tidal flat plane of the Königshafen bay, Sylt. Where electromagnetic induction (EMI) and ground-penetrating radar (GPR) showed to be fast techniques to localise and delimit freshwater discharge spots with high resolution on larger areas, electric resistivity tomography (ERT) provides additional information on the deeper subsurface, e.g., clay lenses that act as aquitards, the distribution of freshwater lenses embedded in the saltwater saturated aquifers, and thus major parts of the discharge circulation cell.

Postersession A

PS-A.27

Detektion von Störkörpern zur Kampfmittelsondierung mittels magnetischer Inversion von Feldkomponenten

Budde I.*¹, Ebbing J.¹, Schmoldt J.-P.²

¹Universität Kiel, Institut für Geophysik, Kiel, Deutschland, ²Tauber-Herklotz-Consult - Geowissenschaftler & Ingenieure GmbH, Greven, Deutschland

In Deutschland werden zur Detektion von Kampfmittelaltlasten und Blindgängern überwiegend geomagnetische Messverfahren angewendet, bei denen das Magnetometer vertikal ausgerichtet ist.

Eine horizontale Ausrichtung der Messsonde wird eindeutig bevorzugt, wenn Drohnen oder Unterwasserfahrzeuge als Hilfsmittel für Messungen eingesetzt werden sollen. Bislang fehlen umfassende Studien darüber, wie gut die gemessenen horizontalen Gradienten im Vergleich zu den vertikalen Gradienten geeignet sind, um Kampfmittel zu detektieren.

Um möglichst viele Informationen über die gesuchten Objekte zu bekommen, wird ein Inversionsansatz verwendet, der neben der Lage und Tiefe der Objekte auch dessen Magnetisierung (Amplitude und Richtung) berechnet. Der Algorithmus an sich setzt voraus, dass die Lokation des Objektes bekannt ist. Dieser wurde dahingehend erweitert, dass für ein vorgegebenes Abtastintervall alle möglichen Lösungen bestimmt werden und die Lage und Richtung des Objekts durch die bestmögliche Anpassung an die Messdaten bestimmt wird. Dieser Ansatz wird zunächst mit synthetischen Rausch-freien Totalfelddaten getestet. Hier zeigt sich eine sehr hohe Genauigkeit in der Objektlage und den berechneten Winkeln. Ebenso zeigt sich durch die Simulation verschiedener Messhöhen, dass diese nur einen geringen Einfluss auf die Qualität der bestimmten Werte haben. Wird bei der Inversion eine feste Tiefe des Objektes vorgegeben und somit nur die x- und y-Koordinate bestimmt, zeigt sich, dass auch bei leicht abweichender Tiefe die Lagegenauigkeit immer noch sehr hoch ist. Diese Inversion wird dann für horizontale und vertikale Gradienten berechnet.

Zuletzt werden reale Messdaten eines Testfeld mit bekannten Objekten verwendet für die sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Sensorausrichtung in mehreren Messhöhen gemessen wurden. Auf dem Testfeld sind Kampfmittelaltlasten und Blindgänger verschiedener Größenordnungen in unterschiedlichen Tiefen vergraben, sodass eine differenzierte Aussage zur Nutzbarkeit von horizontalen Gradienten in Bezug auf die Objektgröße und -tiefe möglich ist.

Postersession A

PS-A.28

Kontinuierliche Überwachung des experimentellen Wärme-Speichers "GeoModel-Kiel" mit Bohrloch-Geoelektrik - neue Ergebnisse mit fünf Wärme-Tauschern

Fischer S. L.*¹, Erkul E.¹, Gräber M.², Wang B.³, al Hagrey S. A.¹, Rabbel W.¹

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel - Institut für Geowissenschaften, Angewandte Geophysik, Kiel, Deutschland,

²GeoServe - Angewandte Geophysik, Kiel, Deutschland, ³Christian-Albrechts-Universität zu Kiel - Institut für Geowissenschaften, Geohydromodellierung, Kiel, Deutschland

Erneuerbare Energien machen einen stetig steigenden Anteil an der Erzeugung von Strom und Wärme aus. Dadurch kommt der großskaligen Energiespeicherung eine immer größer werdende Bedeutung zu, um auch bei geringer Verfügbarkeit der erneuerbaren Energien eine stabile Versorgung zu garantieren. Dieses Thema steht im Fokus des Forschungsvorhabens ANGUS II ("Auswirkungen der Nutzung des geologischen Untergrundes als thermischer, elektrischer oder stofflicher Speicher"). Eine der untersuchten Möglichkeiten ist die Speicherung von Wärme im Untergrund. Um die Umsetzung dieser Technologie zu erproben, werden an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel seit 2019 geothermische Versuche an einem mesoskaligen Sandkörper, dem "GeoModel-Kiel", durchgeführt. Nach den erfolgreichen Versuchen mit einem einzelnen Erdwärmetauscher wurden in der letzten Phase des Experiments insgesamt fünf Erdwärmetauscher eingesetzt, die über einen gemeinsamen geschlossenen Wasserkreislauf verfügen. Dabei war das Ziel, im Sandkörper eine größere Wärmemenge bei höheren Temperaturen zu speichern und später wieder abzurufen.

Im Rahmen dieser Versuche wird der Frage nachgegangen, inwiefern sich die Temperaturverteilung im Untergrund mithilfe geophysikalischer Methoden abbilden lässt. Vier geoelektrische Bohrloch-Sonden wurden genutzt, um die Widerstands-Verteilung innerhalb eines 1m x 1m x 1.5m großen Teil-Volumens kontinuierlich und während aller Versuchsphasen in 3D abzubilden. Zusätzlich wurden Labormessungen an einer Sandprobe aus dem "GeoModel-Kiel" durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen Temperatur und elektrischem Widerstand des Sandes unter kontrollierteren Bedingungen zu bestimmen.

Es zeigt sich, dass sich die verschiedenen Heiz- und Kühl-Phasen deutlich in den gemessenen scheinbaren Widerständen widerspiegeln. Mithilfe von Inversionen können die Widerstands-Änderungen auch in 3D abgebildet werden. In Kombination mit den Laborergebnissen können anhand der Geoelektrik theoretische Temperatur-Änderungen berechnet werden. Diese stimmen vor allem qualitativ gut mit den tatsächlich gemessenen Werten überein.

Eine Herausforderung besteht darin, den Einfluss von Änderungen in Bodentemperatur und -feuchte voneinander zu trennen. Dabei ist die Einbeziehung von Georadar-Daten ein möglicher Ansatz, der momentan noch untersucht wird.

Postersession A

PS-A.29

Development of a processing scheme for GPR-data recorded along railway tracks

Stephan S.*¹, Wolf J.², Allroggen N.¹

¹Institut für Geowissenschaften Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland, ²DB Engineering & Consulting GmbH, Bremen, Deutschland

Non-invasive geophysical methods can be used for efficient assessment of railway track conditions. From the wide range of geophysical methods, ground-penetrating radar (GPR) has the benefit to provide high resolution subsurface images along railway tracks while maintaining regular train operations. The goal of such GPR measurements along railway tracks is to reliably estimate the condition of the track bed, e.g., estimate the thickness of the ballast layer, detect gravel sacks, mud spots and non-cohesive layers. The measurement environment and setup lead to a high noise content (e.g., ambient electromagnetic signals) and unwanted reflections resulting from signal interactions with surrounding objects (e.g., tracks and sleepers). Therefore, preparing such GPR data for further interpretation requires applying advanced processing routines, reducing artifacts and enhancing reflections from the railway track bed. In this study, we developed and tested our processing workflow on multifrequency 2D GPR data (400 MHz and 1000 MHz) recorded along railway tracks using industry standards. First, we apply basic processing steps, including interpolation, background removal, band-pass filtering, and time dependent amplitude scaling. These basic processing steps reduce ringing, decrease high and low frequency noise, and in general enhance the amplitudes of reflections from the track bed. Second, we apply advanced processing procedures, including a 2D Kirchhoff-migration and f_k -filtering. These advanced procedures reduce energy of hyperbolas resulting from sleepers, while retaining reflections from features of interest. To evaluate our processing steps, we compare each processing step using difference images. Our results show a visual improvement of data quality for both 400 MHz and 1000 MHz GPR data. Reflections from the ballast layer become better visible, and the impact of reflections from sleepers is minimized. As a result, the interpretability improved, especially for the 1000 MHz data. In summary, our processing scheme provides a useful tool to prepare GPR data recorded along railway tracks for further interpretation and analysis.

Postersession A

PS-A.30

Anomalien in TDEM-Messungen durch vulkanisches Gestein? - Petrophysikalische und petrologische Untersuchungen

Schmidt V.*¹, Schmoltdt J.-P.², Vollmer C.³

¹Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland, ²Tauber-Herklotz-Consult Geowissenschaftler und Ingenieure GmbH, Greven, Deutschland, ³Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Mineralogie, Münster, Deutschland

Im Rahmen einer großräumigen Kampfmittelräumung nahe Fulda wurden vermehrt Anomalien in Zeitbereichs-Elektromagnetikmessungen (TDEM) identifiziert, für die keine metallischen Objekte als Ursache gefunden werden konnten. Da sich die Untersuchungsfläche im Bereich eines früheren Vulkans befindet, wurden magnetische Sondierungen im Vorfeld als eingeschränkt zielführend bewertet. TDEM-Messungen sind in diesen Fällen üblicherweise das Mittel der Wahl, da sie verhältnismäßig ungestört von magmatischen Materialien sind und Anomalien in den TDEM-Daten lediglich durch metallische Objekte verursacht werden sollten. Entgegen dieser Annahme wurden zahlreiche Leitfähigkeitsanomalien aber durch Dezimeter-große Steine verursacht. Aufgrund dieses vorgefundenen anormalen Verhaltens wurden die petrophysikalischen und mineralogischen Eigenschaften eines Gesteinsstückes im Labor näher charakterisiert. Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen bestätigten die Annahme, dass es sich um ein vulkanisches Gestein handelt. Die Probe ist charakterisiert durch große Klinopyroxenkristalle und Plagioklase. Außerdem sind einige Volumenprozent Titanomagnetit mit einer breiten Korngrößenverteilung enthalten. Die größeren Körner scheinen stark beansprucht bzw. mit anderen Mineralen verwachsen zu sein. Weitere leitfähige Akzessorien wie Pyrit und Ilmenit wurden nicht gefunden. Zahlreiche Mikrorisse sind mit sehr feinkörnigem Material (<1 Mikrometer) gefüllt. Die magnetische Suszeptibilität von mehreren Teilstücken betrug 0,036 SI bis 0,040 SI und der spezifische Widerstand einer trockenen Probe betrug 30 Kiloohmmeter. Der spezifische Widerstand sank mit zunehmender Wassersättigung auf 1 Kiloohmmeter, was die Leitfähigkeitsanomalie unserer Meinung aber noch nicht erklären kann. Eine wahrscheinliche Erklärung des Effektes auf die TDEM-Messung ist eine magnetische Viskosität der Magnetitkörner, welche eine Relaxation der induzierten Magnetisierung im Zeitrahmen der TDEM-Messung verursacht.

Postersession A

PS-A.31

Datenbank zur Recherche und Bewertung geeigneter Erkundungsmethoden – Grundlage für eine systematische Standorterkundung

Dlugosch R.*, Beilecke T., Kneuker T., Pollok L., Richter L., Schubarth-Engelschall N., Semroch R.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geologisch-geotechnische Erkundung, Hannover, Deutschland

Das Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland ist im Standortauswahlgesetz (StandAG) definiert und umfasst drei Phasen. In der Phase 2 wird die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) in den nächsten Jahren mit der übertägigen Erkundung beginnen. Aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen werden potentielle Standorte nach den im StandAG definierten Anforderungen und Kriterien bewertet sowie vorläufige Sicherheitsanalysen durchgeführt. Im Auftrag der BGE stellt die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) geeignete geowissenschaftliche Erkundungsmethoden für die übertägige Erkundung zusammen und bewertet diese hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf die gesetzlichen Kriterien und Anforderungen (StandAG, §§22-24). Geophysikalische Methoden nehmen dabei eine Schlüsselrolle ein. Das Ziel des BGR-Projekts ist die Entwicklung von Empfehlungen für die übertägige Erkundung von Standortregionen. Zu diesem Zweck hat die BGR folgenden stufenweisen Ansatz entwickelt: (1) Ableitung von 185 Erkundungszielen auf der Grundlage der vom StandAG definierten Anforderungen und Kriterien (§§22-24), (2) Zusammenstellung geowissenschaftlicher Untersuchungsmethoden („Messmethoden“) in einer Datenbankstruktur und (3) Auswertung von nationalen und internationalen übertägigen Erkundungsprogrammen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Im Rahmen der Stufe (2) entwickelte die BGR die Datenbankanwendung „GeM-DB“. Diese basiert auf Microsoft SQL Server 2017 und PHP-Skripten und bietet eine browserbasierte Schnittstelle. Dies ermöglicht eine in hohem Maße anpassungsfähige und nutzerfreundliche Datenbank, in der auch gezielte Abfragen ihres Inhalts möglich sind.

Durch die Zusammenführung der Expertise von mehr als 100 BGR-Fachleuten enthält die „GeM-DB“ derzeit etwa 145 geowissenschaftliche Untersuchungsmethoden, einschließlich grundlegender Informationen und essenzieller Metadaten zur Beurteilung der generellen Anwendbarkeit für die übertägige Erkundung der drei im StandAG definierten Wirtsgesteine (Kristallin, Tongestein, Steinsalz). Darüber hinaus werden die Methoden nach ihrer Eignung für die zuvor in Stufe (1) definierten Untersuchungsziele bewertet. Die in Stufe (3) aus recherchierten übertägigen Erkundungsprogrammen gewonnenen Informationen wurden zusätzlich in die Datenbank „GeM-DB“ eingepflegt. Ende 2022 werden die im Projekt abzuleitenden Empfehlungen an die BGE übergeben und im Rahmen eines BGR-Berichts veröffentlicht.

Postersession A

PS-A.32

Untersuchung der hydraulischen Konnektivität in heterogenen Lockergesteinsaquiferen mittels SIP

Herold R.*¹, Dietrich P.², Börner F.¹

¹Technische Universität Berlin, Angewandte Geophysik, Berlin, Deutschland, ²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Monitoring- und Erkundungstechnologien, 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.

Postersession A

PS-A.33

Integration von Seismik, Geoelektrik und Direct-Push-Verfahren - das Beispiel der lössbedeckten Mittelterrassen am Schwalbenberg (Unteres Mittelrheintal)

Leineweber P.*¹, Fischer P.², Klinger A.², Wilken D.³, Wunderlich T.³, Vött A.²

¹Geosym GmbH, Hannover, Deutschland, ²Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Natural Hazard Research and Geoarchaeology Institute for Geography - Geomorphology -, Mainz, Deutschland, ³Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institute of Geosciences, Dept. of Geophysics, Kiel, Deutschland

Löss-Paläoboden-Abfolgen sind wichtige terrestrische Geoarchive, die eine detaillierte Rekonstruktion von Paläoklima- und Paläoumweltbedingungen während des Pleistozäns erlauben. Dabei ist der Informationsgehalt sowie die zeitliche Auflösung der Archive von zahlreichen Faktoren, wie zum Beispiel der morphographischen Position, der Nähe zu potentiellen Staubquellen oder auch der Paläotopographie, abhängig.

Am Schwalbenberg bei Remagen im Unteren Mittelrheintal haben sich besonders mächtige Löss-paläoboden-Abfolgen als Deckschichten auf den Mittelpleistozänen Mittelterrassen des Rheins entwickelt, die in einzigartiger Weise die Klima- und Umweltbedingungen des Letztglazialen Zyklus (c. 120-12 ka) archiviert haben. Dabei war bislang wenig bekannt zum genauen Verlauf der Terrassenoberfläche und der unterlagernden, vorwiegend devonischen Festgesteine, wobei davon auszugehen ist, dass die Paläotopographie sowohl der Festgesteine als auch der Rheinterrassen eine wesentliche Rolle für die Entwicklung solch mächtiger Sequenzen eingenommen haben muss. Vor diesem Hintergrund wurden in den letzten Jahren über den gesamten Schwalbenberg hinweg Profile mit Scherwellenreflexionsseismik und Geoelektrik vermessen. Um die geophysikalischen Untersuchungen zu kalibrieren und Informationen über den Deckschichtenaufbau zu erhalten, wurden Rammkernsondierungen und Direct-Push Messungen bis auf die Oberkante der Terrassenschotter abgeteuft. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass unterhalb der mächtigen Deckschichtenfolge mehrere, bisher unbekannte Terrassenstufen auftreten, die vermutlich einen größeren Zeitraum des Mittelpleistozäns abdecken, als bislang angenommen. Neben den Befunden, die für die Terrassenstratigraphie am Mittelrhein von großer Bedeutung sind, werden auch mögliche Aspekte einer präquartären Topographie diskutiert. Insgesamt zeigt sich, dass eine Verschneidung der angewandten Methoden Ergebnisse liefert, die einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis der Genese des Schwalbenbergs und auch für die Quartärforschung im Allgemeiner liefern kann.

PS-B Postersession B

PS-B.01

Kombinierter Einsatz von NMR und LIBS zur Verfolgung von Transportmechanismen in Baustoffen

Bintz T.*¹, Wilsch G.¹, Kruschwitz S.^{1,2}

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Deutschland, ²Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland

Schadensprozesse in Baumaterialien werden zum großen Teil durch interne Transportprozesse von Wasser und darin gelösten Ionen beeinflusst. Um diese Transportprozesse vor allem auch in ihrer Abhängigkeit zueinander zu verstehen, wurden das Saugverhalten verschiedener Materialien untersucht. Dabei wurde erstmals eine Kombination von **Nuclear Magnetic Resonance (NMR)** Tomographie und **Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)** eingesetzt. Ziel ist es eine Methode zu etablieren Feuchte- und Ionentransportprozesse in Baumaterialien zu untersuchen. Andere Methoden konzentrieren sich aktuell nur auf einen der Prozesse, haben eine sehr eingeschränkte Auflösung oder sind kosten- und zeitintensiv.

Die Probenkerne wurden 5 mm tief in Natriumchloridlösungen getaucht und nach mehreren Saugzeiten gemessen. Der Anstieg der Feuchte wurde dabei zerstörungsfrei mit einem NMR Tomographen gemessen, der Anstieg der Chloridionen mit einem LIBS System. Die Experimente wurden mit vier Materialien und mit jeweils zwei Lösungskonzentrationen durchgeführt. Die Resultate konnten so in Abhängigkeit mit den Porensystemen und den verwendeten Chloridionenlösungen gestellt werden.

Um die Ergebnisse der Experimente deutlicher darzustellen, wurden die Fronten der Feuchte bzw. der Ionen betrachtet. Im Vergleich fällt auf, dass Feuchte schneller in die Materialien eindringt als Ionen. Dabei vergrößern sich die Abstände zwischen den Feuchte- und der Ionenfronten in Abhängigkeit von der Zeit, was darauf schließen lässt, dass die Geschwindigkeiten der Fronten unterschiedlich sind.

Die Frontgeschwindigkeiten sind stark von den Porensystemen abhängig. So sind sie am geringsten bei der Probe mit der niedrigsten Porosität. Darüber hinaus sind die Frontgeschwindigkeiten von der Lösungskonzentration abhängig. Die Chloridionenfront steigt schneller, wenn die Ionenkonzentration hoch ist. Bei der Feuchte konnte ein entsprechender Zusammenhang nicht festgestellt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Kombination aus NMR Tomographie und LIBS eine gute Erweiterung der schon bestehenden Untersuchungsmethoden darstellt. Feuchte und Ionen zusammen betrachten zu können, kann so neue Einblicke in die Transportprozesse in Baumaterialien liefern.

Postersession B

PS-B.02

Zerstörungsfreie Prüfmethode für Verschlussbauwerke nuklearer Endlager im Projekt SealWasteSafe

Lay V. *, Prabhakara P., Mielentz F., Baensch F., Johann S., Hofmann D., Sturm P., Effner U., Niederleithinger E.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Deutschland

Für die sichere Einlagerung von radioaktiven oder toxischen Abfällen kommen im Salzgestein technische Barrieren in Form von untertägigen Verschlussbauwerken zum Einsatz. Aufgrund der hohen Anforderungen an Sicherheit und Integrität dieser Verschlussbauwerke werden umfangreiche zerstörungsfreie Prüfmethode zur Überwachung und Qualitätssicherung verwendet. Im BAM-Projekt SealWasteSafe werden Werkstofftechnik, Prüfverfahren und Überwachungsmethode für sichere Verschlussbauwerke in Endlagern verbessert. Dabei wird der bisherige Salzbeton mit dem innovativen alkaliaktivierten Material (AAM) mit langsamerer Reaktionskinetik bei der Erhärtung und somit potenziell geringerer Rissbildung verglichen. Im Labormaßstab werden Probekörper mit Volumina von 100-300 l multisensorisch ausgestattet und somit die Zuverlässigkeit und Widerstandsfähigkeit der Sensoren gegenüber der hochalkalischen Umgebung nachgewiesen. Durch das Monitoring wird der Abbindevorgang des Betons überwacht und die Materialien über einen Zeitraum von mehreren Wochen charakterisiert. Dabei werden die Parameter Temperatur und Feuchtigkeit einerseits verkabelt als auch mittels drahtloser Radio Frequency Identification (RFID)-Technik aufgezeichnet. Zusätzlich kommen Schallemissionsmessungen sowie Dehnungsmessung mittels verteilter faseroptischer Sensorik (FOS) zum Einsatz. Das multisensorische Überwachungssystem wird durch aktive Ultraschallmessungen ergänzt, die durch die Detektion von Rissen, Delaminationen oder anderen Störstellen eine Qualitätssicherung der Verschlussbauwerke ermöglichen. Dafür werden sowohl ein Ultraschallsystem mit großer Apertur (LAUS) als auch eine Ultraschall-Bohrlochsonde eingesetzt. Durch Erhöhung des Schalldrucks und Bündelung der Schallsignale im Beton wird die Aussagekraft der von der Bohrlochsonde aufgezeichneten Messsignale verbessert, was in Modellierungen und ersten Labortests gezeigt werden kann. Die Auswertung der Ultraschallmessungen erfolgt mit auf Diffractionssummation beruhenden Migrationsverfahren wie Kirchhoff-Tiefenmigration und Synthetic Aperture Focusing Technique (SAFT), die Abbildungen vom Inneren der Probekörper erzeugen. Insgesamt verbessert das Projekt SealWasteSafe mithilfe innovativer Multisensorik und Ultraschallmethodik die Überwachungs- und Qualitätssicherungskonzepte für sichere Verschlussbauwerke nuklearer Endlager.

Postersession B

PS-B.03

SIP-Messungen an eingebetteten marinen Massivsulfiden

Lühns M.*, Hördt A.

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

Bei Labormessungen der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) werden meist zu den Proben passende Messzellen verwendet, um die Spektren des spezifischen Widerstands und der Phasenverschiebung zu ermitteln. Dazu werden aus dem Ursprungsmaterial, häufig Handstücke, kleinere Proben gewonnen. Wenn das Zerstören des Handstücks nicht möglich ist, etwa weil dies nicht erwünscht ist oder die Materialeigenschaften keine Probengewinnung zulassen, muss ein alternatives Messprozedere gefunden werden.

Bei marinen Massivsulfiden handelt es sich um Probenmaterial, auf das die Problematik zutreffen kann. Sie sind schwierig zu erreichen, weshalb sie intakt bleiben sollen. Zudem sind sie porös, sodass es nicht gegeben ist, dass stets Zylinder aus einem Handstück gebohrt werden können. Physikalisch sind sie von Interesse, da sie eine hohe Leitfähigkeit und sehr starke Polarisation aufweisen.

Aus diesem Grund werden in der hier vorgestellten Arbeit Proben in Quarzsand eingebettet und in einer großen Messzelle mittels SIP vermessen. Anschließend wird untersucht, wie aus den Messwerten auf die Werte der eingebetteten Probe geschlossen werden kann. Zunächst kann der spezifische Widerstand über numerische Simulationen für die jeweiligen Geometrien gewonnen werden. Im Anschluss wird mithilfe des so bestimmten Widerstands der sogenannte Dilutionfaktor bestimmt. Dieser gibt an, in welchem Maße das umgebende Medium die Spektren der eingebetteten Probe abschwächt, sodass bei bekanntem Dilutionfaktor auch das Phasenspektrum der Probe aus dem gemessenen Spektrum berechnet werden kann.

Für die vorliegende Studie wurden zunächst zylindrische Proben verwendet, um das entwickelte Verfahren evaluieren zu können. Die Messungen zeigen, dass die stark polarisierbaren Proben auch bei einer Einbettung einen nachweisbaren Polarisationseffekt aufweisen. Zur besseren Bewertung der Ergebnisse wird die sogenannte Guptasarma-Konsistenz eingeführt, die angibt, inwiefern aus der eingebetteten Messung die Probenspektren abgeschätzt werden können. Dies und die weitere Analyse zeigen, dass eine möglichst genaue Kenntnis des Dilutionfaktors vonnöten ist. Die Qualität der Abschätzung ist dabei stark abhängig von Schwankungen im Probeneinbau und in den Simulationsparametern. Dennoch gelingt es bei etwa 42 % der untersuchten Proben das Phasenspektrum mit einer Abweichung zur Referenz von unter 25 % abzuschätzen.

Postersession B

PS-B.04

Sorption- and organic matter-induced modifications of soil spectral induced polarization (SIP) signals

Mellage A.*¹, Zakai G.², Efrati B.², Pagel H.³, Schwartz N.²

¹Universität Tübingen, Zentrum für Angewandte Geowissenschaften, Tübingen, Deutschland, ²The Hebrew University of Jerusalem, Institute of Environmental Sciences, Rehovot, Israel, ³Universität Hohenheim, Department of Biogeophysics, Stuttgart, Deutschland

Charge interactions between solutes and the solid matrix of soils and sediments govern their retention in natural porous media. The complexation reactions and electrostatic ion-exchange mechanisms yielding sorption modify the ion density and composition of the electrical double layer at charged sites. Spectral induced polarization (SIP) is sensitive to the electrical properties of charged media and is therefore well suited as a proxy sorption-monitoring tool. SIP offers a unique opportunity to monitor the retention of compounds (e.g. ionic or ionizable contaminants of concern) under natural pore space configurations non-invasively. We present SIP signals obtained from a series of columns packed with a water saturated natural sandy-loam soil, contaminated with increasing concentrations of the herbicide paraquat. The soil, collected from the surface horizon of an agricultural farm in Israel, was chosen as a model mineral soil (organic matter content < 0.1%). Experiments were setup with and without solid organic matter (SOM) amendment, to probe the effect of organic matter content on our ability to detect sorption-driven SIP responses under SOM-rich conditions. Our measurements highlight that the polarization of SOM-free (mineral) soils drops proportional to increasing amounts of sorbed paraquat, exhibiting a saturation-type dependence. Furthermore, the addition of 8%-SOM yielded an increase in both the real (σ') and imaginary (σ'') conductivity of the uncontaminated treatment, driven by the contribution of charged sites in the SOM. The SOM amendment also modified the dependence between σ'' and sorbed paraquat, which we speculate was driven by continued polarization within the polydisperse SOM with paraquat addition. However, extracting the characteristic time constant (τ) for all measured spectral responses, from the fit of a Cole-Cole model, revealed a saturation-type dependence between τ and added paraquat, aiding the interpretation of sorption-driven SIP signals in SOM-rich media.

Postersession B

PS-B.05

Analytische Modellierung der Membranpolarisation für beliebige Elektrolyte und Elektrolytgemische

Kreith D.*, Bücken M.

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

Die Induzierte Polarisation (IP) ist eine geophysikalische Methode mit einem breiten Spektrum an Anwendungsgebieten. Für die Interpretation der gemessenen Polarisationspektren ist die Entwicklung kleinskaliger physikalischer Modelle unerlässlich, durch die das makroskopische Polarisationsverhalten erklärt werden kann.

Ein solches Modell stellt die Membranpolarisation dar, bei der die Polarisation auf das membranartige Verhalten von Engstellen im Porenkanal zurückgeführt wird. Dieses Verhalten entsteht, da die Ionen an den Engstellen durch die dielektrische Doppelschicht in ihren Transporteigenschaften beeinflusst werden. Dies führt unter dem Einfluss eines äußeren elektrischen Feldes zu einer Ausbildung von Konzentrationsgradienten, die wiederum ein frequenzabhängiges Verhalten der Leitfähigkeit hervorrufen.

Neben numerischen Simulationen ist auch die Entwicklung analytischer Modelle wünschenswert, um z.B. in vertretbarer Rechenzeit aus dem Polarisationsverhalten einer großen Anzahl einzelner Poren auf die Gesamtpolarisation eines realen Gesteins schließen zu können. Bestehende analytische Modelle für die Membranpolarisation gehen jedoch vereinfachend lediglich von einem monovalenten, symmetrischen Elektrolyt aus und berücksichtigen in der Folge nur das Verhalten je einer Anionen- und einer Kationensorte.

Reale Porenfluide enthalten hingegen eine Vielzahl verschiedener Ionensorten in unterschiedlichen Konzentrationen und mit verschiedenen Wertigkeiten. Aus diesem Grund wird der Ansatz für ein neues Modell vorgestellt, mit dem das Polarisationsverhalten beliebiger Elektrolyte und Elektrolytgemische beschrieben werden kann. Hierzu wird ein Nernst-Planck-Poisson-Gleichungssystem aufgestellt, das jede Ionensorte unabhängig berücksichtigt. Anschließend wird das Gleichungssystem gelöst und somit für jede Ionensorte der Konzentrationsverlauf innerhalb der Pore berechnet. Aus der Lösung kann anschließend die effektive Leitfähigkeit des Porensystems bestimmt werden.

Postersession B

PS-B.06

Monitoring landwirtschaftlicher Bodenbearbeitung mit Gleichstromgeoelektrik

Schulz R.*¹, Hördt A.¹, Frerichs L.², Buckel J.¹, Landa A.-K.¹

¹TU Braunschweig, Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik, Angewandte Geophysik, Braunschweig, Deutschland, ²TU Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Braunschweig, Deutschland

In der Landwirtschaft ist man bemüht, sowohl aus ökologischen als auch ökonomischen Gründen, den Kraftstoffverbrauch von Nutzfahrzeugen bei jedem Bearbeitungsschritt zu minimieren. Ein wichtiger Bearbeitungsschritt vor dem Bestellen eines Feldes ist das Grubbern, bei dem die oberste Bodenschicht gelockert und von Pflanzenresten befreit wird. Ein effektives Grubbern wird durch einen tief eindringenden Grubber erreicht, was jedoch zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch aufgrund des höheren Zugwiderstands führt. Eine Bewertung des Arbeitsschrittes anhand physikalischer Messgrößen kann dabei helfen, eine gute Auflockerung bei möglichst geringem Kraftstoffverbrauch zu erreichen.

Ein Ansatz, die Effektivität des Grubbens zu beurteilen, besteht darin, die Menge an Lufteinschlüssen im Boden anhand des spezifischen Widerstands mit Hilfe von Gleichstromgeoelektrik zu detektieren. Die Hypothese ist, dass sich das vermehrte Auftreten von Luft im Boden in einem erhöhten spezifischen Widerstand widerspiegelt. Um die grundsätzlichen Erfolgsaussichten dieses Ansatzes zu bewerten, wurden Testmessungen auf verschiedenen Flächen durchgeführt.

Jede Messfläche wurde jeweils einmal vor und einmal nach der Bearbeitung durch den Grubber vermessen. Dabei wurden die Daten mit einem, verglichen mit konventionellen Geoelektrikmessungen, relativ kleinen Elektrodenabstand von 5cm in Wenner-Auslage aufgenommen. Die kleine Skala führt dazu, dass die Messung sensibel gegenüber der Eindringtiefe der Elektroden wird, was Fehler in Form von kleinskaligen Variationen des spezifischen Widerstands hervorruft. Dies birgt Probleme für die Inversionsrechnung, weshalb der scheinbare spezifische Widerstand als Maß für die Effektivität des Grubbens dient.

Die Untersuchung verschiedener Grubbertiefen zwischen 0cm und 25cm ergeben einen qualitativen Zusammenhang zwischen Eindringtiefe des Grubbers und scheinbarem spezifischem Widerstand. Bei größeren Grubbertiefen erstreckt sich der erhöhte Widerstand über einen größeren Tiefenbereich. Zudem wurde eine ausbleibende Erhöhung des spezifischen Widerstands entlang der Reifenspuren beobachtet und folglich ein negativer Einfluss der Reifen des Nutzfahrzeugs auf die Effektivität des Grubbens festgestellt. Somit konnte die Hypothese bestätigt werden, dass sich geoelektrische Methoden dazu eignen, die Effektivität eines Grubbers zu beurteilen.

Postersession B

PS-B.07

3D-Inversion von Gleichstromgeoelektrikdaten zur Erkundung von Seesedimenten

Hoppenbrock J.*¹, Bücken M.¹, Gallistl J.², Flores Orozco A.², Aigner L.², Moser C.², Buckel J.¹, Pérez L.³

¹Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland, ²Technische Universität Wien, Department of Geodesy and Geoinformation, Wien, Österreich, ³Technische Universität Braunschweig, Institut für Geosysteme und Bioindikation, Braunschweig, Deutschland

Seesedimente sind ein wichtiges Archiv zur Rekonstruktion von Klima- und Umweltbedingungen der Vergangenheit. Informationen werden dabei beispielsweise in Form von Umweltbioindikatoren (fossile Kleinstlebewesen, Pollen oder Rußpartikel) in Sedimentschichten am Seeboden gespeichert.

Wir untersuchen mithilfe von Gleichstromgeoelektrikmessungen an der Wasseroberfläche die Widerstandsverteilung im Untergrund, um die Sedimentmächtigkeit am Seegrund zu bestimmen. Im März 2018 wurden dazu auf dem Nahá See im Süden Mexikos Gleichstromgeoelektrikmessungen mit einem bezüglich Transport und Ausführung möglichst einfachen Aufbau aus 13 hinter einem Boot hergezogenen Elektroden (5 m Elektrodenabstand) durchgeführt. Ziel ist es, eine Routine für die Auswertung dieser Daten zu entwickeln.

In einer früheren Studie wurden diese Daten bereits mit einer 1D-Inversion ausgewertet, in der Wassertiefe, Wasserwiderstand und Sedimentwiderstand als a-priori Informationen festgelegt werden konnten. Ein Vergleich mit Sonardaten (Sub-Bottom Profiler) zeigte, dass die Sedimentmächtigkeit mit diesem 1D-Ansatz punktuell in Wassertiefen von bis zu 20 m zufriedenstellend bestimmt werden konnte. Berücksichtigt werden in der 1D-Inversion jedoch weder, dass (1) die Bathymetrie und auch die Sedimentmächtigkeit nicht notwendigerweise über längere Strecken konstant sind, noch dass (2) das Elektrodenkabel hinter dem Boot teils stark gekrümmt war.

Um die genannten Effekte zu berücksichtigen, wird hier eine 3D-Inversion desselben Datensatzes vorgestellt. Dafür werden in einem ersten Schritt die Elektrodenpositionen aus den GPS-Positionen des Bootes mithilfe von Spline-Interpolationen rekonstruiert. Im zweiten Schritt wird ein Inversionsgitter erstellt, welches sowohl die neuen Elektrodenpositionen als auch die Bathymetrie enthält, und für eine 3D-Inversion mit der Open-Source-Python-Bibliothek pyGIMLi benutzt wird.

Es zeigt sich, dass das Inversionsergebnis durch das Berücksichtigen der Kabelkrümmung verbessert wird. Außerdem ist die Auswertung nicht auf Bereiche mit nahezu horizontalem Seegrund beschränkt, sodass ein vollständigeres Bild der Sedimentverteilung – vor allem in Ufernähe bei Wassertiefen unter 10 m – gewonnen werden kann. Bereiche mit mächtigen Sedimentschichten können dort effizienter und genauer lokalisiert werden als mithilfe der 1D-Inversion. In größerer Tiefe (> 10 m) können die Sedimentschichten aufgrund des erhöhten Rauschlevels nicht ausreichend genau aufgelöst werden.

Postersession B

PS-B.08

Geoelektrisches Monitoring eines Bewässerungsexperiments mittels Oberflächen- und Bohrlochmessungen

Glebe R.*¹, Bücken M.¹, Krüger N.², Beyer M.², Feldmann F.³, Flores-Orozco A.⁴

¹TU Braunschweig, Institut für Geo- und extraterrestrische Physik, Braunschweig, Deutschland, ²TU Braunschweig, Institut für Geoökologie, Braunschweig, Deutschland, ³Julius Kühn Institut, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, Braunschweig, Deutschland, ⁴TU Wien, Department of Geodesy and Geoinformation, Wien, Österreich

In Folge des Klimawandels kommt es in Mitteleuropa vermehrt zu Dürreperioden und zur Austrocknung von Böden. Indem Nutzpflanzen sinnvoll kombiniert werden, kann die Verfügbarkeit von Wasser teils auch ohne künstliche Bewässerungsmaßnahmen verbessert werden. Beispielsweise können tief- und flachwurzelnde Pflanzen gemeinsam angepflanzt werden. Tiefwurzler erschließen tiefer gelegenes Wasser und können es so umverteilen, dass auch benachbarte Flachwurzler mit Wasser versorgt werden („hydraulische Umverteilung“).

Mit dem Ziel eine solche hydraulische Umverteilung mithilfe geoelektrischer Methoden untersuchen zu können, wurde in dieser Studie ein Versuchsaufbau entwickelt und getestet. Auf 23 Feldern wurden verschiedene Pflanzenkombinationen beobachtet. Dafür wurden sowohl Oberflächenmessungen mittels Gleichstromgeoelektrik, als auch Bohrlochmessungen mittels Spektraler Induzierter Polarisation (SIP) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden mit konventionellen Bodenfeuchtemessgeräten (time domain reflectometry, TDR) verglichen, welche die Bodenfeuchte nur punktuell erfassen können.

Für die Bohrlochmessungen wurde ein experimenteller Aufbau umgesetzt, mit dem die räumliche Verteilung des Wassers im Untergrund beobachtet werden kann. Um eine hohe Auflösung im Bereich der flachen Wurzeln zu erreichen, wurde ein bohrlochartiges System genutzt. Dieses besteht aus metallischen Ringelektroden, die an einem Holzstab befestigt sind, der senkrecht in den Boden eingebracht wird. Die oberflächennahen Elektroden haben dabei die kleinsten Abstände (5 cm) um den von Tief- und Flachwurzler gemeinsam durchwurzelteten Bereich möglichst genau auflösen und damit die Umverteilung möglichst gut beobachten zu können.

Da die Stäbe bereits vor der Aussaat in den Boden gebracht wurden, war ein Monitoring über mehrere Monate möglich: Zur Aussaat der Pflanzen Ende März, während des Wachstums im Juli und während eines finalen Bewässerungsexperimentes im September.

Die bisherigen Auswertungen der Ergebnisse zeigen, dass sich die zeitliche Entwicklung der Bodenfeuchte anhand der geoelektrischen Daten gut nachvollziehen lässt und im Gegensatz zu den TDR-Daten auch die räumliche Verteilung hoch aufgelöst (<5 cm) erfasst werden kann. Die Oberflächenmessungen zeigen, dass die Schichtung des Bodens über die Plots variiert, was sich auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse auswirken kann.

Postersession B

PS-B.09

Inversion of hydraulic conductivity from Induced Polarisation, field examples from five European countries

Martin T.*¹, Pauw P. S.², Karoulis M.², Mendoza A.¹, Günther T.³, Meldgaard Madsen L.⁴, Maurya P. K.⁴, Doetsch J.⁵, Rejkaer S.¹, Dahlin T.¹, Fiandaca G.⁶

¹Lund University, Engineering Geology, Lund, Schweden, ²Deltares, Utrecht, Niederlande, ³LIAG, Hannover, Deutschland, ⁴Aarhus University, Department of Geoscience, Aarhus, Dänemark, ⁵ETH Zürich, Zürich, Schweiz, ⁶University Milano, Department on Earth Science, Mailand, Italien

The knowledge about the hydraulic conductivity (K) of the subsurface is crucial to know as it is a main parameter for groundwater flow characterization within an aquifer. Traditionally, the spatial distribution of K is estimated by grain size analyses of samples from drillings, pumping or slug tests in screened boreholes. These methods are often expensive, time consuming, and punctual, and as consequence there is an increasing interest to use geophysical methods for K mapping as an alternative approach. For example, the time-domain Induced Polarisation (TDIP) method has been successfully applied in the field to imaging hydraulic conductivity in boreholes and along 2D profiles. In these studies, hydraulic conductivity was estimated from a re-parameterisation of the Cole-Cole model, converting the inverted parameters into hydraulic properties using petrophysical relations derived in the laboratory, without any calibration. In the study presented here, we use directly hydraulic properties as inversion parameters, instead of deriving hydraulic properties after inversion. This allows for a better estimation of the resolution of hydraulic properties, better regularization and, possibly, easier integration of prior information.

The new approach was applied to 2D profiles acquired in five different European countries, all characterized by unconsolidated sediments, but with differences in terms of the water electrical conductivity. In particular, at one of the sites in the Netherlands, a strong gradient in the water electrical conductivity is present since a freshwater lens is overlaying the sea water. Here, a very good agreement between the hydraulic conductivity values from the inversion with the present hydraulic model could be observed, despite of the high-water electrical conductivity, which makes it challenging to identify the clay layers at the site. Similar results were achieved for the other tests sites where the estimation of hydraulic conductivity agrees well with the available hydraulic ancillary data. This new methodology, if corroborated by further experiments, might open the way for reliable, cost-effective geophysical estimation of hydraulic conductivity in the field.

Postersession B

PS-B.10

Global inversion of 2D ERT data: addressing non-uniqueness and uncertainties using ensemble analysis

Arboleda-Zapata M.*, Tronicke J., Guillemoteau J.

University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

Electrical resistivity tomography (ERT) is a standard geophysical tool to investigate near-surface environments. The resulting resistivity models provide valuable information regarding subsurface architecture and material composition and, thus, ERT surveying is commonly used in a variety of geological, engineering, and hydrological applications. To obtain a specific electrical resistivity model from the measured apparent resistivities, different stochastic or deterministic inversion procedures may be employed. Typically, the inversion of ERT data results in non-unique solutions; i.e., an ensemble of different models explains the measured data equally well. In this study, we perform inference analysis of model ensembles generated using a well-established global inversion approach to assess uncertainties related to the non-uniqueness of the formulated inverse problem. Our interpretation strategy starts by establishing model selection criteria based on different statistical descriptors calculated from the data residuals. Then, we perform cluster analysis considering the inverted resistivity models and the corresponding data residual distributions. Finally, we evaluate model uncertainties and residual distributions for each cluster. To illustrate the potential of our approach, we use a particle swarm optimization (PSO) algorithm to obtain ensembles of 2D layer-based resistivity models associated with typical hydrogeological and geomorphological applications of ERT surveying. Our results demonstrate that the proposed workflow allows us to extract different plausible model scenarios with their associated uncertainties and data residual distributions and, thus, eases the interpretation of ERT results.

Postersession B

PS-B.11

Einsatz von geoelektrischen 2D- und 3D-Oberflächenmessungen auf einer Testfläche: Inversionsergebnisse unter die Lupe genommen

Lu E.*¹, Erkul E.¹, Fischer S. L.¹, Gräber M.², Rabbel W.¹

¹*Institut für Geowissenschaften /Geophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland,* ²*GeoServe - Angewandte Geophysik, Kiel, Deutschland*

In der Ingenieurgeophysik kommen im Rahmen von geoelektrischer Prospektion häufig 2D-Messungen zum Einsatz. Dabei setzen 2D-Verfahren mehr oder weniger ein Untergrundmodell voraus, welches senkrecht zur Schnittebene eines Profils möglichst konstant ist. Hiermit muss in Kauf genommen werden, dass unbekannte 3D-Strukturen zur Verzerrung des berechneten Untergrundmodells führen.

In dieser Studie wurden mit der Multikanal Messapparatur RESECS (GeoServe) auf einer innerstädtischen Testfläche (25m X 25m) 2D- und 3D-Messungen auf 8 parallelen Messlinien mit insgesamt 208 Edelstahlelektroden gleichzeitig durchgeführt. Dabei betrug der Elektrodenabstand in-line und cross-line 1m. Gemessen wurden Dipol-Dipol und Pol-Pol Konfigurationen. Zusätzlich wurden Georadarmessungen mit der GSSI-Dualfrequenzantenne (300 MHz und 800 MHz) durchgeführt.

Die geoelektrische Inversion erfolgte mit Res2DInv, Res3DInv und BERT. Dabei wurden die Ergebnisse der 2D-, 2.5D- und 3D- Inversionen verglichen und mit den Georadar-Ergebnissen kombiniert. Unter 2.5D verstehen wir in diesem Zusammenhang die Vermessungen einer 3D Struktur mit Hilfe von parallelen geradlinigen Geoelektrikprofilen, die separat aufgezeichnet, aber als Gruppe mit einem 3D Algorithmus ausgewertet werden.

Das Ziel dieser Studie besteht darin herauszufinden, inwieweit die geoelektrischen 3D Oberflächenmessungen zu einem hochauflösenden Untergrundmodell besser beitragen können als konventionelle 2D-Messungen. Zusätzlich dienen die hochauflösenden GPR-Messungen zur unabhängigen Erfassung der 3D-Strukturen.

Die Ergebnisse der 3D-Messungen zeigen, dass einzelne Strukturen sowohl in den elektrischen Tiefenscheiben sowie in den Tiefen-Widerstandssektionen bis in eine Tiefe von 1.5 m besser erfasst werden können als in den Ergebnissen der 2D-Messungen. Diese Strukturen lassen sich auch durch das Georadar bestätigen.

Postersession B

PS-B.12

Improved hydrogeophysical imaging with ERT using direct push data as priors and geostatistical regularization

Guenther T.*¹, Greskowiak J.², Grünenberg N.², Vienken T.³

¹*Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland*, ²*Universität Oldenburg, Oldenburg, Deutschland*,

³*Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Leipzig, Deutschland*

Imaging saltwater/freshwater interfaces is of importance to understand flow and transport in coastal aquifers. For hydrogeophysical imaging the method of electrical resistivity tomography (ERT) yields high-resolution images and is suited for monitoring. However, there is an intrinsic ambiguity in the inversion of the data that limits accurate quantification. In contrast, direct push (DP) data provide accurate point information. Moreover, DP fluid sampling helps to transfer the measured electrical conductivity into salinity by computing a spatially variable formation factor. Both data show typically the same structures but contradict in detail.

We present a methodology to combine both methods using joint inversion. To this end, DP data are treated like geophysical data with standard deviations derived from statistics so that the resistivity distribution strives to match the DP data at the given point. Additionally, the spatial distribution of DP data can be used to derive geostatistical correlation lengths in the horizontal and vertical directions that are incorporated into the ERT inversion using an anisotropic geostatistical regularization operator. Synthetic modellings with geostatistical media show that the ERT image is improved, not only in the vicinity of the sampling points.

We present data from the northern beach of the North Sea island of Spiekeroog where we want to image the circulation cell that forms under the influence of the tides (upper saline plume). There is a significant improvement of the classical smoothness-constrained inversion compared to the DP-guided inversion. As a result, we observe a split into several circulation cells with local groundwater discharge zones. Our hypothesis is that these are mainly driven by the changing beach morphology.

Postersession B

PS-B.13

The Dynamic Deep Subsurface of High-Energy Beaches (DynaDeep) – Geophysical Perspective and Outlook

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

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

The research-unit DynaDeep focuses on physical and biogeochemical processes in the subsurface of high-energy beaches. Subterranean estuaries are biochemical reactors affecting elemental net fluxes to the sea. DynaDeep aims to improve our understanding of the sedimentary land-sea interface, its unique dynamics and their effect on coastal ecosystems. Therefore, the impact of morphodynamics on the subsurface flow and transport dynamics is investigated and linked to the microbial communities, trace elements, organic matter, and metabolic rates.

LIAG is engaged in the P1 subproject of DynaDeep and focusses on detection and monitoring of the salt- and freshwater interface conducting geoelectrical measurements on the island of Spiekeroog. ERT data will be collected every six weeks along a profile in the intertidal zone, jointly investigated and supported by direct push measurements and daily measurements using a vertical electrode chain (SAMOS). All data feed into a Subterranean Estuary Online Observatory further including e.g. wave recording and detailed topographic information of this fast changing terrain. During a first drilling campaign sediment core are gained and laboratory measurements on core samples will provide additional information for calibration with the aim to get a comprehensive model of the salinity distribution. All data will be jointly inverted across spatial and temporal scales to provide a detailed image of the dynamic change of the salt-/freshwater interface over the course of 3 years.

The poster gives results of the first ERT measurements.

Postersession B

PS-B.14

Characterization of surface conductivity of clays

Emelianov V.*¹, Zhang Z.*², Titov K.¹, Halisch M.³, Weller A.²

¹*Institute of Earth Sciences, Department of Geophysics, St. Petersburg, Russische Föderation*, ²*Technische Universität Clausthal, Institut für Geophysik, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland*, ³*Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Sektion 5 –Gesteinsphysik & Bohrlochgeophysik, Hannover, Deutschland*

Clay minerals are extensively used in a wide range of applications. They are a key component in the production of ceramics, concrete, drilling fluids, molding sands, paints, and paper. Furthermore, clay formations can be used as radioactive waste repository. However, the hydrodynamic regime within such kind of storage should be considered due to possible interactions with groundwater. Electrical resistivity tomography can be used as one of the monitoring methods. A conclusive interpretation of field data requires reliable knowledge on the electrical properties of clays that are gained in laboratory experiments. The main purpose of this study is the investigation of the electrical properties of clay samples with a special focus on the contribution of surface conductivity. The influence of water content on complex conductivity values for four clay powder samples was investigated by the spectral induced polarization method. Experiments were conducted with kaolinite, illite, bentonite clays, and a breccia containing saponite (~ 90%). We also employed density, cation exchange capacity and specific surface area measurements to characterize the samples.

The measured complex conductivity spectra indicate a decrease of the real part of electrical conductivity with rising water content for the illite, bentonite and saponite breccia samples. The electrical conductivity of kaolinite does not show any significant changes with water content. Kaolinite indicates an iso-conductivity situation with similar conductivities of the solid and liquid phases, whereas the total conductivity of the other three samples is dominated by the contribution of surface conductivity. The imaginary part of electrical conductivity increases with water content. Moreover, we observed an increasing porosity and decreasing surface conductivity with increasing water content. Finally, the ratio between imaginary conductivity and surface conductivity increased with increasing water content (i.e. with a decrease of clay content).

Postersession B

PS-B.15

Numerische 3D-Simulation der Stern-Schichtpolarisation in dichten Kugelpackungen

Wentzki J.*, Bücke M.

TU Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik (IGEP), Braunschweig, Deutschland

Für die Induzierte Polarisation gibt es Finite-Elemente-Modelle, mit denen die Leitungs- und Polarisationsprozesse in der elektrischen Doppelschicht an der Mineraloberfläche numerisch berechnet werden können. Um Rechenzeit zu sparen, beruhen die von uns verwendeten Modelle bisher auf 2D bzw. 2D-rotationssymmetrischen Geometrien, was die Möglichkeiten realistische granulare Medien zu simulieren sehr stark einschränkt. Denn selbst eine einfache Geometrien von wenigen nebeneinander angeordneten Kugeln sind so nicht realisierbar. Eine einfache Übertragung der 2D in 3D-Modelle ist dabei praktisch nicht möglich, da der diffuse Teil der elektrischen Doppelschicht, dessen Dicke meist um Größenordnungen unter dem Korndurchmesser liegt, entsprechend hoch aufgelöst werden muss und das benötigte 3D-Gitter zu groß würde. Um zunächst unser bisheriges numerisches Modell für die Stern-Schichtpolarisation (und die entsprechende Rückkopplung mit den Ladungsträgern in der diffusen Schicht) in ein vollständiges 3D-Modell weiterzuentwickeln implementieren wir effektive Randbedingungen, die die diffuse Schicht berücksichtigen, ohne letztere tatsächlich diskretisieren zu müssen. Das neue 3D-Modell gibt uns erstmals die Möglichkeit, komplexe Geometrien zu simulieren, wodurch wir eine deutliche Annäherung der berechenbaren Modelle an reale Materialien erreicht.

Um die Ergebnisse des Modells zu überprüfen, werden zunächst die simulierten Daten einer einzelnen Kugel mit einem analytischen Modell für die Stern-Schichtpolarisation einer einzelnen Kugel verglichen. Im Ergebnis lässt sich erkennen, dass über das gesamte modellierte Spektrum eine sehr gute Übereinstimmung vorliegt. Im nächsten Schritt wurden die Polarisationsantworten sowohl regelmäßiger Kugelpackungen (nach dem Vorbild der Festkörperstrukturen SC, BCC, FCC und der dichtesten Kugelpackung) als auch unregelmäßiger, zufällig generierter Kugelpackungen untersucht. Auch hier zeigt der Vergleich mit einem analytischen Modell, dass die 3D-Simulation sehr gute Ergebnisse liefert.

Lediglich bei sehr großen unregelmäßigen Kugelpackungen lassen sich Differenzen erkennen. Ob diese aber Schwächen des numerischen oder des analytischen Modells anzeigen, muss noch näher untersucht werden. Im Vergleich zu den vorherigen Modellen stellt unser neues Modell jedoch schon jetzt einen enormen Fortschritt dar.

Postersession B

PS-B.16

Elektrisches Monitoring dynamischer Drainage- und Imbibitionvorgänge in Gestein-Fluid-Gas Systemen

Sonntag M.*¹, Börner J.², Herdegen V.³, Grahl F.³

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik / TU Bergakademie Freiberg, AG Elektromagnetik, Freiberg, Deutschland,

²Institut für Geophysik und Geoinformatik / TU Bergakademie Freiberg, AG Elektromagnetik, Freiberg, Deutschland,

³Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik / TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

Karbonatgesteine beherbergen große fossile Erdöl- und Erdgasvorkommen und sind Ziele für EOR- und CCS-Anwendungen. Obwohl elektromagnetische Methoden für die Überwachung eingesetzt werden können, ist das Verständnis der elektrischen Eigenschaften von Karbonaten aufgrund ihres heterogenen Porenraums und ihrer Reaktivität gegenüber der wässrigen Phasen, insbesondere in Gegenwart von CO₂ (Auflösungs- und Ausfällungsprozesse), noch unvollständig.

Daher wurde ein systematischer mehrstufiger Experimentalablauf entwickelt sowie die erfolgreiche Durchführung von Versuchsreihen an verschiedenen Mehrphasensystemen zur elektrischen Überwachung und Charakterisierung dynamischer Prozesse realisiert.

Dabei wurde jeweils eine Kombination aus Sand oder Karbonat als Gesteinsmatrix, sowie Stickstoff oder CO₂ als Gaskomponente für die einzelnen Experimente genutzt. Somit lassen sich die Kombinationen aus Gesteinsmatrix und Gas in Subsysteme mit unterschiedlichem Reaktivitätsgrad unterteilen.

Hierbei zeigt sich, dass die karbonatischen Systeme eine starke Reaktion auf den Druckanstieg, in Abhängig ihres chemischen Reaktivitätspotentials, aufweisen. Die Sand-Systeme hingegen zeigen keine Reaktion auf den Druckanstieg (inerte Matrix). Die anschließenden dynamischen Prozesse können signifikante Änderungen der Charakteristiken der Spektren der komplexen Leitfähigkeit verursachen, wobei die chemische Reaktivität der einzelnen Komponenten eine wichtige Rolle spielt.

Die Ergebnisse helfen dabei das physikalisch-chemische Verständnis und die Quantifizierung der Reaktionskinetik während langfristiger Oberflächenalteration von Karbonatgesteinen unter CO₂ Einwirkung zu verstehen. Eine modellbasierte Beziehung zwischen komplexen elektrischen Eigenschaften und den langfristigen Reaktionskinetiken für genannten Bedingungen unterstützt das geoelektrische Monitoring und ermöglicht die Vorhersage von Parameterkontrasten.

Postersession B

PS-B.17

Time-domain to frequency-domain conversion of induced polarization data using Debye decomposition

Hase J. *, Weigand M., Kemna A.

Institut für Geowissenschaften / Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Geophysik, Bonn, Deutschland

The time-domain (TD) induced polarization (IP) method is used as an extension to classical DC resistivity measurements to capture information on the ability of the subsurface to develop electrical polarization. In a TD IP measurement, the transient voltage decay between two electrodes is measured after the termination of an injected current between two other electrodes. TD IP measurements are typically analyzed in terms of chargeabilities, while in the frequency domain (FD) polarization responses are measured as complex-valued impedances. The latter can be inverted into a subsurface model of complex electrical conductivity by means of existing tomographic inversion algorithms. In order to applying these FD inversion algorithms to TD IP measurements, the necessity of TD to FD data conversion arises. A suitable conversion approach must transform the measured decay curve into a FD impedance and, preferably, also propagate the corresponding measurement uncertainty from TD into FD. We here present such an approach based on a Debye decomposition (DD) of the decay curve into a relaxation-time distribution (RTD). Since equivalent formulations of the DD exist in TD and FD, it is possible to compute the FD response from the RTD inverted from the TD response. The corresponding FD data error can be obtained by applying error propagation through all these steps, assuming that the underlying parameters are normally distributed. To accomplish the DD we implemented a non-linear Gauss-Newton inversion scheme which automatically tunes the regularization strength to achieve a stable FD estimate and FD uncertainty. We test the performance of the inversion scheme in a synthetic study and apply the approach to a TD IP field data set followed by tomographic inversion. The proposed approach yields accurate impedance data for relaxation processes which are resolved by the TD measurements. The error propagation scheme provides a reasonable FD uncertainty estimate, as revealed by a Monte-Carlo analysis of the underlying parameter distributions. The presented methodology to convert TD to FD IP data allows to invert and analyze field data collected with widely used TD instruments in the frequency domain, where the diagnostic potential of spectroscopy can be fully exploited for an improved interpretation.

Postersession B

PS-B.18

Differentiating between mineral formation and electrolyte diffusion with help of the complex electrical conductivity

Mansfeld A. M.*, Kemna A.

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Institut für Geowissenschaften, Abteilung Geophysik, Bonn, Deutschland

Whenever minerals and fluids interact in the subsurface, precipitation reactions and dissolution processes are inevitable. These interactions are the major drive behind the observable change in the pore structure and chemistry of reservoir systems. Even though precipitation and dissolution represent key processes in understanding the subsurface, their observation, monitoring and characterization is difficult. In this regard geoelectrical methods are promising non-invasive measurement techniques, given the sensitivity of rock electrical conductivity to pore fluid chemistry.

When reactive chemicals are released in the subsurface, differentiating between the expected changes in electrical conductivity due to pore water salinity and those caused by mineral formation or dissolution is hardly possible. However, by analyzing in addition the imaginary part of the complex electrical conductivity, describing electrical polarization, these processes become more distinguishable. This is due to the well-proven sensitivity of the imaginary component to the pore space geometry and fluid-mineral interactions.

In this study we have performed multiple laboratory experiments on mixing-induced precipitation in rocks, which were monitored with spectral induced polarization measurements. The set-up consists of two fluid reservoirs that are connected via a quartz-rich sandstone sample, creating a reaction zone in the pore space of the sample. As reactant solutions 0.2 molal NaHCO_3 and 0.1 molal CaCl_2 mixtures were used, the mixing of which resulting in CaCO_3 formation. In a comparative run, 0.1 molal BaCl_2 and Na_2SO_4 were used resulting in the formation of BaSO_4 . Both reactions form NaCl as the byproduct. Thus the diffusion of NaCl solutions into a rock sample was used as comparison for non-reactive electrolyte diffusion.

The experimental results show that not only mineral precipitation can be clearly distinguished from salinity increase, but also different chemical reactions can be identified. During the runs with reactant solutions, a clear pattern showing the onset of the chemical reaction is identifiable in the low-frequency response of the imaginary conductivity. The mineral precipitation results in changes of the pore space, which were verified with independent petrophysical measurements. We conclude that time-lapse complex conductivity measurements provide valuable insight into the reactive behavior and evolution of reservoir rocks and their pore space characteristics.

Postersession B

PS-B.19

Die Anwendung von Textilelektroden bei geoelektrischen Widerstandsmessungen

Westphal K.*, Mudler J., Buckel J., Bücken M., Hördt A.

TU Braunschweig, Igep, Braunschweig, Deutschland

Die Möglichkeit zerstörungsfreier geoelektrischer Messungen, z.B. durch einfaches Auflegen der Elektroden anstatt Anbohren auf harten Untergründen, würde insbesondere in schwer zugänglichen Gebieten eine erhebliche logistische Erleichterung darstellen. In dieser Arbeit stellen wir neuartige Textilelektroden vor, bei welchen die Ankopplung durch leitfähiges Gewebe hergestellt wird.

Untersucht wurde die Zuverlässigkeit der Ankopplung der Textilelektroden an die Untergründe sowie der Einfluss einer Bewässerung auf die Ankopplung der Textilelektroden. Es erfolgten Messungen des spezifischen Widerstands verschiedener Untergründe in 4-Punkt-Konfiguration, sowie der Übergangsimpedanz in 2-Punkt Konfiguration mit Spieß-, Schwamm- sowie Textilelektroden. Es wurde eine GeoTom RES/IP bei 8,32 Hz genutzt.

Die Ergebnisse der Feldmessungen werden exemplarisch dargestellt. Es zeigt sich, dass Textilelektroden eine gute Ankopplung auch an hochohmige Untergründe ermöglichen und sehr zuverlässige Werte für die spezifischen Widerstände liefern. Ein überraschendes Ergebnis ist, dass auch bei Textilelektroden die Kontaktimpedanz durch Bewässerung erheblich verringert wird. Allerdings genügen bereits sehr kleine Wassermengen (ca. 10 ml pro Elektrode), so dass die Logistik erheblich einfacher ist, als bei Schwammelektroden, die mit deutlich größeren Wassermengen durchnässt werden müssen. Textilelektroden eignen sich somit speziell für den Einsatz auf harten Untergründen und/oder in schwer zugänglichen Gebieten.

PS-C Postersession C

PS-C.01

Generation of reflections and PKP precursors from a scattering layer in D''

Hiemer V.*, Thomas C.

WWU Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland

The D'' region consists of many different structures on many length-scales such as ultra-low velocity zones, large low shear velocity provinces, scatterers or the D'' discontinuity. The focus of this study is on the lowermost mantle where PKP precursors and PdP reflections are generated. The PdP waves result from the reflection at the top of the D'' discontinuity and the precursors to PKP from scattering of the PKP phase near the core-mantle boundary. Here we test whether an inhomogeneous scattering region could potentially explain both of these two seismic phases by modelling using the axi-symmetric spectral element method AxiSEM. Testing different heterogeneity models with a range of correlation lengths and velocity perturbations for the D'' region, we find that some of our models can produce both, PKP precursors and lower mantle reflections which we would identify as PdP. Comparing our synthetic seismograms to real data for precursors in a location beneath the mid-Atlantic near the north-eastern part of South America we find the best fitting model with correlation length of 10 km and velocity perturbation of 5 % with a gradual increase of scattering defined by a taper from 200-400 km above the core-mantle boundary.

Postersession C

PS-C.02

Mineralogy, fabric, and deformation domains in D" across the southwestern border of the African LLSVP

Pisconti A.*¹, Creasy N.², Wookey J.³, Long M.⁴, Thomas C.¹

¹*Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland,* ²*Colorado School of Mines, Department of Geophysics, Golden, Vereinigte Staaten von Amerika,* ³*University of Bristol, School of Earth Sciences, Bristol, Vereinigtes Königreich,* ⁴*Yale University, Department of Geology and Geophysics, New Haven, Vereinigte Staaten von Amerika*

Recent advances in seismic anisotropy studies that jointly use reflections and shear wave splitting have proven to place tight constraints on the plausible anisotropic and deformation scenarios in the D" region. We apply this novel methodology to a large area of the D" region beneath the South Atlantic, in proximity to and within the African large low seismic velocity province (LLSVP). This area of the mantle is characterized by a transition from fast to slow seismic velocity anomalies and it is thought to be the location of deep-seated plumes responsible for hotspot volcanism. Attempting to probe mantle composition and deformation along the LLSVP borders may provide key information on mantle dynamics. By analyzing seismic phases sampling this region, we detect a D" discontinuity over a large area beneath the South Atlantic, with inferred depth ranges ~170 to ~240 km above the core mantle boundary. We find evidence for a D" reflector within the area of the LLSVP. Shear wave splitting observations suggest that anisotropy is present in this region of the mantle, in agreement with previous studies that partially sampled this region. We model the observations considering lattice- and shape-preferred orientation of materials expected in the D" region. A regional variation of mineralogy, phase transition boundaries, and deformation direction is required to explain the data. We infer two distinct domains of mineralogy and deformation: aligned post-perovskite outside the LLSVP and aligned bridgmanite within the LLSVP. The scenario depicted by this study agrees well with the current hypotheses for the composition of the LLSVP and with the prevalence of vertical deformation directions expected to occur along the LLSVPs borders.

Postersession C

PS-C.03

Wave path deviation contributions to travel time variation of core waves

Hosseini S.¹, Thomas C.*¹, Garnero E.², Abreu R.¹

¹*Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland,* ²*Arizona State University, Tempe, Vereinigte Staaten von Amerika*

Anisotropy in the inner core is often measured through travel time differences between waves that enter the inner core (PKPdf) and waves that travel through the outer core only (PKPab and PKPbc). Since travel time deviations can be introduced by velocity changes (i.e. anisotropy or larger-scale structures) but also path deviations, here we measure the path and travel time of PKP waves simultaneously for several source-array combinations. One of the paths used is the anomalous polar South Sandwich to Alaska path, which has been used previously to infer seismic anisotropy in the inner core. The other paths are equatorial paths, usually considered to be normal paths with respect to anisotropy. We augment our dataset with converted waves that also travel through the inner core (SKPdf and PKSdf) since they have a very similar path to PKPdf and if velocity variations are present in the inner core, all three wave types should experience them. We use array methods and determine slowness, travel time and backazimuth deviations and compare to synthetic data. We find that path deviations from the theoretical values are present in all wave types and paths, and that large scatter exists. Some of the path deviations can be explained by mislocation vectors and crustal variations. The polar path shows smaller travel time residuals than previously published, and we also find slowness residuals for this path. Interestingly, SKPdf and PKSdf show travel time residuals opposite to PKPdf, indicating that the mantle is partly responsible for the travel time residuals in previous work and that mantle structure has to be taken into account when investigating core anisotropy.

Postersession C

PS-C.04

Detailed investigation of the extent of the Caribbean subduction

Wirp S. A.¹, Saki M.*¹, Thomas C.¹, Billen M.²

¹*Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland,* ²*Earth and Planetary sciences, UCDAVIS, University of California, California, Vereinigte Staaten von Amerika*

We are mapping the topography of the upper mantle discontinuities beneath the Caribbean subduction by using precursors to PP and SS that reflect off seismic discontinuities. Numerous source receiver combinations have been used in order to collect a large dataset of reflection points. We analysed events between 2000 and 2020 with a magnitude of $M_w \geq 5.8$, using array seismic methods. 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. 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) northwestern edge of South America where subduction of the Nazca lithosphere takes place.

We find a complex behaviour of 410 and 660 km discontinuities in all three regions, with indication of a curved slab with sub-lithospheric flow around the slab beneath the eastern Caribbean. Beneath Mexico, our results agree with previously suggested broken fragments of a subducted slab. Under the north-western South America, we find an elevated 410 km discontinuity and a normal to elevated 660 km discontinuity suggesting that our 410 km reflections are inside the slab, whereas only part of our 660 km reflections can be associated with the slab location.

Postersession C

PS-C.05

Mapping the edge of subducted slabs beneath southern Asia

Rochira F.*, Schumacher L., Thomas C.

University of Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland

Seismic reflectors have been detected throughout the Earth's mantle at different depths, but for some of them, their origin remains poor understood. Whether they are related to current or past subducting slabs, upwelling regions or deformation processes is still a matter of debate. In this study, we investigate the presence of seismic structures in the Earth's mantle by searching for seismic signals that travel off great circle path direction and are reflected or scattered off structures in the lower mantle. The dataset consists of events located in Indonesia and in Japan, recorded at the broadband stations in Germany, Morocco and Namibia. Applying seismic array techniques, we measure the slowness, backazimuth and travelttime of the out-of-plane arrivals. These parameters provide the information to locate the reflection source regions and then, to map seismic heterogeneities in the Earth's mantle. We back-trace the out-of-plane arrivals as P-to-P, S-to-P or P-to-S phases and find that most of the detected reflectors are located in the mantle at depths shallower than 1500 km. Additionally, the positions of mid-mantle reflectors correlate with the edges of prominent high velocity anomalies in tomographic inversions beneath southern Asia, which have been interpreted as remnants of fossil slabs due to the subduction of the Tethys Ocean. We also observe few reflectors deeper than 1600 km that are located away from subducting regions and their positions coincide with the eastern edge of the African low velocity anomaly. These observations suggest that the presence of reflectors in the mid-lower mantle is not exclusively related to current or past subducting regions, but widespread throughout the mantle.

Postersession C

PS-C.06

Estimating Oceanic Plate Hydration with Receiver Functions

Bloch W.*¹, Audet P.², Bostock M.¹, Brownlee S.³

¹University of British Columbia, Vancouver, Kanada, ²University of Ottawa, Ottawa, Kanada, ³Wayne State University, Detroit, Vereinigte Staaten von Amerika

Fluid processes are ubiquitous within the Earth, but at which rate water and other volatiles are supplied to the Earth's interior is poorly constrained by geophysical data. When the oceanic plate bends open prior to subduction, water reacts with the peridotite of the oceanic mantle and forms serpentinite. This process allows water to subduct. May oceanic plate hydration also be the root cause of a seismic wave conversion that has been detected with receiver functions in subducting slabs world wide? And can the timing and amplitude of the conversion be used to constrain slab hydration?

We characterize the receiver function signature of this so-called anisotropic mantle lid (AML) in the forearc of the Cascadia subduction zone. The AML conversion appears between 1 and 3 seconds after the Moho conversion, suggesting a variable AML thickness along the forearc of a few kilometres. The amplitude of the conversion changes with azimuth, pointing towards the anisotropic nature of the horizon.

We propose a petrophysical model that may allow to estimate the degree to which the oceanic plate is hydrated from the AML properties. The model accounts for (i) the possible bending- and hydration-effects on the observed anisotropy pattern, and (ii) for the alignment of olivine grains inherited during sea-floor spreading. Taken together, the observation and modelling of AML properties may serve as a new tool to estimate oceanic plate hydration from single seismic stations and quantify the flux of water into the Earth interior.

Postersession C

PS-C.07

The 3D stress field on the margins of the Adriatic Plate derived from focal mechanisms

Glück E.*¹, Meier T.¹, Stipčević J.²

¹*Institut für Geowissenschaften/CAU Kiel, Geophysik, Kiel, Deutschland,* ²*University of Zagreb, Departement of Geophysics, Zagreb, Kroatien*

At present time, the formerly much larger Adriatic Microplate is still actively being subducted beneath the Apennines and the Dinarides-Hellenides zone with continental collision and related processes occurring under the Alps and the Dinarides. These tectonic processes along with the large-scale component of the northward moving African Plate resulted in a complex 3D stress field.

In the light of the complex tectonic process accompanying the movement of the Adriatic Plate, we aim to investigate the three-dimensional stress field in that area by stress inversion using focal mechanism data from the available CMT and RCMT earthquake catalogues. The focal mechanisms are inverted to better understand the stress regime in that region and how the stress pattern is depending on the current tectonic setting. A staggered grid algorithm was used for binning the focal mechanisms before the inversion.

The calculated 3D stress field indicates that the direction of the large-scale convergence of Africa and Eurasia is similar to the dominating direction of the maximum horizontal stress axis in the western central Mediterranean, with the exception of the Apennines, where the subduction of the Adriatic Plate beneath the northern Apennines is the primary source of stress. On the eastern margin of the Adriatic Plate the lack of deeper seismicity and a back arc basin, as well as the orogen normal orientation of the maximum horizontal stress axis in the Dinarides is pointing towards a continental subduction zone with an aseismic delaminating slab of lower lithosphere without a significant slab pull component.

Changes of the stress pattern within the Adriatic Plate may result from intraplate deformation, which points towards a fragmentation along the Mid Adriatic Ridge into two subplates, Adria Sensu Strictu in the north and Apulia in the south. While Adria Sensu Strictu is moving independently from Africa, Apulia is depending on the larger plates movement.

The inversion of the focal mechanisms from the Hellenic Subduction Zone yields results about the rotation of the stress field with depth, as the maximum horizontal stress rotates from trench normal at shallow depths to trench parallel deeper down.

Postersession C

PS-C.08

Asking a different question - transdimensional approaches for joint inversion of gravity and surface waves

Szwillus W.*

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

The spatial parametrization of an inversion determines the question that we ask the data. Most geophysical applications describe the subsurface as material properties (seismic velocity, density, composition,) assigned to fixed spatial grids or a fixed set of basis functions. However, this can cause problems, particularly when the data quality, coverage and resolution is heterogeneous. In that situation, you have to make a compromise between oversampling the areas with poor coverage and undersampling the areas with good coverage. Similar issues arise when data sets with different depth sensitivities are combined, e.g., seismological and gravity data, because different properties might be resolved with varying resolution.

Transdimensional methods could help to alleviate these issues. Such methods represent the subsurface as a collection of a variable number of discrete anomalous volumes. The size and shape of these anomalies can be varied freely and independently, giving a variable resolution representation. Transdimensional inversions can be carried out using the 'reversible jump Monte Carlo Markov Chain' method, which is a Bayesian formulation.

Previous application of transdimensional methods in seismology have focussed on the Voronoi parametrization, which relies on nearest neighbour interpolation. Here, I will use a different parametrization that represents the subsurface as a collection of individual anomalies that are better suited to represent separate anomalies in a homogeneous background model. I will demonstrate the approach with synthetic examples where I use seismic surface wave dispersion curves together with satellite gravity measurements to try to recover the velocity and density structure inside the Earth's sublithospheric mantle.

Postersession C

PS-C.09

Untersuchung von Schergeschwindigkeitsprofilen mittels der H/V-Methode und ihre Korrelation zur lokalen Geologie im Raum Eschweiler, NRW.

Gotowik A.*¹, Finger C.², Harrington R. M.¹

¹Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland, ²Fraunhofer IEG, Fraunhofer Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie, Bochum, Deutschland

Im Raum Eschweiler ist aufgrund eines dort geplanten Geothermiekraftwerks eine möglichst genaue Aufnahme der lokalen Geologie wichtig. Neben Erkundungsbohrungen werden auch passive seismische Methoden eingesetzt, um die seismische Geschwindigkeitsstruktur im Untergrund abzubilden. Dies bildet die Basis für zukünftige seismische Risikoanalysen und für die Betrachtung der möglichen Verstärkung der Schwinggeschwindigkeit des Bodens durch die Sedimente der Niederrheinischen Bucht.

Unsere Arbeit beschäftigt sich mit der H/V-Methode. Als Datengrundlage verwenden wir Messungen des Fraunhofer IEG, der Ruhr-Universität Bochum sowie der RWTH Aachen, die in einer kurzzeitigen und einer kontinuierlichen seismischen Messkampagne gesammelt werden. Aus diesen Messungen wählen wir möglichst ereignisfreie Zeiträume aus, die nur das seismische Hintergrundrauschen enthalten und setzen die horizontalen Schwingungsanteile ins Verhältnis zu den vertikalen Schwingungsanteilen. Auf diese Weise ist es möglich, die Resonanzfrequenz der oberen Lockergesteinsschicht zu bestimmen und Rückschlüsse auf die Dicke dieser Schicht zu ziehen.

Wir haben zur Durchführung dieser Methode Daten aus insgesamt 44 Messstationen ausgewertet. Sie stehen in einem Umkreis von bis zu 11 km und mit Abständen von etwa 1 km zueinander um das Kohlekraftwerk Weisweiler. Da die H/V-Methode vorzugsweise dafür genutzt wird, Grenzflächen von Locker- zu Festgesteinsschichten zu finden, war zu erwarten, die Basis des Tertiär im Übergang zum darunterliegenden Grundgebirge zu finden.

Es ist uns im Laufe der Arbeit gelungen, statt der eigentlich erwarteten Tertiärbasis mit einer Tiefe von mehreren hundert Metern, eine deutlich oberflächennähere Schichtgrenze von etwa zehn Metern bis maximal 74,1 m, vermutlich die der Quartär-Tertiär-Grenze, zu finden. Dies lässt auf einen starken Impedanzkontrast und somit auf einen signifikanten Material- bzw. Festigkeitsunterschied dieser beiden Schichten schließen.

Außerdem zeigt sich, dass die so bestimmte obere Lockergesteinsschicht mit ihrer Dicke den Verlauf der Flusstäler in der Region nachzeichnet. Dort sind die größten Sedimentdicken von circa 50 bis 74,1m vorzufinden.

Postersession C

PS-C.10

Dynamics of the 2015–2017 Pamir (central Asia) Earthquake Sequence

Bloch W.*¹, Schurr B.², Ratschbacher L.³, Metzger S.², Yuan X.², Reuter S.³, Xu Q.^{4,5}, Zhao J.^{4,5}, Murodkulov S.⁶, Oimuhammadzoda I.⁷

¹University of British Columbia, Vancouver, Kanada, ²Deutsches Geoforschungszentrum Potsdam, Potsdam, Deutschland, ³Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland, ⁴Key Laboratory of Continental Collision and Plateau Uplift, Institute of Tibetan Plateau Research, Beijing, China, Volksrepublik, ⁵CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, Beijing, China, Volksrepublik, ⁶Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology, National Academy of Sciences, Dushanbe, Tadschikistan, ⁷Department of Geology under the Government of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tadschikistan

A sequence of three large (M_w 7.2–6.4) and several moderate (M_w 4.4–5.7) earthquakes struck the Pamir Plateau and surrounding mountain ranges of Tajikistan, China, and Kyrgyzstan in 2015–2017. It activated numerous segments of an extended regional fault network of the India-Asia collision zone in central Asia. The significant accumulation of large earthquake occurrences gives rise to the question if and how the earlier earthquakes of the sequence triggered the later ones.

We use data of two local temporary seismic networks that recorded the fore-, main-, and aftershocks of the sequence with good azimuthal coverage. We located 11,784 seismic events and determined the moment tensors of 35 earthquakes. The earthquake pattern shows that faults were activated subsequently at increasing distances from the initial M_w 7.2 Sarez earthquake. All mainshock areas but the initial one exhibited foreshock activity, which was not modulated by the occurrence of the earlier earthquakes.

To test if the subsequent mainshocks may have been triggered in earthquake cascades, we modelled the stresses transferred from one M_w 5+ earthquake to the next, using published distributed fault slip models, postseismic InSAR displacement rate maps and our moment tensor solutions. We find that stress-triggering occurred over distances of ≤ 90 km on favorably oriented faults with Coulomb stress increases as small as ~ 15 kPa. However, the second largest M_w 6.6 Muji earthquake occurred despite the repeated relaxation of its fault during the sequence, seen in an overall Coulomb stress reduction of ~ 10 kPa. The third largest M_w 6.4 Sary-Tash earthquake shows a Coulomb stress increase of only ~ 5 kPa. To explain the significant accumulation of M_w 6+ earthquakes on adjacent fault zones despite low transferred stresses, we reason that the initial mainshock may have increased nearby fault permeability, which facilitated fluid migration into the mature fault network and eventually triggered the large earthquakes through pore pressure increase.

Postersession C

PS-C.11

Slip-deficit estimation with a 3D fault model of the North Anatolian Fault by using InSAR time series

Seidel A. *, Sudhaus H.

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

Crustal earthquakes are events of sudden stress release, for example as a consequence of long-term stress buildup at tectonic faults that eventually exceeds the strength of rock. Before failure, the surrounding crust is slowly deforming. The amount and pattern of such crustal deformation carries information about location and potential magnitude of future earthquakes.

Time series of space-borne interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) data can be used to precisely measure the surface motion, corresponding to crustal deformation over large areas.

These observations open the possibility to study fault loading in terms of location behavior over time, size of locked parts at the fault and slip deficit. Here, we continue our previous studies on fault loading of the North Anatolian Fault (NAF), a major right-lateral strike-slip fault zone of about 1500 km length in the north of Turkey and improve on our previous large-scale 3D finite-fault model.

We use Envisat InSAR time series gathered between 2002 and 2010. We combine velocities from a wide range of GNSS stations, which we assume to be ground truth, to calibrate the time series data and remove linear trends from the individual data tracks. We represent the fault as a series of continuous, vertical, planar fault segments that trace the shape of NAF with reasonable resolution. The medium model is a layered viscoelastic half space, with an elastic layer on top, derived from CRUST 2.0 at the center of the NAF.

We use the overall plate motion difference of the Anatolian and the Eurasian plates to set up a back-slip finite-fault model. We do this by subtracting the theoretical plate motion, from the observed surface motion to simulate back-slip at the fault trace. We then optimize the back-slip and depth of the locked fault zone for each segment to achieve a good fit to the measured surface motion. Thereby slip deficit and locking depth is estimated. An implemented Bayesian bootstrapping is used to estimate the uncertainties of the modeled parameters.

We find shallow locking depths and small slip deficits in the eastern and westernmost regions of the NAF, while the central part shows both deeper locking depths and larger slip deficits for the observation period. Our estimates show significant uncertainties for the locking depths, but stable solutions for slip deficits. Our model can provide important information for the hazard assessment in the region by identifying regions of high stress buildup.

Postersession C

PS-C.12

A modified Coulomb failure seismicity model to forecast time-dependent earthquake rates

Dahm T.*

GFZ Deutsches Geoforschungszentrum, Potsdam, Deutschland

Our understanding of time-dependent seismicity and the Earth's response to transient stress is still incomplete. Seismicity models, i.e. probabilistic predictions of earthquake rates, play a central role in this process. Widely used approaches range from statistical (e.g ETAS) to physics-based models, with the linear Coulomb failure (LCM) and the rate-and-state model (RSM) as cornerstone examples. While both physics-based models can predict background earthquake rates and time-dependent stress effects, only the RSM with three independent parameter can additionally explain the time-dependent triggering of aftershocks as represented by the Omori-Utsu relation.

I present a time-dependent effective media probabilistic Coulomb model which accounts for the possibility of earthquake nucleation and the delayed triggering of earthquake sources. The recursive model builds on concepts by Scholz (1968) and Ohnaka (1983) and assumes a distribution of sources under different stress states and with a decoupled, stress-dependent mean fracture time. Each source can be triggered only once and is then removed from the distribution.

Seismicity in the new model depends a rock susceptibility to trigger earthquakes for a given stress change, and two parameters to define the stress and time dependency of an exponential function of the mean trigger time for earthquakes.

Although the extended model is conceptually very simple, it surprisingly explains all statistical features of seismicity equally well as the RSM. However, contrary to RSM, the model domain is not limited to non-zero earthquake background rates or stress loadings; it can also simulate seismicity under zero stressing assumptions. The Omori-Utsu aftershock decay is predicted with an exponent of $p=1$. The lag-time c of the Omori Utsu relation depends on the applied stress step at time zero, the background stress rate and the parameter of the model. The productivity term is time dependent and ensures that the total number of earthquakes stays finite even if $p=1$.

Applications and comparisons to RMS and LCM are presented for acoustic emissions in a salt mine in Germany and injection-induced seismicity at the KTB. The model will be published as an open source tool in python, TDSM, that allows for direct comparisons to time dependent LCM and RSM simulations.

Postersession C

PS-C.13

Erdbebenquellanalyse im Tibet mittels InSAR-Messungen von Oberflächenverschiebungen

Diefenbacher L. *, Seidel A., Sudhaus H.

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

Mit satellitengestützten InSAR Daten (Interferometric Synthetic Aperature Radar) lassen sich von oberflächennahen Erdbebenquellen sowohl Ort, Größe und Stärke, als auch deren Mechanismus gut analysieren. Besonders in schwer zugänglichen Gebirgsregionen mit wenig instrumenteller Infrastruktur stellen InSAR Daten aus dem All oft die einzigen Nahfeldbeobachtungen.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, mit den durch InSAR-Messungen aufgenommenen Oberflächenverschiebungen im Hochgebirge von Tibet ein Modell der Bruchfläche eines Erdbebens zu erstellen. Das Erdbeben fand im Westen der Region Xizang am 22. Juli 2020 mit einer Magnitude von 6,4 statt. Bei der Optimierung sollen mithilfe einer Rechteckquelle die erstellten synthetischen Daten die beobachteten Daten bestmöglich erklären.

SAR-Satelliten nehmen über zurückgestreute Mikrowellen Bilder vom gleichen Gebiet zu verschiedenen Zeiten auf, sodass die in diesem Zeitraum stattgefundenene Bodenverschiebung durch Distanzunterschiede zum Satelliten gemessen werden kann. Die Messung erfolgt mit Interferogrammen, die mittels Phasendifferenz die Oberflächenverschiebung zwischen den Aufnahmezeiten zeigen.

Für die Modellierung werden Parameterbereiche wie beispielsweise Strike, Slip, Dip, Tiefe der Störung u.a. angegeben. Es werden aus den angegebenen möglichen Parameterwerten bei einer festgelegten Anzahl von Iterationen gut passende Kombinationen ermittelt, die einen möglichst kleinen Misfit zu den Satellitendaten erreichen. Das Erdbebenquellmodell, welches die beobachteten Daten bestmöglich erklärt, wird als Rechteckquelle mit konstantem Slip dargestellt.

Wir zeigen, dass es sich bei der Störung, die das Erdbeben und somit die gemessenen Oberflächenverschiebungen verursacht hat, um eine Abschiebung in einer Tiefe von ca. 5 km handelt. Die Optimierung wird im weiteren um teleseismische Daten ergänzt, um eine robustere Abschätzung des Bruchvorgangs zu erreichen.

Postersession C

PS-C.14

Development of the earthquake activity at Laacher See Volcano since 2019

Hensch M.*¹, Schmidt B.², Brüstle A.¹, Stange S.¹

¹Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Landeserdbebendienst Baden-Württemberg, Freiburg, Deutschland, ²Landesamt für Geologie und Bergbau, Landeserdbebendienst Rheinland-Pfalz, Mainz, Deutschland

The recurrent observation of Deep Low-Frequency (DLF) earthquakes in four distinct clusters beneath Laacher See Volcano (LSV) in the East Eifel Volcanic Field (EEVF) since 2013 has attracted broad interest of the scientific community beyond seismology. The discovery led to further improvements of the permanent seismic monitoring network and additional temporary deployments of seismometers as well as other interdisciplinary research efforts.

This presentation gives an overview on the development of seismic activity around LSV and in the EEVF since the first publication on DLF earthquakes in the Eifel beginning of 2019. Three major developments have been observed since:

- DLF activity presently concentrates on the mantle, especially the cluster directly beneath the MOHO at 30 – 35 km depth. While activity was comparably low in 2019 and 2020, this cluster has been lively active in 2021. More than 50 % of the total seismic moment release since 2013 was observed in 2021, about 25 % during an intense swarm in November 2021. At the same time, the crustal DLF clusters remain almost inactive since 2018.
- Highfrequency earthquake swarm activity in the two shallow clusters at Glees (NW of LSV) gradually faded out in 2018/2019, these clusters have rarely been active since. A third comparable cluster was sporadically active at Galenberg (further NW) in 2019 in early 2020.
- Activity along the Ochtendung Fault Zone (OFZ) is persistent, but lower compared to previous years. The most recent felt $M_L > 2$ earthquakes occurred in January and October 2021.

Summarising, following the two years 2017 and 2018 of high activity in the DLF clusters, the Glees clusters and on the OFZ, the shallow seismicity around LSV and in the EEVF shows slight signs of decrease, including the crustal DLF earthquake clusters. In contrast, a significant increase of DLF activity is observed in the upper mantle beneath the MOHO.

Although the overall monitoring time so far is too short to determine clear trends, we hypothesise that the strong DLF activity beneath the MOHO reflects the accumulation of magmatic fluids at the crust-mantle-boundary, currently being stuck due to the density contrast. This assumption is supported by the presence of a low-velocity layer with possibly up to 10 % partial melts at the same depth (30 – 35 km). Further ascent and a subsequent reactivation of crustal DLF clusters might be expected as soon as volume and/or pressure of the fluids are sufficient to pass the MOHO boundary.

Postersession C

PS-C.15

The European Arctic Seismic Bulletin for the years 1990 – 2013

Schweitzer J.*¹, Paulsen B.¹, Antonovskaya G. N.², Fedorov A. V.³, Konechnaya Y. V.², Asming V. E.³, Pirli M.⁴

¹NORSAR, Kjeller, Norwegen, ²N. Laverov Federal Institute for Integrated Arctic Research, UB RAS, Arkhangelsk, Russische Föderation, ³Kola Branch GS RAS, Apatity, Russische Föderation, ⁴Independent Researcher, Skjetten, Norwegen

Recent years have shown an increased interest in Polar research and in particular in understanding tectonics and seismic hazard in the Arctic. To understand the seismic activity in the European Arctic, the seismic bulletins should be as complete as possible. We present a new seismic event bulletin for the European Arctic (70° – 90° N, -15° – 75° E), for the 24-year long period 1990 – 2013. The poster will show in detail the merging of the different sources taken in account for the compilation, the homogenization of the data and the relocation of the seismic events. With respect to the ISC bulletin for this region, the new bulletin contains 5,932 new seismic events and 54,630 new seismic onset readings from stations mostly located at regional distances. The gains are distributed over the entire study region, with the most significant contributions across the Svalbard Archipelago, along the Knipovich and northern Mohns Ridges, as well as northern Fennoscandia.

A detailed description of the process to compile the bulletin and to relocate the seismic events has been recently published in *Seismological Research Letters* (DOI: 10.1785/0220210018) and the entire data set can be downloaded freely from the International Seismological Centre (DOI: 10.31905/TYLLQY8T).

Postersession C

PS-C.16

Induced microseismicity due to mine flooding - Observation, characterisation and relation to mine water rise in the eastern Ruhr area

Rische M.*, Fischer K. D., Friederich W.

Ruhr Universität Bochum, GMG - Geophysik - Seismologie, Bochum, Deutschland

The Floodrisk project takes a multi- and interdisciplinary look on the effects of the rise in mine water level in abandoned coal mine regions in Germany. Such effects are heterogeneous ground uplift, stress changes due to the pore pressure changes and the reactivation potential of faults. One of the most directly measurable effects is the induced seismicity. It is known from previous studies that the flooding of old mines can lead to a renewed increase in induced microseismicity in these regions.

We focused on the observation of the eastern Ruhr area and investigate in detail the relationship between mine water rise and induced seismicity in the Haus Aden dewatering area.

For this purpose, we operate a network of up to 30 short period seismic stations in the region of the former "Bergwerk Ost" colliery, which had the highest seismicity rate in the Ruhr area during active mining. Continuous monitoring of seismicity and mine water levels is available for this region from the active mining phase, through the post-mining phase to flooding.

Since the beginning of the flooding, more than 20000 onsets were picked and over 1700 induced events were localised in a magnitude range from -0.7 up to 2.6 M_{LV} . For some larger events, focal mechanisms could be determined.

The spatial distribution of hypocentres is divided into two areas, with few events in the central study area and over 95% of earthquakes in its eastern part. Many of these events are spatially clustered and some show quite high waveform similarity. This allows relative localisation to increase the accuracy of the location. Comparing the old galleries, which today serve as the main underground waterways, with the localisations from the relative localisation, strong correlations can be seen.

The measured temporal trend of the mine water level, after pumps were shut down in mid-2019, shows a strong correlation with the temporal evolution of the observed micro seismicity. In the first months after the pumps are switched off, the water levels at the observation points rise only slowly and isolated microseismic events occur again. In November 2019, the rise in water levels doubled and at the same time, the strongest induced event in the measurement period was recorded with a magnitude of 2.6 M_{LV} . In the years 2020, 2021 66 and 58 events $\geq M_{LV} 1$ were observed, respectively. In contrast to this number only 2- 9 events $\geq M_{LV} 1$ per year were observed in the post-mining phase before flooding.

Postersession C

PS-C.17

Abschätzung des Spannungszustandes von Störungssystemen in der Niederrheinischen Bucht mittels der Untersuchung von remote dynamic triggering

Dietl M.*¹, Harrington R. M.¹, Finger C.², Roth M. P.¹, Knapmeyer-Endrun B.³

¹Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland, ²Fraunhofer IEG, Fraunhofer Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie, Bochum, Deutschland, ³Universität zu Köln, Köln, Deutschland

Die Erdkruste ist durchzogen von Störungen bzw. Schwächezonen. Schon kleine, temporäre Spannungsänderungen, unter anderem durch die Erschütterungen weit entfernter, teleseismischer Erdbeben, können manche dieser Störungen (re)aktivieren und auch an diesen Störungen Erdbeben auslösen. Dies wird gemeinhin als remote dynamic triggering bezeichnet und unterscheidet sich vom static triggering, welches durch lokale, permanente Spannungsänderungen Nachbeben nur im Umfeld des Erdbebens auslöst. Um herauszufinden, wann und wo dynamische (Re)aktivierungen auch in der Niederrheinischen Bucht auftreten, untersuchen wir dortige remote dynamic triggering Vorgänge.

Wir nutzen den Erdbebenkatalog des International Seismological Center, um teleseismische Events zu identifizieren, die in der Niederrheinischen Bucht eine maximale peak ground velocity (maximale Boden-Schwinggeschwindigkeit) von mindestens 0.01 cm/s erzeugt haben. Auf Basis dieser möglichen trigger-Beben untersuchen wir dann mittels beta-, P- und Z-Statistik den Katalog der Erdbebenstation Bensberg (Universität zu Köln) auf signifikante Anstiege der Seismizität im Untersuchungsgebiet nach dem Vorbeiziehen der seismischen Wellen dieser Beben. Eine solche Anomalie in der natürlichen Seismizität der Region ist ein Indiz für remote dynamic triggering.

Die so identifizierten möglichen Triggervorgänge überprüfen wir mit einer Suche nach verborgenen Lokalbeben in den seismischen Aufzeichnungen. In Datensätzen der Erdbebenstation Bensberg sowie temporärer Netzwerke der Ruhr-Universität Bochum und der Fraunhofer IEG suchen wir für jeden möglichen Triggervorgang nach lokalen, kleinen Beben, die vor allem von den Oberflächenwellen des teleseismischen Bebens überlagert wurden. Ist auch hierbei ein Anstieg der lokalen Seismizität nach dem Beben zu verzeichnen, ist dies ein weiteres Indiz, dass das teleseismische Erdbeben in der Niederrheinischen Bucht Erdbeben ausgelöst hat.

Die Ergebnisse dieser Auswertungen zeigen Regionen, die auf teleseismische Erdbeben reagieren und somit einen instabilen Spannungszustand aufweisen. Ebenfalls ist eine ungefähre Abschätzung der dort zum Versagen der Störungen führenden Spannungsänderungen möglich. Vorläufige Ergebnisse zeigen unter anderem eine Störung oder Schwächezone nördlich der Stadt Eschweiler, für die wir sowohl nach dem Mw 5,4 Roermond-Beben 1992 als auch nach einem Mw 8,2 Erdbeben in Alaska am 29.07.2021 einen signifikanten Anstieg der Seismizität messen konnten.

Postersession C

PS-C.18

Deployment of a Distributed Fiber Optic Sensing monitoring station in Munich within the INSIDE project

Azzola J.*¹, Baasch R.², Schulz I.³, Gaucher E.¹, Bögelspacher F.¹

¹Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Geosciences (AGW) - Geothermal Energy and Reservoir Technology, Karlsruhe, Deutschland, ²Innovative Energie für Pullach GmbH (IEP GmbH), Pullach im Isartal, Deutschland, ³Stadtwerke München Services GmbH (SWM), München, Deutschland

Distributed Fiber Optic Sensing (DFOS) is an innovative sensing technique, which has recently gained interest in various fields of geophysics, in particular for near-surface measurements. With the purpose of passive seismic monitoring (in the framework of the INSIDE project, supported by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, BMWi) a DFOS measurement station has been installed in Buchenhain (Gemeinde Baierbrunn, Landkreis München). Next to the DFOS system, a Trillium Compact 120 s seismometer has also been deployed to allow further processing of the data as well as the comparison of the measurements produced by the different acquisitions technologies.

DFOS involves the use of optoelectronic devices, referred to as the interrogators, which send laser pulses in an optical fiber acting as the sensor. The technique aims to observe the deformation of the fiber in time and space, thanks to the light backscattered along the fiber. Therefore, the sensing technique allows interrogating long profiles with a dense spatial sampling, which is uneasy to obtain from classic geophysical techniques. Depending on the application and using the appropriate interrogator, DFOS can lead to distributed acoustic sensing (DAS), temperature sensing (DTS) or strain sensing (DSS) with various spatial and temporal resolutions. For instance, DAS proved its relevance for seismic applications, but also for infrastructure monitoring, among others.

The DFOS station at Buchenhain allows the combined measurement of DAS, DTS and DSS data. Two fiber optic cable with different characteristics are deployed both on the surface (along a 90-m long loop) and in a dedicated well (over 250 m), which allows recording seismic signals with different directivities at the same station.

After describing the measuring station and the setup, we present the results of the first months of acquisitions, including the recording of various seismic signals with among others teleseismic and regional earthquakes, as well as a nearby Vertical Seismic Profiling campaign. The joint deployment of different measurement methods on the same site gives the opportunity to evaluate the advantages of innovative seismic monitoring methods compared to more conventional ones. It also allows to consider advanced processing approaches thanks to the joint use of different types of measurements.

Postersession C

PS-C.19

Local noise sources retrieved from a combined cross-correlation and polarization analysis of seismic array data: A feasibility study in the region of Landwüst (Germany)

Rein N.^{*1,2}, Hannemann K.^{2,3}, Ohrnberger M.¹, Krüger F.¹, Vollmer D.¹, Korn M.², Dahm T.^{1,4}

¹Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Potsdam, Deutschland, ²Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, Leipzig, Deutschland, ³Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland,

⁴Deutsches GeoForschungsZentrum, Erdbeben- und Vulkanphysik, 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 (now changed to 10) 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 study 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. We therefore develop an approach to locate these seismic noise sources. It is based on a combination of cross-correlating seismic waveforms and polarization analysis and has been primarily used to identify the spatiotemporal distribution of geyser sources within a dense array. We calculated synthetic waveforms in homogeneous and simplified 1D stratified media for different source positions and analyzed them with the location approach in order to test the location accuracy.

First results show a successful location of the synthetic seismic sources within the array with a difference between the synthetic source position and the estimated source position smaller than 10 m down to a depth of 400 m. The location of more distant synthetic sources is successful for the azimuthal direction with an azimuthal error smaller than 1°. The depth determination shows a deviation caused by uncertainties of the velocity model and of the incidence angle determination.

Postersession C

PS-C.20

Modeling seismic signals from wind turbines

Limberger F.*^{1,2}, Lindenfeld M.¹, Deckert H.², Rümpker G.¹

¹*Goethe-University Frankfurt, Institute of Geosciences, Frankfurt am Main, Deutschland,* ²*Institute for Geothermal Resource Management (igem), Bingen, Deutschland*

The number of wind turbines for power generation has risen in recent years and the trend continues. Wind turbines also generate seismic signals which can have adverse effects on the capability of seismic observatories to detect and analyze earthquakes. Measurements show that wind turbines emit seismic signals between 1 Hz and 10 Hz and that the signals decay characteristically with distance. However, the distance range at which the signals may have a “significant” effect on seismic recordings is disputed between operators of windfarms and seismological observatories. We show how numerical modeling can account for the seismic radiation pattern of wind farms as well as for complex effects of surface topography. We demonstrate the importance of calculating a representative radiation pattern considering possible wave field interferences from multiple wind turbines. Furthermore, we find that the local topography scatters seismic waves but also encourages the propagation of low-frequency waves, which in turn result in a local amplification of signals. The presented modeling can be used to better quantify the influence of wind turbines on ground-motion recordings and, thus, provide necessary information for stakeholders on both sides, even in advance of wind farm installations.

Postersession C

PS-C.21

Ground motions emitted from wind turbines: Simulations for two wind farms on the Swabian Alb, SW Germany

Gärtner M.*, Gaßner L., Ritter J.

Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut, Karlsruhe, Deutschland

The emissions of wind turbines (WT), caused by the eigenmodes of the tower and blades, and the blade rotation, have an impact on the acceptance by the local residents and on sensitive measurement instruments. The frequencies of the emissions range mainly between 1 Hz and 10 Hz, and therefore influence, e.g., the detection of local tectonic events or induced seismicity as far as several kilometers.

Within the project Inter-Wind, we measured the emissions of the WTs at two different wind farms on the Swabian Alb, one with three and the other with sixteen WTs. In addition to these field measurements, we use 3D finite difference (FD) simulations to study the influence of the subsurface properties, P- and S-wave velocities, density, and attenuation of P- and S-waves. We created two 3D models, including topography and geology, to simulate the emissions of the two wind farms. With the FD simulation, it is possible to study the highly complex wave pattern radiated by multiple WTs. Thus, we predict the amplitude decay over distance using a numerically estimated amplitude power-law relationship $A \approx r^{-b}$ and compare it to the measured factor b to study the influence of scattering, anelastic attenuation, and topography.

With the combination of measurements and FD simulation, we improve the prediction of ground motion emissions from wind farms for regions with strong topography, as at the Alb Cuesta.

This study is supported by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy based on a resolution of the German Bundestag (03EE2023D).

Postersession C

PS-C.22

Characterization of the emitted seismic wave field in the vicinity of a wind farm

Lindenfeld M.*¹, Limberger F.^{1,2}, Rümpker G.¹, Deckert H.²

¹Goethe-Universität, Institut für Geowissenschaften / Geophysik, 60438 Frankfurt am Main, Deutschland, ²Institut für geothermisches Ressourcenmanagement (igem), 55411 Bingen, Deutschland

In the framework of the KWISS project we analyze the seismic signals of a small wind farm consisting of three linearly arranged wind turbines. The wave propagation is recorded along two profiles, oriented parallel and perpendicular to the wind farm axis up to 4 km distance.

On the basis of average power spectral densities (PSDs) we derive the amplitude decay at several frequencies between 1 Hz and 10 Hz. Along both profiles the signal attenuation can be described by a power law with frequency-dependent exponent b . However, in direction of the wind farm axis we measure systematically lower b -values compared to the perpendicular oriented profile. With analytical considerations we demonstrate, that these observations can be explained by the specific geometry of the wind farm.

Furthermore, cross-correlation methods are applied to determine the propagation speed of the signals along the two seismic profiles. At distances larger than 1.5 km from the wind farm we derive stable results with average phase velocities of about 1.4 km/s along both profiles. In the vicinity of the wind turbines, there are larger deviations of the measured velocities, however, they show a characteristic and reproducible spatial pattern. The application of these correlation methods to numerically modelled synthetic wave field data reveals a remarkably similar pattern and suggests that the measured values in the near field of the wind turbines are apparent velocities rather than true phase velocities, resulting from the superposition of the individual wind turbine signals.

In summary, these studies increase our knowledge of the WT wave field properties and can be used to derive methods to reduce their impact on recordings of seismological stations. However, it also shows that the wave field in the immediate vicinity of wind farms can become quite complex due to the superposition of the individual wind turbines.

The project KWISS is funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy and by ESWE Innovations- und Klimaschutzfonds.

Postersession C

PS-C.23

Ground motion emissions from two wind farms on the Swabian Alb, SW Germany: Observations related to resident annoyance and acoustic signals

Gaßner L. *, Ritter J.

Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut, Karlsruhe, Deutschland

Within the project Inter-Wind we study ground motion signals in the vicinity of the two wind farms Tegelberg and Lauterstein on the Swabian Alb in Southern Germany. Our studies are accompanied by acoustic and meteorological measurements, as well as psychological surveys. The aim of the project is to understand reasons for residents suffering from wind turbine (WT) immissions. The wind farms under investigation consist of three and sixteen WTs, respectively, which are of the same turbine type (GE 2.75-120). They are located on the Alb peneplain at 700-800 m height, approximately 300 m higher than the municipalities. Measurements are conducted in municipalities near the respective wind farms where residents report annoyance and in the direct vicinity of the WTs. Additional ground motion measurements are conducted in the forests surrounding the WTs, and inside WT towers.

WTs are often perceived negatively due to continuous low frequency (<200 Hz) acoustic emissions during operation, and affected residents also claim to perceive WT vibrations. While the eigen modes of the tower and blades cause ground motion signals at constant frequencies below 12 Hz, frequencies proportional to the blade passing frequency can be observed in ground motion data also above 12 Hz, which are closely linked to the infrasonic acoustic emissions of the WTs. We observe signals related to the WT generator and possibly the gearing box with our seismic sensors. Therefore, similarities in ground motion and acoustic data provide additional information on which signals are generated by the WTs and give indications to other noise and vibration sources present close to the disturbed residents. Such knowledge is crucial to design possible counter-measures with the aim of reducing emissions to support the public acceptance of WTs.

This study is supported by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy based on a resolution of the German Bundestag (03EE2023D).

Postersession C

PS-C.24

Acoustic signals of a meteoroid recorded on a large-N seismic network and fibre optic cables

Dahm T.*¹, Rodriguez I.², Isken M.¹, Kraft T.³, Wu S.-M.³, Lamb O.⁴, Heimann S.⁵, Wollin C.¹, Baird A.², Wüstenfeld A.², Sanchez-Pastor P.³, Clinton J.³, Kristjansdottir S.⁶, Jonsdottir K.⁶, Eibl E.⁵, Goertz-Allmann B.³, Jousset P.¹, Oye V.², Obermann A.³

¹*GFZ Deutsches Geoforschungszentrum, Potsdam, Deutschland*, ²*Norsar, Kjeller, Norwegen*, ³*Eth, Zürich, Schweiz*, ⁴*Imo, Reykjavik, Island*, ⁵*Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland*, ⁶*Isor, Reykjavik, Island*

We present an outstanding record of local, dense Large-N seismic and distributed acoustic sensor observations of a meteoroid from July 2, 2021 in Iceland. Our dataset includes high-quality observations from six arrays of few hundred meters aperture and infrasound stations, all located within the distance range of 300 km to the meteoroids trajectory.

The high-frequency data show a variety of different phases associated with the source process along the atmospheric trajectory, including impulsive negative first ground motions, a complex coda wave train about 2.5 s long thereafter, and an azimuth-dependent last arrival with reversed polarity between 1-25 s after the first arrival, which is resolved over only a few kilometers of the network. The ground motion amplitude between the first and last arrivals is generally enhanced.

We test different approaches to locate the meteoroid trajectory, including point source models and Mach cone arrival time inversion. We develop a finite-length kinematic line-source pulse model that can consistently explain the first and last arrivals inside and outside the Mach cone segment. It qualitatively reproduces the wave amplitude variations and predicts a polarity change between the first phase and the terminating phase. The previously undiscovered rich directivity effects can also explain seemingly contradictory, time-dependent wave energy beam-directions at the various small aperture arrays and along the DAS cable. A combination of conventional locations and a Bayesian inversion of first and stopping phase arrivals led to a precise localization of the meteoroid trajectory.

Postersession C

PS-C.25

Array-induced bias in seismic noise beamforming: implications for fracture characterisation in geothermal fields

Löer K.*, Kennedy H.

University of Aberdeen, Department of Geology and Geophysics, Aberdeen, Vereinigtes Königreich

Beamforming methods have become a popular tool to analyse the ambient seismic noise wavefield. They have been used to characterise both sources of noise as well as earth structures, with applications for building shear-velocity profiles or assessing the presence and orientation of faults and fractures in the subsurface. The latter requires estimating anisotropic behaviour of surface waves, that is, their velocities as a function of propagation azimuth. However, the geometry of a seismic array affects estimates of velocity and propagation direction of seismic noise wavefields measured with beamforming techniques, which results in apparent anisotropy estimates.

We demonstrate this effect and its implications using seismic noise data from a geothermal field in Los Humeros, Mexico, where beamforming was applied to deduce fracture orientation at depth from surface wave anisotropy. The presence of fractures and their orientation play a crucial role in geothermal exploitation as they provide secondary permeability and thus fluid circulation and heat flow throughout a geothermal field. Although having been exploited for over three decades, the geology of the Los Humeros volcanic complex at depths below 3 km, and hence the full capacity of the geothermal field, is still largely unknown.

To assess the influence of the array geometry, we compute synthetic wavefields with isotropic velocities for the stations of the Los Humeros array and analyse them with beamforming: any anisotropy observed in the synthetics must be an artefact introduced by the array design. This apparent anisotropy can then be used to correct anisotropy estimates from real data and helps to provide a more reliable picture of potential fractures at depth. The corrected anisotropy values for Los Humeros suggest that fractures continue down to 6 km depths and that their orientations align with major faults in the region, predominantly those that coincide with a high productivity of the geothermal field.

Postersession C

PS-C.26

Microseism generation in the North and Baltic Sea

Sell M.*, Weidle C., Meier T.

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

Microseism generated in the North and Baltic Sea have been studied much less compared to microseism generated in larger oceans for example the Northern Atlantic. Seismological records of 32 Stations around the Baltic Sea and 7 stations around the North Sea from 2019-01-01 to 2020-12-31 were analysed. Spectrograms were calculated to quantify the variability of the microseism and to obtain time series of microseism amplitudes in multiple frequency bands. Mean amplitudes of microseism on the vertical and horizontal components show high H/V ratios considerably larger than 2 for stations in northern Germany and the Baltic states in the frequency range between 0.1 and 0.35 Hz. These rather high values are likely pointing to Love wave microseism but may also be partly influenced by sedimentary layers of the North German Basin. The H/V ratios are in general below 1.2 for stations in Scandinavia. To identify potential source regions of Rayleigh and Love microseism, microseism time series were correlated with models of significant wave height in the Baltic Sea, the North Sea and parts of the North Atlantic. For stations in South Scandinavia and northern Germany, the resulting maps show in particular during summer a strong correlation between the microseism amplitudes and the wave height in the North Sea in frequency bands lower than 0.3 Hz and locally strong correlations with wave heights in the Baltic Sea in the frequency band between 0.3 and 0.7 Hz with minor influences of the North Sea and the North Atlantic in most cases.

Postersession C

PS-C.27

Neufassung des Erdbebenkataloges des Landes Hessen

Homuth B.*

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Hessischer Erdbebendienst, Wiesbaden, Deutschland

Der Hessische Erdbebenkatalog ist eine Zusammenstellung historischer und aktueller Informationen zu Erdbeben in Hessen und direkter Umgebung von Hessen. Er wird vom Hessischen Erdbebendienst geführt und regelmäßig aktualisiert. Eine 50 km-Umhüllende wurde um Hessen herum gelegt, um auch Erdbeben und die dazugehörigen Bereiche zu betrachten, die Auswirkungen auf Hessen haben können. Eine Vollständigkeit wird jedoch nur für das Gebiet des Landes Hessen angestrebt.

Für den seismischen Katalog Hessen (SKHe2022) wurden verschiedene, verfügbare Erdbebenkataloge und Ausarbeitungen zu Grunde gelegt. Des Weiteren beinhaltet der Katalog Ereignisse aus mehreren wissenschaftlichen Publikationen. Das Stichdatum für den Katalog ist der 31.12.2021. Der Erdbebenkatalog Hessen wird auch in Zukunft fortgeschrieben und ist damit als Zwischenstand zu sehen. In Zukunft wird er halbjährig aktualisiert und der Öffentlichkeit über den Geologie-Viewer des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie unter geologie.hessen.de zur Verfügung gestellt.

Im seismischen Katalog Hessen werden fünf Zeiträume beschrieben. Dabei handelt es sich für den Zeitraum 800 bis 1700 um Daten, die aus Chroniken ermittelt wurden. Für den Zeitraum 1701 bis 1950 beruhen viele der älteren Ereignisse auf makroseismischen Daten. Durch den aufkommenden Zeitungsdruck wurden wesentlich mehr Daten erhoben als in dem Zeitraum davor. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts wurden dann auch Erdbeben instrumentell aufgezeichnet. Das analog-instrumentelle Zeitalter wird für den Zeitraum 1951 bis 1975 angegeben. Das digital-instrumentelle Zeitalter gilt ab 1976.

Es wurde eine Priorisierung der einzelnen Erdbebenereignisse, wenn mehrere Ereignisse von unterschiedlichen Quellen aufgezeichnet wurden, durchgeführt. In der aktuellen Version sind sämtliche bekannte induzierte Ereignisse identifiziert worden. In der veröffentlichten Version sind diese induzierten Ereignisse nicht mehr enthalten, so dass der Erdbebenkatalog des Landes Hessen als rein tektonischer, auf natürlichen Erdbeben basierender, Erdbebenkatalog angesehen werden kann.

Die stärksten historischen Erdbeben traten in den Jahren 858, 1733 und 1858 in Mainz, 1619 im südlichen Taunus, 1767 in Rothenburg/Fulda, sowie als Erdbebenschwarm in Groß-Gerau (1869-1871), 1871 in Lorsch und im Odenwald auf. Das stärkste Erdbeben in den letzten Jahren fand im Jahr 2014 bei Ober-Ramstadt im Odenwald mit einer Magnitude von 4,2 statt.

Postersession C

PS-C.28

New 1-D Seismic Velocity Models and Hypocentres in the East Eifel Volcanic Field

Föst J.-P.^{*1}, Bühler J.¹, Koushesh M.¹, Mader S.¹, Ritter J.¹, Hensch M.², Schmidt B.³

¹Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut, Karlsruhe, Deutschland, ²Landeserdbebendienst Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, Freiburg, Deutschland, ³Landeserdbebendienst, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz, Deutschland

The observation of deep low-frequency microearthquakes in the upper mantle and lower crust of the East Eifel Volcanic Field (EEVF) has motivated the Deep Eifel Earthquake Project – Tiefe Eifel Erdbeben (DEEP-TEE). As a part of DEEP-TEE we densified the seismic network in the area since 2014. This dataset should improve the understanding of the magmatic processes beneath the EEVF. Basic requirements are precise regional P and S wave velocity models for the EEVF to enhance the quality of the hypocentre locations. For this purpose, we compile a new dataset based on local earthquake waveforms of the state earthquake services of Rhineland- Palatinate, Hesse and Nord Rhine-Westphalia as well as the BGR. We analysed 1675 events between 2010 and 2021 using the permanent recording stations and the 26 mobile stations from KIT KABBA (2014-2021) and GFZ GIPP (2014-2016). The outputs are new minimum 1-D seismic v_p and v_s velocity models and corresponding station delay times for earthquake relocation based on VELEST. Compared to previous studies, the extended dataset allows to sort out phase picks with low quality to minimize location errors. To sample the model space, we use different velocity starting models for the inversion process, also to investigate the uncertainty ranges.

The final minimum 1-D models are chosen from the simplest layering with minimized RMS-values and a priori information from active seismics. These v_p and v_s models, called KIT5, are used to relocate the seismic events between 2010 and 2021. The hypocentre distribution reveals two main features: 1) there is a steep translithospheric magmatic channel outlined by deep low-frequency events just south of the Laacher See Volcano, 2) the position of the active part of the Ochtendung Fault Zone is well located between Kobern-Gondorf at 5-15 km depth.

Postersession C

PS-C.29

Automated P-wave First Motion Polarity Detection using Deep Learning

Chakraborty M.^{*1,2}, Cartaya C.¹, Li W.¹, Köhler J.¹, Faber J.^{1,3}, Rumpker G.^{1,2}, Stöcker H.^{1,3,4,5}, Srivastava N.¹

¹Frankfurt Institute for Advanced Studies, Frankfurt, Deutschland, ²Goethe University, Geosciences, Frankfurt, Deutschland, ³Goethe University, Theoretical Physics, Frankfurt, Deutschland, ⁴Giersch Science Center, Xidian-FIAS international Joint Research Center, Frankfurt, Deutschland, ⁵GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt, Deutschland

The first motion polarity of P-wave arrivals plays a significant role in the effective determination of focal mechanism of an earthquake. Manual picking of polarities is not only labor intensive and time-consuming but often prone to human errors. This warrants a need for an automated approach for first motion polarity determination. In this study, we propose a deep learning architecture based on autoencoder to identify polarities — ‘positive’ or ‘negative’ — in a supervised fashion. We used more than 130,000 labelled traces from the Italian seismic dataset for machine learning (INSTANCE) for training the architecture and cross-validated on nearly 22000 traces to select the most optimal set of hyperparameters. The model obtains an accuracy of 98.2% on a completely unseen test dataset comprising more than 65,500 traces.

Postersession C

PS-C.30

Analyse und Bewertung von seismischen, hydroakustischen und Infraschall-Quellsignalen für die Vor-Ort-Kalibrierung

Schwardt M.*, Gaebler P., Hupe P., Pilger C.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland

Für Seismometer, Hydrophone und Mikrobarometer fehlen derzeit im tieffrequenten Bereich hinunter bis zu 0,01 Hz geeignete und zuverlässige Kalibrierungsverfahren, die eine Rückführbarkeit des gemessenen Signals auf die jeweiligen SI-Einheiten (z.B. *m/s* bzw. *Pa*) erlauben. Laborkalibrierungen von Sensoren und die Verwendung eingebauter Kalibrierspulen führen zu einer Unterbrechung und Störung der Messungen. Dies widerspricht dem Ziel des internationalen Messnetzes zur Überwachung der Einhaltung des Kernwaffenteststoppabkommens, wonach die Stationen zu nahezu 100 % der Zeit betriebsbereit sein müssen. Daher ist die Vor-Ort-Kalibrierung während des Betriebs mit einem zuvor im Labor kalibrierten Referenzsensor von besonderem Interesse, wobei die Frequenzantwort der Sensoren mit spektralen Methoden und Korrelationsanalysen bestimmt werden kann. Im Rahmen des gemeinsamen Forschungsprojekts "*Metrology for low-frequency sound and vibration - 19ENV03 Infra-AUV*" haben wir eine Vielzahl natürlicher und anthropogener Quellen seismischer, hydroakustischer und Infraschall-Wellen hinsichtlich ihrer individuellen Signaleigenschaften untersucht und bezüglich ihrer potenziellen Nutzung als Anregungssignale für die Vor-Ort-Kalibrierung bewertet. Aspekte wie Frequenzgehalt und spektrale Eigenschaften, Kenntnis der Quellencharakteristik, Reproduzierbarkeit und Stabilität der Signale sowie Anwendbarkeit und Kosten-Nutzen-Gesichtspunkte wurden bei der Bewertung berücksichtigt. Mit Hilfe ausgewählter Quellen sollen Verfahren etabliert werden, die eine permanente Vor-Ort-Kalibrierung im tieffrequenten Bereich ohne Unterbrechung der Aufzeichnungen ermöglichen. Basierend auf den Untersuchungen bezüglich ihrer Signal- und Spektraleigenschaften wird eine Verwendung insbesondere von kontrollierten Quellen wie Hammerschlag und Fallgewichten, Luftpulsern oder Lautsprechern sowie natürlichen Quellen wie Erdbeben als Anregungssignal für die Vor-Ort-Kalibrierung von Seismometern, Hydrophonen und Mikrobarometern vorgeschlagen. Darüber hinaus spielen auch Mikrobarome und Meeresmikroseismik eine wichtige Rolle für die Kalibrierung, da sie den untersten zu kalibrierenden Frequenzbereich abdecken.

Postersession C

PS-C.31

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

Schmidt-Aursch M.^{*1}, Almendros J.², Geissler W.¹, Wilcock W.³

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 desired source signals, but also 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 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.

In the framework of the BRAVOSEIS project, eight broadband ocean-bottom seismometers were deployed for one year in the Bransfield Strait, Antarctica. The ambient noise was helpful to correct the clock drift of the data loggers by means of noise cross-correlations. High-resolution probabilistic power spectral densities and spectrograms were calculated for all stations and channels to study the noise-generating processes. An analysis of tidal signals were performed for various time series including temperature recordings.

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 seasonal variations, others are persistent during the entire year. A few noise signatures are coherent between all OBS, this is typical for origins far away. Most noise sources occur very locally and are specific for each OBS depending on parameters like water depth or the abundance of deep water currents. Generally, the noise properties are complex and show a great variation in time and space.

Postersession C

PS-C.32

Spatio-temporal Permafrost Monitoring on Mt. Zugspitze (Germany) with Seismic Interferometry and Wavefield Gradients

Lindner F.*¹, Smolinski K.², Fichtner A.², Igel H.¹, Wassermann J.¹

¹LMU München, München, Deutschland, ²ETH Zürich, Zürich, Schweiz

As observed elsewhere at global scale, permafrost on Mt. Zugspitze (German/Austrian Alps) is warming in response to climate change. To monitor permafrost warming and thawing, which affect the rock slope stability and thus the hazard potential, borehole temperature logging and electrical resistivity tomography (ERT) have been employed at Mt. Zugspitze for more than a decade. Furthermore, a recent study shows that the ambient seismic noise recordings of a single seismometer at the same site can be utilized to track permafrost changes over the past 15 years: single-station cross-correlations reveal seasonal and long-term changes in seismic velocity, which we attribute to freeze-thaw cycles and permafrost degradation, respectively. This passive seismic approach is non-invasive, labour- and cost-effective and provides high temporal resolution. To enhance the spatial resolution and to locate the velocity changes, we extended the single-station deployment with three small seismic arrays (six stations each, aperture ~25 m) along the permafrost-affected ridge of Mt. Zugspitze in summer/fall 2021. The stations are partly installed in a tunnel beneath the surface, which intersects a permafrost body, thereby enabling in-situ observations of the frozen rock. We equipped the tunnel facilities with a fibre-optic cable for distributed acoustic sensing, allowing seismic wave propagation sensing on a metre scale along the cable. In addition to these dense strain rate measurements, the seismic arrays are designed to derive rotational ground motions, which we expect to be more sensitive to local subsurface/permafrost changes, compared to the classical translational motion measurements. With this experimental layout, we aim at detailed spatio-temporal permafrost monitoring, exploring the capabilities of passive seismology compared to more classical and established methods as ERT. This is complemented by numerical simulations of wave propagation through a high-resolution terrain model of Mt. Zugspitze to evaluate the gradient's sensitivity to local heterogeneities and the effect of steep topography on the field measurements. We present an overview on the current state of the project and show first data and simulation examples.

Postersession C

PS-C.33

Transforming Portable Seismic Data Acquisition: From Experiment Design to Publishing, an Ecosystem Approach

Easton D.¹, Michael P.¹, Pigeon S.¹, Hamilton V.¹, Uhlmann S.*²

¹*Nanometrics Inc., Kanata, Kanada*, ²*IGM GmbH, Überlingen, Deutschland*

An important consideration in selecting instrumentation to support the undertaking of portable seismic campaigns has been the costs associated with physical attributes, namely Size, Weight, and Power. A more holistic approach would be to examine the overall campaign lifecycle and the phases which have the greatest impact on science outcomes. In this regard, some of the key success factors are the decisions made during the deployment planning phase that includes network size, station geolocation, instrumentation and sensor choices. Often overlooked is the data management problem associated with ensuring that the most up-to-date information associated with the plan is communicated to everyone who needs it. Further, another often overlooked aspect is the accurate tracking and reporting of what actually is deployed in the field relative to the plan, since such deviations inevitably occur.

The Pegasus Data Acquisition System is an ecosystem of hardware and software components for portable seismic monitoring that fundamentally transforms how seismic campaigns are conducted. This integrated ecosystem-based approach to seismic data acquisition ensures that campaigns are easy to plan, execute and achieve superb outcome certainty and cost-efficiency. A range of Pegasus models have been designed specifically to support Portable, Polar and OBS campaigns. Seamlessly integrated workflows address all aspects of the campaign lifecycle from pre-planning to pre-configured deployments, harvesting ready-to-use complete data sets, configuration distribution to field technicians and automatically generated metadata.

PS-D Postersession D

PS-D.01

The role of the solid Earth in the climate system: Insights from GIA modeling and effects on relative sea-level change, bedrock topography and ice-sheet stability

Bagge M.*¹, Albrecht T.², Klemann V.¹, Steinberger B.^{1,3}

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland, ²PIK - Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Deutschland, ³Centre for Earth Evolution and Dynamics (CEED), University of Oslo, Oslo, Norwegen

The growth and decay of kilometer-thick ice sheets 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. Hence, the stability of past and present ice sheets highly depends on the solid-Earth structure, i.e., the stiffness of the lithosphere and the mantle viscosity. Glacial-isostatic adjustment (GIA) models can simulate the solid-Earth response and corresponding sea-level variations due to ice-sheet loading under consideration of the sea-level equation, mass exchange between ice and ocean, as well as rotational and self-gravitational effects. In turn, ice-sheet models can simulate the dynamics of ice sheets controlled by boundary conditions like bedrock elevation, relative sea-level, temperature and geothermal heat flux. Therein, the parameterization of the Earth structure plays an essential role. We infer constraints for the structure of the Earth's interior by investigating its influence on the viscoelastic response.

We create 3D Earth structures that are derived from seismic tomography as well as radially symmetric 1D structures. We use the Earth structures and a glaciation history of the last glacial cycle as inputs applied to the Viscoelastic Lithosphere and MANTle model VILMA. We simulate the paleo topography and relative sea-level and show how strong the viscoelastic rebound depends on the Earth structure parameterization. Furthermore, we couple VILMA to the Parallel Ice Sheet Model PISM. We investigate the effect of different Earth structures on the feedback between the solid-Earth response and (Antarctic) ice-sheet stability over the last deglaciation. The results show significant differences in vertical displacement, paleotopography, sea-level and ice-mass change, and strongly depend on the viscosity parameterization and on the grounding-line dynamics.

Postersession D

PS-D.02

From cratons to rift systems: Terracing and Cluster analysis to enhance lithospheric structures in West and Central Africa

Fosso Teguia M. E. E.*, Ebbing J., Haas P.

University of Kiel, Institute of Geosciences, Kiel, Deutschland

We present results of cluster analysis and geophysical modelling of the West and Central African rift system, where we integrate seismological and satellite data. For a description of lithospheric domains, two different methods based on seismic tomography and satellite gravity data have been used. First, the terracing method using the shape index, has been applied to the gravity field in order to enhance the signal of the large-scale tectonic units. In addition, the K-means cluster method (which is an unsupervised machine learning algorithm) has been applied to a seismic tomography model over the area.

Both models are compared and interpreted towards similarities and differences. The preliminary analysis based on K-means clustering of seismic tomography shows that the West and Central African rift system and its surroundings can be divided into at least three clearly distinct tectonic domains: The Northern part of the Congo craton, the Eastern part of the West African craton and an area in between. In addition, the preliminary analysis of the terracing of satellite gravity data, confirms the location of both the Congo and the West African craton, but also splits the area in between into two known tectonic units, the Southern part of the Saharan meta-craton and the West and Central African rift system in the center.

The cluster analysis is also pointing to differences at crustal and upper mantle level and is the first step towards the evolution of a lithospheric scale model. In the model, we integrate our tectonic domain analysis with the existing seismic Moho depths estimate and other information.

Postersession D

PS-D.03

A robust elastic thickness model for Southern Africa based on multiple equivalent gravity-inverted crustal thickness models

Menzel P.*, Sobh M., Gerhards C.

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Geomathematik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

The lithosphere's effective elastic thickness (T_e) is a proxy for mechanical strength and can help to better understand how surface deformation affects deep Earth processes.

Southern Africa is a mosaic of the best-preserved and exposed crustal blocks, assembled in the early late Archean and then modified by a series of major tectono-thermal events of Precambrian and/or Phanerozoic. Understanding the thermal and compositional structure of the Southern African lithosphere provides crucial information for the actual causes, processes of lithospheric stability, and modification.

In general, the effective elastic thickness is calculated from the joint inversion of the admittance between topography/bathymetry and gravity anomaly, by considering the subsurface load (e.g., crustal thickness and density) into account. Given that e.g. the crustal thickness is not well constrained, only one effective elastic thickness model cannot be seen as a robust result. It does not allow to statistically assess its uncertainty. Therefore, we extend this workflow by using an ensemble of different crustal thickness models instead of just one.

This set of equivalent crustal thickness models is derived by gravity-inversion together with uncertain seismic constraints. The crucial part for this workflow is how to derive the equivalent crustal thickness models. We applied and compared different scoring strategies for the gravity-inversion results. These scores are either thresholded to identify the equivalent results or evaluated in a Bayesian senses to derive equivalent models by MCMC. For each individual crustal thickness model, a spatial model for admittance and coherence and, thus, an effective elastic thickness model is created. This lead, again, to an ensemble of equivalent elastic thickness models. Such an ensemble allows to estimate e.g. the uncertainties of the resulting model by statistical evaluation.

Postersession D

PS-D.04

The relation between stabilization age and crustal thickness of cratons as imaged by global gravity gradient inversion

Haas P.*, Ebbing J., Szwillus W.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

Global analysis of seismic data suggests that the stabilization age of cratons is linked to thickness and sharpness of the crust. Two hypotheses have been postulated: 1.) the shallower the crust, the older the stabilization age, 2.) the sharper the crust, the older the stabilization age. However, in this study some cratonic units were not included due to a lack of comprehensive seismic data.

In this study, we link the stabilization age with crustal characteristics of the 12 main cratonic units of the Earth, as imaged by a global gravity gradient inversion. Satellite gravity gradient data are inverted for the Moho depth, exploiting laterally variable density contrasts based on seismic tomography. Our results are constrained by an active source seismic data base, as well as a tectonic regionalization map, derived from seismic tomography. For the global analysis, we implement a moving window approach to perform the gravity inversion, followed by interpolating the estimated density contrasts of common tectonic units with a flood-fill algorithm.

The estimated Moho depth and density contrasts are especially interesting for the cratons of the Earth, because all cratonic units are recovered with the same spatial resolution. Our results reveal a surprising variability of patterns with average Moho depth between 32-42 km. Statistical patterns of Moho depth and density contrasts are discussed for the individual cratons and linked to their stabilization age. For example, Australia shows the lowest average Moho depth (32.7 km), indicating early stabilization in the Archean and removal of a dense lower protocrust. This observation matches well with receiver function studies. Other cratonic units like the Congo Craton, which lacks a comprehensive seismic coverage, shows a deeper Moho depth (36.3 km), indicating later stabilization age. Our results suggest an individual tectonic history of each craton, where the crustal thickness can be partially altered by post-Archean tectonic activity like magmatic underplating.

Postersession D

PS-D.05

Plume-rift association: what we learned from the Afar case study

Issachar R.*¹, Augustine N.², Haas P.¹, Ebbing J.¹

¹Institute for Geosciences, Kiel University, Geophysics, Kiel, Deutschland, ²GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Dynamics of the Ocean Floor, Kiel, Deutschland

Observations around the world indicate a close occurrence in time and space between deep mantle plume source volcanism (flood basalts) and continental break-up. Nevertheless, the casual relationships between these processes is still elusive. The Afar region is a key locality to examine models for plume-rift associations as it offers a young and active case study, in which plume, regional uplift, flood basalts, rift triple junction, continental break-up and oceanic spreading co-exist and superimpose. We provide a detailed analysis and interpretation of modern geophysical datasets, including topography, bathymetry, gravity, magnetic anomalies, earthquakes and volcano distribution, to infer spatial constraints in the development of the different rift features. We construct temporal and spatial constraints in the development of the different features by a comprehensive synthesis of available geological evidence from literature. Our insights show that neither of the classical models of 'active' or 'passive' processes solely explain the results: on the one hand, uplift and flood basalt eruption preceded rifting, however on the other hand, the triple junction was the last feature to develop, and is associated with a tectonic rearrangement within the Afar region. In light of the observations, we consider a model in which mantle convections and far-field stresses are coupled and have a positive feedback. In this view, plume activity has a regional effect influencing plate motions, in addition to local effects of uplift and volcanism. This in turn, introduces new tectonic stresses, triggering rifting and motivate volcanic activity. We suggest to further examine the possible effect of the Afar plume in causing the rotation of Arabia by torque balance modelling.

Postersession D

PS-D.06

Greenland's lithospheric structure: a model based on geophysical data integration

Wansing A. *¹, Ebbing J.¹, Moorkamp M.², Heincke B.³

¹CAU Kiel, Kiel, Deutschland, ²LMU München, München, Deutschland, ³GEUS, Kopenhagen, Dänemark

Greenland's lithospheric structure is still poorly known. The up to 3 km thick ice sheet makes direct observations challenging, outcrops of bedrock geology are limited to the ice-free coasts and the seismic station coverage is sparse. Models based on different geophysical methods often even lead to contradicting results, for example Moho depth estimates based on gravity inversion versus receiver function analysis.

Our study aims to build a lithospheric model for Greenland which is compatible with multiple observables and focuses on data integration. In a self-consistent framework, we use petrological information of the mantle to model coherent seismic velocities, densities, and temperatures down to a depth of 400 km. During the modelling process, we adjust the lithospheric structure to reproduce velocities from the new regional tomography model NAT2021. The forward calculation of the corresponding densities then gives us the gravity field and isostatic elevation conforming to the seismic structure. This link allows us to estimate which sources of the observed gravity data are as well represented in the tomography model. In a second step, we jointly invert the residual gravity field from the lithospheric background model, together with airborne magnetic data, for the model's crustal density and susceptibility structure. Furthermore, we compare the modelled geoid and isostatic elevation with the observed values and the surface heat flow output of the model with the few heat flow measurement points in Greenland.

This two-step modelling process allows not only to include a wider range of datasets to constrain different parts of the model but also to model a higher resolution for the crustal part than for the lithospheric mantle, which is necessary to consider the varying data resolutions.

Postersession D

PS-D.08

The influence of rheological and fluid dynamical parameters on the stability of thermochemical piles at the CMB

Zander C.*, Stein C., Hansen U.

Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland

Seismic tomography studies confirm the presence of two large low shear velocity provinces (LLSVPs) below Africa and the Pacific. They are generally assumed to have been at or near their current positions for at least the last 200 Ma. Since lower seismic velocities correlate with a higher temperature, and therefore lower density and viscosity, their stability is difficult to explain. Therefore an additional compositional difference between the LLSVPs and the surrounding mantle material was considered to explain why they have not become entrained in the mantle during this large timespan.

We used a 2D numerical model of thermochemical convection with temperature-, pressure-, stress- and composition-dependent viscosity in a rectangular box to simulate the Earth's mantle. We observed the formation of piles at the core-mantle boundary (CMB), which could represent LLSVPs or small-scale ultra-low velocity zones (ULVZs). We investigated these piles' longevity and the strength of up- and downwellings, since the latter ultimately lead to the entrainment of the pile material.

In our simulations we analyzed spatial and temporal stability of piles. The temporal stability of piles and their behavior is influenced by variations in the Lewis number (ratio of thermal to chemical diffusivity) as well as the composition- and pressure-dependence of the viscosity. A stronger pressure dependence of the viscosity generally increased both the time required for piles to form and for them to become entrained in the surrounding mantle through convection. A higher composition-dependence of the viscosity and a higher Lewis number likewise increase the piles' longevity.

Postersession D

PS-D.09

Transition between constrained 2D and fully 3D rotating incompressible convection

Lüdemann K. *, Tilgner A.

Universität Göttingen, Institut für Astrophysik und Geophysik, Göttingen, Deutschland

A convecting system like Earth's outer core is strongly influenced by the rotation of the planet. Many experiments and simulations investigating this phenomenon have been performed for the polar regions where the axis of rotation is parallel to the direction of gravity. Equally important is the equatorial region where the direction of gravity is perpendicular to the axis of rotation. Some experiments and simulations investigating the equatorial region have found that the flow reaches a near or fully two-dimensional flow fields due to the Taylor-Proudman theorem. Specifically, an experiment in Lyon investigating additional compressible effects found a strongly constrained flow field in a rapidly rotating, gas filled rectangular container with aspect ratio of 0.5.

This work is investigating under which conditions a fully three-dimensional flow is constrained to a two-dimensional plane in the approximation for incompressible fluids for simplicity. To this end, direct numerical simulations of an incompressible fluid with a Prandtl number of 0.7 are used. The computational domain has an aspect ratio of 0.5 in the fully 3D simulations and all walls are stress-free to suppress zonal flow and velocity boundary layers. All 2D simulations have the same aspect ratio but only the plane perpendicular to the axis of rotation is computed. The convection is controlled by a Rayleigh number ranging from 10^4 to 10^8 and rotation is characterised by the Ekman number ranging from 10^{-1} down to about 10^{-5} . This behaviour will break down once convective driving and therefore kinetic energy is high enough.

The stability of a vortex with elliptical streamlines is used to explain the transition which can be translated into a dependence of Reynolds number on the Rossby number. Thermal transport and kinetic energy density show a different scaling for the 2D and 3D flow.

Postersession D

PS-D.10

Tomographic filtering of synthetic Earth models with the *Generalized-Inverse Projection* (GIP)

Freißler R.*¹, Zaroli C.², Lambotte S.², S.A. Schuberth B.¹

¹*Geophysik, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland*, ²*Institut Terre et Environnement de Strasbourg, Université de Strasbourg, EOST/CNRS, Strasbourg, Frankreich*

Tomographic filtering of synthetic models of Earth's mantle has become a standard tool in tomographic-geodynamic model comparisons in recent years. A standard method for filtering is applying the resolution operator \mathbf{R} of a particular seismic inversion to the geodynamic model. The filtered model provides valuable information on how true Earth structure would be seen through the tomographic lens; i.e., how seismic heterogeneities are smeared and modified in amplitude given the available seismic data and inversion strategy. In addition to investigating the effects of tomographic resolution, it is important to consider uncertainties by evaluating the impact of seismic data noise/errors on the tomographic images and the geodynamic interpretation.

Here, we present a recently introduced method for filtering synthetic Earth models, which makes use of the generalized inverse operator \mathbf{G}^\dagger . The filtered model is constructed by computing the *Generalized-Inverse Projection* (GIP) of synthetic data calculated in a geodynamic Earth model. This way, it is possible to add errors to the seismic data and thus analyse uncertainties in the resulting model parameters. We compute traveltimes in a mantle circulation model (MCM), add realistic noise to the synthetic data and apply \mathbf{G}^\dagger . The resulting GIP model without noise is equivalent to the mean model of all GIP realisations from the suite of synthetic 'noisy' data and also closely resembles the model tomographically filtered using \mathbf{R} . Differences between filtered models are due to the accuracy of the method for predicting traveltimes (here we use ray theory and banana-doughnut kernels), the reparametrization error in filtering with \mathbf{R} and the data error propagating to model space. Especially GIP models that include noise in the data can show a significant variability of the shape and amplitude of seismic anomalies in the mantle. With the GIP approach, the effect of systematic errors in the data can be investigated, which we demonstrate by adding an error term that represents the effect of uncertain crustal corrections.

We conclude that for a comprehensive link between seismic tomography and geodynamic models, uncertainties in the seismic model space play a non-negligible role. Furthermore, tomographic uncertainties are an important component in obtaining meaningful estimates of the present-day thermodynamic state of Earth's mantle, which form the basis of geodynamic retrodictions of past mantle evolution.

Postersession D

PS-D.11

Geodynamic predictions of seismic structure and discontinuity topography of the mantle transition zone

Papanagnou I.*¹, S.A. Schuberth B.¹, Thomas C.²

¹*Geophysik, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland,* ²*Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland*

The mantle transition zone (TZ) is expected to influence convective flow, but neither its structural characteristics nor dynamic effects have been conclusively constrained. Lateral temperature variations modulate the topography of associated seismic discontinuities at ~ 410 and 660 km depth ('410' and '660'). These discontinuities are related to mineral phase transitions and thus sensitive to composition. Consequently, discontinuity topography can potentially provide insight on temperature and even phase composition at depth. It has been recognized that, in addition to phase transitions in olivine polymorphs, the transition of garnet may impact the 660 at higher temperatures. However, the volume of material affected by this garnet transition and its dynamic implications have not yet been quantified.

We address this question by predicting synthetic seismic structure and discontinuity topography of the TZ based on the temperature field of a 3-D mantle circulation model (MCM) for a range of relevant bulk compositions and associated mineralogy models. These include pyrolite, depleted mantle and mechanical mixing (MM) models. We thus create a suite of relevant hypothetical realizations of TZ seismic structure and major discontinuities.

Our theoretical approach allows us to systematically investigate the effects of varying mineralogy, in combination with a dynamically constrained temperature field, on TZ structure. We explicitly relate major phase transitions to specific topographic features of the 410 and 660 and quantify the relative impact of the different phases. Our synthetic discontinuity topographies provide theoretical predictions on possible distribution and magnitude of real-world depth variations. Our study thus offers a framework for dynamically informed interpretations of seismically derived TZ structure in terms of mantle temperature and composition. It moreover gives insights on the potential dynamic behavior of the TZ by constraining the importance of garnet in our theoretical models.

We find that garnet only occurs in regions with excess temperatures above 150 - 300 K. This leads to ~ 3 % garnet at the 660 in pyrolite and ~ 1 % in MM. For different plausible reference geotherms the garnet proportion could vary between ~ 1 and 39 % in pyrolite, while remaining largely unaffected in MM. Since not all warmer but only the hottest mantle regions see the garnet transition, dynamic effects of the 660 might be even more complex than previously assumed.

Postersession D

PS-D.12

Imaging the crustal and lithospheric structure of the Middle Mariana arc system with seismic traveltime tomography

Hilbert H.-S.*¹, Grevenmeyer I.¹, Dannowski A.¹, Kodaira S.², Fujie G.², Takahashi N.³

¹*GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Marine Geodynamics, Kiel, Deutschland*, ²*Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Subduction Dynamics Research Center, Yokohama, Japan*, ³*Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), R&D Center for Earthquake and Tsunami Forecasting, Yokohama, Japan*

The Izu-Bonin-Mariana (IBM) arc system and its associated back-arc basins are a tectonic convergent boundary in the western Pacific, where the Pacific plate is subducting underneath the Philippine Sea plate. The IBM system developed as an oceanic island arc within a purely oceanic crust, without continental collision and fragmentation. Subduction initiation began ~50-40 Ma ago and the IBM arc and back-arc system experienced two phases of back-arc spreading: first phase began about 30 Ma ago and lasted until about 15 Ma ago followed by a second phase that started ~7 Ma ago and still continues.

Although oceanic arcs are regarded as prime locations producing continental crust, they have a predominantly intermediate to felsic composition with a lower silica content than continental crust. The composition of the island arcs and associated back-arc basins is controlled by the subducted slab, which regulates the mantle advection and melt generation.

To understand the crustal and lithospheric structure of the IBM system, active seismic data have been recorded by R/V KAIYO (JAMSTEC) on ocean bottom seismometers (OBSs) around the middle Mariana region in 2003. The refraction seismic profile extends over 700 km from the Parece Vela back-arc basin in the west to the forearc in the east, through the west Mariana ridge, the Mariana trough and the Mariana arc. The profile comprises 106 OBS with a spacing of 5 km over the ridges and 10 km within the basins.

Results of our P-wave traveltime tomography show different crustal structures within the Mariana Trough basin, Mariana arc, and forearc region. West of the Mariana arc, in the Mariana Trough basin, the crust is ~6-7 km thick, and the lower crust supports seismic P-wave velocities of 7.2-7.4 km/s. East of the Mariana arc, in the forearc region, the crust is ~8-9 km thick, and the lower crust indicates seismic velocities of 6.5-6.7 km/s. The variety of the seismic structures represent the different stages of the tectonic evolution of the IBM system, and is most likely caused by changes in hydrous melts from the subducted plate and mantle heterogeneity.

Postersession D

PS-D.13

Ein Fluss unter dem Meer: Morphologische Untersuchungen des Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC)

Krastel S.*¹, Mosher D.², Lenz K.-F.³, Barrett R.¹, von Rönn G.¹, Klauke I.⁴, Stevenson C.⁵, Knutz P.⁶

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²Geological Survey of Canada, Dartmouth, Kanada, ³Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Center for Ocean and Society, Kiel, Deutschland, ⁴GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Kiel, Deutschland, ⁵University of Liverpool, Liverpool, Vereinigtes Königreich, ⁶Geological Survey of Denmark and Greenland, Copenhagen, Dänemark

Der Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC) ist der längste bekannte Tiefseekanal der Welt. Er erstreckt sich über 4000 km von der Hudson Strait durch die Labradorsee, umrundet die Grand Banks von Neufundland und endet an der nördlichen Grenze der Sohm Tiefseeebene. Während des Quartärs war der NAMOC ein wichtiger Transportweg für die Umlagerung von Sedimenten von Land in die Tiefsee. Die detaillierte Morphologie und Morphometrik des Systems sind jedoch nicht bekannt.

Während der RV Maria S. Merian Fahrt MSM102 im Sommer 2021 haben wir i) den NAMOC über eine Strecke von ~2000 km mit den hydroakustischen Systemen des Schiffes kartiert, ii) hochauflösende reflexionsseismische Daten über den NAMOC aufgezeichnet und iii) Sedimentkerne an 24 Stationen gewonnen. Das langfristige Ziel der Untersuchungen ist die quantitative Rekonstruktion der grundlegenden Strömungseigenschaften (z.B. Mächtigkeit, Geschwindigkeit und Konzentration), die den NAMOC geschaffen und erhalten haben.

Die bathymetrischen Daten zeigen einen relativ geraden Kanal mit sehr gut ausgeprägten rechtsseitigen Uferwällen. Der durchschnittliche Gradient des Talweges beträgt nur 0,05°. Der Kanal weist über seine gesamte Länge relativ gleichmäßige Abmessungen auf (~5 km Breite und 100 m Tiefe). Mäanderbänke und Knickpunkte weisen auf einen aktiven Sedimenttransport durch den Kanal hin. Kollapse der Kanalwände sind weit verbreitet. Auf den Uferwällen entnommene Sedimentkerne dokumentieren eine lange Geschichte des NAMOCs. Es gibt auf der gesamten Länge wenig Zuflüsse zum Kanal; die meisten von ihnen sind durch Schuttströme verfüllt. Seismische Daten zeigen einige verschüttete Kanäle, aber der Verlauf des NAMOCs ist während seiner gesamten Lebensdauer bemerkenswert stabil gewesen.

Postersession D

PS-D.14

How does the morphology of volcanic islands influence the instability of their flanks?

Klein E.*¹, Urlaub M.¹, Krastel S.²

¹*GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, FB4, Kiel, Deutschland*, ²*Christian Albrechts Universität zu Kiel, IfG, Marine Geophysik und Hydroakustik, Kiel, Deutschland*

Volcanic islands are known to be a source of many natural hazards associated with active volcanism. The processes leading to the instability of their flanks, however are less well understood. The movement of an instable volcanic flank occurs in either or both of two ways; slow sliding of several cm per year (i.e. Etna, Italy) and/or the catastrophic collapse of a large portion of the edifice (i.e. Anak Krakatau, Indonesia). The conditions and precursors leading to such events are often unknown.

The limited availability of high-resolution bathymetry data especially at the coast is often restricting the quantitative geomorphological investigation to the subaerial part of the volcanic island. It is essential, however, to include the entire volcanic edifice as instability affects the volcano from summit to seafloor. In this study, we test whether and in which way, the morphology of the volcanic edifice affects its instability.

We combine openly available high-resolution bathymetric and topographic grids (50-150m grid spacing) to create shoreline-crossing DEMs of volcanic islands in four areas (archipelagos of Hawaii, Canaries, Mariana Islands and South Sandwich Islands). Morphological parameters, such as area, volume, height from seafloor, slope etc. of the entire volcanic edifice are derived from the DEM grids and inserted into a database. The statistical analysis of this data combined with the history of flank failure will shed light on the influence the morphology of a volcanic island has on its instability. This will lead to a better understanding of the processes involved in the movement of instable volcanic flanks.

Postersession D

PS-D.15

Two different uplifting systems offshore Mount Etna: salt and tectonics in the Ionian Sea

Pandolpho B. T. *, Urlaub M., Berndt C., Bialas J.

GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Dynamics of the Ocean Floor, Kiel, Deutschland

The Ionian Sea is shaped by the convergence of the Eurasian-African plates, being a complex tectonic and stratigraphic area. The Calabrian Ridge subduction system records a long history of sedimentation, erosion, vertical movements, and tectonic activity, but the precise structural controls, including the presence of a STEP (Subduction Tear Edge Propagator) fault and the extent of Messinian evaporitic deposits, are still elusive. Here, we use a compilation of bathymetry, backscatter, surface attributes, and high-resolution seismic data to derive vertical movements and constrain the active tectonic processes at the western termination of the Calabrian Ridge. We identify changes in seafloor channel paths, landslide scars, separated drifts, minibasin formation, lineaments, and offsets of seafloor structures that can be linked back to active tectonics and uplift. Two distinct vertical movements are observed. First, a 22 km-wide region of doming east of Mt Etna, in which seismic onlap relationships and the dip of deep reflectors suggest long-lasting but slow tectonic uplift affecting depositional processes. And second, three 3-5 km-wide elongated domes formed by relatively fast uplift, tilting, and faulting modern sediments around the first central uplift structure. These smaller features are the result of salt movement as is suggested by the sag basin geometries around these small domes. We propose that halokinesis was a response to the sediment accumulation in minibasins formed by the uplift of the central feature, resulting in density inversion due to the sediment overburden (>900 m, for $v=1600\text{m/s}$). Both findings bring new perspectives in the vertical movement history of the Ionian Basin. Uplift rather than the expected subsidence near the STEP fault suggests that shortening in parts of the western Calabrian Ridge outstrips extension by tear faulting. Furthermore, our observations suggest the presence of evaporites much further north than reported by previous studies. Consequently, these new information needs to be considered when studying the functioning of subduction tectonics in the Calabrian Arc.

Postersession D

PS-D.16

Repeated bathymetric mapping offshore Mt Etna: First results from RV Meteor Expedition M178 HazELNUT

Gross F.*^{1,2}, Barrett R.², Hadré E.³, Kolling H.², Heinrich M.⁴, Gambino S.⁵, Bonforte A.⁶, Petersen F.^{1,2}, Urlaub M.⁴

¹*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Center for Ocean and Society, Kiel, Deutschland*, ²*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland*, ³*Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Deutschland*, ⁴*GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Kiel, Deutschland*, ⁵*University of Catania, Catania, Italien*, ⁶*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Etneo - Osservatorio Etneo, Catania, Italien*

Mt Etna, Europe's largest active volcano, is located directly on the Sicilian coastline of the Ionian Sea. In addition to frequent Strombolian eruptions, Etna's south-eastern flank is currently sliding seawards at a rate of several centimetres per year. Over the past decade, scientists from multiple countries have intensely studied the submerged sector of the volcano and its continental margin, with their results showing that the well-known onshore flank instability proceeds far into the sea and can be measured by marine geodetic networks. Nevertheless, the relationship between volcanic activity and deformation of the continental margin is still unclear, and various scenarios – from small-scale disintegration over geological time periods to abrupt catastrophic failure – have been suggested. During RV Meteor's cruise M178 (Nov – Dec 2021), we revisited the continental margin offshore Mt Etna and conducted dedicated repeated shallow- and deep-water multibeam surveys. In addition, several gravity cores were recovered from the prominent amphitheater structure, intra-slope basins, and the proposed southern boundary of Mt Etna's moving flank. We use the baseline bathymetric data, acquired during RV Meteor's cruise M86/2 in 2011/2012, to investigate and image changes within the geomorphological and geological setting offshore Etna by comparing them with the new multibeam data. Here, we present the first preliminary results from RV Meteor expedition M178. The repeated bathymetry shows minor changes compared to the baseline study, but favours the suggestion of sediment re-deposition in the proximal to distal sectors of the continental margin. The results of this project will increase our understanding of how landslides nucleate in extremely active settings such as offshore Mt Etna. Furthermore, the findings will be used to better assess the hazard potential of the sliding flank of the giant volcano and will feed into numerical modelling of the various scenarios that have been postulated for Mt Etna.

Postersession D

PS-D.17

Deep-sea surveying of seafloor massive sulfides with the GOLDEN EYE CSEM profiler

Schwalenberg K.*, Müller H., Barckhausen U.

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, B1.4 Marine Rohstofferkundung, Hannover, Deutschland

BGR's unique deep-sea CSEM profiler GOLDEN EYE has been used to map several active and inactive hydrothermal vent fields in the German License areas for polymetallic sulfides along the Central and Southeast Indian Ridge (Project INDEX). Marine frequency domain CSEM loop data and electric dipole-dipole data provide information on the electrical and magnetic properties of seafloor massive sulfide (SMS) deposits. Inverse modelling adds depth resolution to the otherwise only visually identified hydrothermal sites. First results from the most recent cruise in 2021 indicate several magnetic, conductivity, chargeability and self-potential anomalies that help to characterize the mineral potential of sulfide occurrences. In our presentation we will introduce the Golden Eye platform and installed sensor systems, talk about operational challenges, present early results, and discuss next steps in the data analysis and interpretation.

Postersession D

PS-D.18

A New Constrained Gravity Inversion Tool to Obtain Sub-Ice-Bathymetry

Liebsch J.*¹, Ebbing J.¹, Eisermann H.², Eagles G.²

¹*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland,* ²*Alfred Wegener Institute, Geosciences | Geophysics, Bremerhaven, Deutschland*

Sub-ice-bathymetry is an important boundary condition when modelling the evolution of ice shelves and ice sheets. Radar sounding is a proven method to reveal the sub-ice-topography beneath grounded ice. However, it fails to image the bathymetry beneath the floating ice shelves due to the strong radar reflectivity of sea water. As an alternative, the inversion of gravity measurements has been used increasingly frequently in recent years. To overcome the ambiguity of inverse modelling, this method benefits from independent depth constraints derived from direct measurements distributed throughout the model area, such as by active seismic, hydroacoustic, and radar methods.

Here, we present a novel geostatistical approach to gravity inversion and compare it to the classical and more commonly used FFT approach. Instead of only fitting individual points, we also include the spatial continuity of the sub-ice morphology. To do so, we calculate a variogram that fits the available depth measurements and derive a covariance matrix from it. The covariance matrix and an initial bathymetry model obtained by kriging together describe an a-priori probability density. For the inversion, the model bathymetry is related to the measured gravity using a quasi-Newton method, for which the derived probability density serves as the inversion's regularization term. We successfully apply the algorithm to airborne gravity data across the Ekström ice shelf (Antarctica) and compare our results with those of previous studies based on the classical approach. The simplified addition of constraints both for the geometry and the density structure in our approach proves to be advantageous.

Postersession D

PS-D.19

Fluggestützte Messungen der Meeresoberfläche in der Deutschen Bucht

Rausch T.*¹, Bärfuss K.¹, Cañadillas B.^{1,2}, Lampert A.¹

¹Technische Universität Braunschweig, Institut für Flugführung, Braunschweig, Deutschland, ²UL International GmbH, Oldenburg, Deutschland

Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Interaktion der Nachläufe großer Offshore-Windparks mit der marinen atmosphärischen Grenzschicht (X-Wakes) wurden fluggestützte Messungen (ca. 160 Flugstunden) durchgeführt. Zusätzlich zu meteorologischen in-situ Parametern wie Lufttemperatur, Feuchte und Wind wurden auch Infrarot-Temperaturmessungen der Wasseroberfläche aufgezeichnet sowie die Meeresoberfläche mittels Lidar-Messung erfasst und daraus Wellenhöhen bestimmt.

Die Wellen-Messungen erlauben den Lückenschluss zwischen Satelliten-Messungen der Meeresoberfläche, die zur Bestimmung des großräumigen Windfeldes in geringer Höhe verwendet werden, und Windmessungen in der Atmosphäre mit verschiedenen Methoden. Außerdem erlauben die Temperaturdaten einen Abgleich mit gängigen Modellen wie ERA5 oder OSTIA. Vor allem in Küsten- und Flachwasserbereichen weichen die Modelldaten von den tatsächlichen Temperaturen ab. In dieser Arbeit zeigen wir zum einen Ergebnisse zum Einfluss der Windparks und der Küste auf Wellenhöhen und Temperatur. Die Datensätze erlauben hier die Validierung und Anpassung verwendeter Modelle, insbesondere im Hinblick auf die gegenseitige Kopplung von Atmosphäre und Meeresoberfläche.

Zum anderen eröffnen die Datensätze weitere Nutzungsmöglichkeiten im Bereich der Meereswissenschaften.

PS-E Postersession E

PS-E.01

Sensitivitätsbetrachtungen bei der Bestimmung dielektrischer Bodenparameter zur GPR-Modellierung

Schennen S.*¹, Wagner N.², Günther T.¹, Igel J.¹

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland, ²Materialforschungs- und prüfanstalt, MFPA, Bauhausuniversität Weimar, Weimar, Deutschland

Die Bestimmung des Hochfrequenzverhaltens des Untergrundes ermöglicht die realitätsnahe Modellierung elektromagnetischer Wellenausbreitung. Das Hochfrequenzverhalten basiert auf Relaxationsmechanismen, die in einer Frequenzabhängigkeit der komplexen dielektrischen Permittivität und dispersiven Wellenausbreitung resultieren können. Solche Relaxationsmechanismen werden durch die Dipolcharakteristik des freien Wassers oder auch an Grenzflächen innerhalb poröser Medien verursacht.

Die frequenzabhängige Bestimmung der komplexen dielektrischen Permittivität erfolgt durch den Einbau der Bodenprobe in eine Koaxialleitung. Mittels eines Netzwerkanalysators werden für jede Richtung frequenzabhängige Transmissions- und Reflexionskoeffizienten bestimmt, aus denen dielektrische Spektren invertiert werden können. Der möglichst repräsentative und reproduzierbare Einbau ist einer der kritischsten Schritte der Messung und eine typische Fehlerquelle.

Um das Verständnis für Messfehler und Auflösungsvermögen zu verbessern, untersuchen wir an mehrfach gemessenen sandigen und lehmigen Bodenproben den Einfluss von kleinräumigen Heterogenitäten und Geometriefehlern in der Messzelle auf die Transmission- und Reflexionskoeffizienten. Die Erkenntnisse fließen in das Fehlermodell unserer Inversion ein und dienen letztlich der Ableitung von Unsicherheiten der angepassten petrophysikalischen Modelle für frequenzabhängige Georadarsimulationen.

Postersession E

PS-E.02

Berücksichtigung von Untergrundheterogenität bei numerischen Simulationen von Georadar Szenarien

Stadler S. *, Schennen S., Hiller T., Igel J.

Leibniz Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Numerische 3D Simulationen werden seit einiger Zeit für Studien komplexer Georadar Szenarien verwendet. Mit ausreichender Rechenleistung ist es seit kürzerem zusätzlich möglich, vollständige 3D Antennenmodelle zu implementieren, die Nahfeld- und Ankopplungseffekte korrekt beschreiben können. Dabei besteht die Schwierigkeit, die Bodenheterogenität korrekt zu erfassen und in das numerische Modell umzusetzen. Wir präsentieren eine Studie, bei der unter kontrollierten Bedingungen die Heterogenität eines Flussschotters erfasst und numerisch in ein zufallsverteiltes Modell umgesetzt wird. Der Einfluss der elektrischen/dielektrischen Eigenschaften der verschiedenen Materialien auf die Streuung der elektromagnetischen Wellen an den Steinen und vergrabenen Objekten soll hierbei untersucht werden. Dies hat zum Ziel, die in Felddaten beobachtete Streuung elektromagnetischer Wellen durch geeignete elektrische/dielektrische Eigenschaften der verschiedenen Materialien realitätsnah nachzubilden. Es werden gemessene und simulierte Reflexionen an einer Metallplatte verglichen, welche in einem homogenem Material (Sand) und einem stark heterogenem Material (Flussschotter) vergrabenen liegen. Das ausgestrahlte Wavelet entstammt einer geschirmten 400 MHz Georadar. Dabei zeigen die simulierten Daten sehr gute Übereinstimmung mit den Messdaten und es werden Eigenschaften wie der Frequenzgehalt der Signale, die Form der Reflexions- und Diffraktionseinsätze und das Verhältnis der Signalstärke des Targets zum Hintergrundrauschen korrekt wiedergegeben.

Postersession E

PS-E.03

A MATLAB FE Library for the Simulation and Inversion of EM Problems

Scheunert M.*¹, Blechta J.², Börner R.-U.¹, Ernst O.², Spitzer K.¹

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland, ²TU Chemnitz, Fakultät für Mathematik, Chemnitz, Deutschland

The electromagnetics working group of the Freiberg Institute of Geophysics and Geoinformatics looks back on a long history of research in the field of simulation and inversion of electromagnetic problems. Together with the Faculties of Mathematics of the Universities of Chemnitz and Freiberg, a wide variety of individual software solutions have been developed over the years. A joint software project within the last three to four years made it possible to bundle, unify and re-implement all the acquired knowledge in a single Matlab finite element software library. In our poster, we present the key features of this library which allows the implementation of the forward and inverse problem of any type of time- or frequency dependent geophysical electromagnetic application in 2D and 3D. For this purpose, case studies for magnetotellurics (MT) and geoelectrics (DC) as well as examples for controlled source electromagnetics (CSEM) and induced polarization (IP) are shown.

We would like to invite all interested parties to discuss with us possible applications as well as technical or theoretical aspects of electromagnetics and its numerical implementation.

Postersession E

PS-E.04

Efficient full waveform inversion of multi-offset surface GPR data

Qin T.*¹, Bohlen T.¹, Allroggen N.²

¹Karlsruhe Institute of Technology / Geophysical Institute, Karlsruhe, Deutschland, ²University Potsdam / Institute of Geosciences, Potsdam, Deutschland

Ground-penetrating radar (GPR) is a widely used geophysical method to explore the shallow critical zone of our earth. In recent years, full-waveform inversion (FWI) of GPR data has received increasing attention because it can significantly improve the resolution of multi-parameter subsurface models of electromagnetic material properties. GPR FWI has so far primarily been applied to crosshole radargrams using transmitted waves. The surface-based GPR data, especially multi-offset acquisition, is rarely used for FWI as it contains many direct waves that can obscure valuable information reflected from the subsurface. However, surface data acquisition is easier to perform and is important for 3D imaging. In this research, we apply an efficient FWI (EFWI) to multi-offset GPR data acquired on the surface. Considering that each shot gather covers only a small part of the survey area, we propose a workflow to speed up the FWI process. This workflow allows multiple model subsets to be extracted from the model and the corresponding gradient subsets to be merged into a single gradient without compromising parallel computation. We smooth the new gradient with a spatial Gaussian filter to suppress the artifacts introduced in subset boundaries, and then update the model by this gradient. Therefore, the computation time and memory storage of EFWI is reduced by a factor equal to the size ratio of the model and its subset. Both synthetic data and field data verified that EFWI has comparable performance in reconstructing high-resolution near-surface images, but without the redundant computation present in traditional FWI. It is worth mentioning that although EFWI is implemented in the 2D case and surface data in this study, it is also feasible for the 3D world and crosshole data acquired in multiple adjacent boreholes.

Postersession E

PS-E.05

Airborne geophysical investigation of the "Finsterwalder Restlochkette"

Siemon B.¹, Cortés Arroyo O.*², Ibs-von Seht M.¹, Neukum C.², Meyer U.¹, Himmelsbach T.³

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), B2.1 Geophysikalische Erkundung - Technische Mineralogie, Hannover, Deutschland, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Aufbaustab zur Errichtung des Forschungs- und Entwicklungszentrums Bergbaufolgen (FEZB), Berlin, Deutschland, ³Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, Deutschland

For rehabilitation of former open-cast, lignite-mining areas in eastern Germany, extensive information on aquifers is required, in particular on their mineralization, depth and thickness.

As part of the project "D-AERO-Finsterwalde", the "Finsterwalder Restlochkette" former lignite-mining area was explored in summer 2021 by the "Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe" (BGR) in cooperation with the "Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft" (LMBV) and in consultation with the "Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg" (LBGR).

The area is located about 60 km southwest of the city of Cottbus, between Finsterwalde and Lauchhammer. Using the helicopter-borne geophysical system of the BGR, electromagnetic data was recorded every 4 meters using a 10-meter-long flight probe (bird), which was towed on a rope at about 40 m above the ground. This six-frequency dataset was converted into models of electrical resistivity, from which parameters relevant to the groundwater can be derived. Simultaneously, a magnetometer (in the bird) and a gamma-ray spectrometer (in the helicopter) were used in order to obtain information about contaminated sites and surface properties in the survey area.

The helicopter survey acquired data on 85 NW-SE lines and 23 NE-SW tie-lines at a line spacing of 250 m or 625 m, as well as further 33 lines in three sub-areas at 100 m line spacing. Excluding larger towns and wind farms, the survey area is larger than 200 km², with approximately 1680 km-length of flight lines.

We present here the preliminary results. At the end of the project results will be made available via the BGR product center, analogous to results of project "D-AERO-Auswertung" on the North Sea coast (Siemon et al., 2020).

This work is related to the establishment of the "Forschungs- und Entwicklungszentrum Bergbaufolgen" (FEZB). Research topics of the FEZB focus on groundwater and soil, remediation mining, geotechnical engineering and environmental monitoring.

Postersession E

PS-E.06

Constraining FDEM data inversion with structural a priori information from GPR data

Klose T.*¹, Guillemoteau J.¹, Tronicke J.¹, Vignoli G.^{2,3}

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

To characterize near-surface geological formations, frequency-domain electromagnetic (FDEM) data collected with portable loop-loop sensors are increasingly used. Typically, the recorded data are inverted considering a 1D layered medium of varying electrical conductivity. This inversion often represents an ill-posed optimization problem, which is commonly stabilized by enforcing smoothness of the solution. Such smoothness constraints are suitable for imaging gradual transitions of subsurface electrical properties at the meter scale (e.g., varying sand, clay, or fluid content). However, such smooth inversion approaches are limited for imaging sharp (sub-meter scale) interfaces (e.g., geological boundaries between distinct formations). One more recently proposed regularization strategy to promote results with different levels of smoothness/sharpness is based on the minimum gradient support (MGS) method. We present a novel laterally constrained inversion approach for FDEM data using the MGS regularization for both the vertical and lateral directions. Synthetic and field data examples aiming at characterizing peat deposits demonstrate that our approach can provide a set of model solutions characterized by similar data misfit (i.e., equivalent in term of inversion quality criterion) but different levels of sharpness and variable lateral consistencies. This non-uniqueness of the solution can be reduced by incorporating a priori information and/or complementary (e.g., geophysical) data into the inversion. In our examples, we demonstrate an approach to incorporate layer interfaces as imaged by ground-penetrating radar (GPR) data into the MGS regularization scheme. Our results show that the developed constrained MGS inversion approach is a powerful tool to reduce model ambiguity inherent to the FDEM 1D imaging problem and might also be considered for other applications where structural a priori information is available.

Postersession E

PS-E.07

Automatische Hyperbeldetektion und Geschwindigkeitsbestimmung aus GPR Daten eines archäologischen Fundplatzes

Wunderlich T.^{*1,2}, Wilken D.^{1,2}, Majchczack B. S.^{1,3}, Segschneider M.⁴, Rabbel W.^{1,2,3}

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland, ²SFB 1266 - TransformationsDimensionen, Kiel, Deutschland, ³Exzellenzcluster ROOTS, Kiel, Deutschland, ⁴Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung, Wilhelmshaven, Deutschland

Diffractionshyperbeln in GPR (Ground Penetrating Radar) Daten werden durch kleine Streukörper im Untergrund wie z.B. Rohre, Leitungen, Steine oder archäologische Artefakte erzeugt. Die Lage der Scheitelpunkte dieser Hyperbeln gibt die räumliche Anordnung der Objekte wieder, während man aus der Form der Hyperbeln die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen bestimmen kann. Nutzt man großflächige GPR-Mehrkanalmessungen, so ist eine flächenhafte Bestimmung dieser Geschwindigkeit möglich, falls genug Hyperbeln in den Daten vorhanden sind. Um diese automatisiert bestimmen zu können, nutzen wir einen zweistufigen Ansatz: Zunächst werden mit Hilfe eines neuronalen Netzes zur Objektdetektion (RetinaNet) die Hyperbeln im gesamten Datensatz lokalisiert und dann werden die als Binärbild dargestellten Radargrammausschnitte mit einer Hyperbelfunktion angepasst um die RMS-Geschwindigkeit abzuleiten. Das bereits vortrainierte Netz wurde mit einem 381 Bilder umfassenden Datensatz weiter trainiert und erreichte eine average precision (AP) von 0.58. In unserem 1.7 ha großen Datensatz wurden mit diesem Verfahren 38490 Hyperbeln detektiert und die Geschwindigkeiten mit einer Genauigkeit von ca. 0.02 m/ns bestimmt.

Dieser Ansatz wird zwar schon verbreitet zur Leitungs- oder Bewehrungsdetektion eingesetzt, dort handelt es sich aber meist um klare Radargramme mit isolierten Hyperbeln, deren horizontale Lage sich zu linearen Strukturen verbinden lässt. Im Gegensatz dazu zeigen archäologische Datensätze meist eine Vielzahl von sich überlagernden Reflexionen und einzelne Objekte wie z.B. Steine erzeugen auf benachbarten Profilen Hyperbeln, die zu einem Objekt zusammengezogen werden müssen, was wir mit Hilfe eines Density-based spatial clustering of applications with noise -Algorithmus (DBSCAN) erreichen. Die räumliche Verteilung der auf diese Weise automatisch detektierten Objekte kann zur weiteren archäologischen Interpretation in Kombination mit Zeitscheiben, Radargrammen und der 3D-Geschwindigkeitsverteilung genutzt werden. Auch können aus der räumlichen Verteilung der Geschwindigkeiten Rückschlüsse auf den Wassergehalt des Bodens an verschiedenen Lokationen des archäologischen Fundplatzes bestimmt werden.

Postersession E

PS-E.08

Georadar in Strecken und Bohrungen in der Salzstruktur der Schachanlage Asse II

Gundelach V.*

BGR, B3, Hannover, Deutschland

Die Messmethode Georadar eignet sich aufgrund der üblicherweise geringen Leitfähigkeit im Salz und damit verbundenen hohen Eindringtiefe hervorragend zur Strukturerkundung des inneren Aufbaus von Salzstrukturen. In der Salzstruktur um die Schachanlage Asse II werden zurzeit die existierenden geologischen Modellvorstellungen ergänzt und überarbeitet. Zur Verbesserung der Datenbasis wurden in den vergangenen Jahren alle verfügbaren Streckenabschnitte des Grubengebäudes durch Georadar gemessen. Die ebenfalls in dem Zeitraum durchgeführten Erkundungsbohrungen wurden durch richtungssensitive Georadar-Bohrlochmessungen der Mittenfrequenzen 50 und 250 MHz begleitet. So konnten umfangreiche räumliche Strukturinformationen gewonnen werden, die es erlauben ein detailliertes geologisches 3D-Modell der Salzstruktur zu konstruieren.

Postersession E

PS-E.09

The large scale conductivity structure of Southern Africa

Moorkamp M.^{*1}, Ozaydin S.², Selway K.³

¹Ludwig-Maximilians-Universitaet, Geophysik, Muenchen, Deutschland, ²Macquarie University, Sydney, Australien,

³Univeristy of South Australia, Adelaide, Australien

The Southern African Magnetotelluric Experiment (SAMTEX) involved the collection of data at over 700 sites in Archean to Proterozoic southern Africa, spanning features including the Kalahari Craton, Bushveld Complex and voluminous kimberlites. Here, we present the first 3D inversions of the full SAMTEX dataset. We focus on assessing the robustness of the 3D models by comparing two different inversion codes, *jif3D* and *ModEM*, and two different subsets of the data, one containing all acceptable data and the other containing a smaller selection of undistorted, high-quality data. Results show that the main conductive and resistive features are imaged by all inversions, including deep resistive features in the central Kaapvaal Craton and southern Congo Craton and a lithospheric-scale conductor beneath the Bushveld Complex. Despite this, differences exist between the *jif3D* and *ModEM* inverse models that derive mainly from the differences in regularization between the models, with *jif3D* producing models that are very smooth laterally and with depth, while *ModEM* produces models with more discrete conductive and resistive features. Analysis of the differences between these two inversions can provide a good indication of the model resolution. More minor differences are apparent between models run with different subsets of data, with the models containing all acceptable data featuring higher wavelength conductivity variations than those run with fewer stations but also demonstrating poorer data fit.

Postersession E

PS-E.10

Drone based semi airborne electromagnetics for hydrogeophysical investigations

Ronczka M.*, Rochlitz R., Günther T., Müller-Petke M.

Leibnitz Institut für angewandte Geophysik, S2, Hannover, Deutschland

Drone-based geophysical measurements gain recently more attention because of the possibility to obtain 3D datasets on a local scale and thus to complement geophysical 1D or 2D datasets. We[RR1] follow the semi-airborne electromagnetics (SAEM) method (developed during the DESMEX project), in which the signal is transmitted via a grounded dipole and the vector magnetic field is recorded at a drone. Our main objective are hydrogeophysical investigations, which demand a good near-surface resolution (250 m depth).

We performed several experiments at our test site at Giesen, approx. 30 km south of Hannover to adapt the SAEM method to groundwater investigations. Sensitivity studies show that frequencies above 1 kHz are needed to focus on the first 250 m depth. The first data analysis shows effects of the transmitter up to an offset of 100 m. Multi-transmitter experiments can help to increase the low resolution below the transmitter location. With a sampling frequency of 64 kHz, we are theoretically able to analyse odd harmonics up to 32 kHz of the transmitted rectangular signal. However, the useable frequency content strongly depends on the signal to noise ratio. With a base frequency of 32 Hz, we could use data up to 16 kHz for inversion. We aim to increase the amplitude of high-frequency harmonics by increasing the base frequency. We show the effect on the S/N ratio and discuss the impact for utilizing a higher frequency content.

Postersession E

PS-E.11

Nutzung der Präpolarisationsabschaltung als Anregung bei Oberflächen-NMR-Messungen

Hiller T.^{*1,2}, Costabel S.¹, Dlugosch R.^{2,3}, Müller-Petke M.²

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 SNMR-Messungen mit einer Grundfläche von wenigen Quadratmetern an Interesse in der Bodengeophysik gewonnen. Aufgrund der Beziehung zwischen Spulengröße und angeregtem Volumen, ist es bei solch kleinräumigen Messungen notwendig, der eigentlichen NMR-Anregung ein starkes statisches Präpolarisationsfeld (PP) vorzuschalten, welches die Magnetisierung im Untergrund signifikant erhöht. PP-Spulen mit einem Durchmesser von ca. 2 m und einem effektiven Anregestrom von 1000 A erhöhen die messbare Signalstärke um mehr als eine Größenordnung und erlauben somit die Gewinnung von Wassergehalts- und Porengeometrie-Informationen auch aus der ungesättigten Zone.

Die Einführung von PP in die SNMR verschiebt jedoch den zeitlichen Bezugspunkt für das Abklingen des SNMR-Signals vom Ende des klassischen Anregepulses auf das Ende der PP-Abschaltrampe, wodurch sich die effektive Totzeit verlängert. Diese Totzeit ist jedoch selbst ohne PP zu lang, um die schnell abklingenden SNMR Signale aus ungesättigten oder feinkörnigen Böden zu messen. Um diese Totzeit-Limitierung zu überwinden, präsentieren wir einen Ansatz der es erlaubt SNMR-PP Signale auch ohne einen konventionellen Anregepuls zu messen und somit die effektive Totzeit deutlich zu verkürzen.

In bisher veröffentlichten Studien zu SNMR-PP wird stets eine adiabatische (d.h. perfekte) PP-Abschaltung angenommen, mit dem Ziel alle verstärkten Magnetisierungskomponenten nach der PP-Abschaltung parallel zum Erdmagnetfeld auszurichten. Diese Magnetisierungskomponenten werden dann mit einem konventionellen Anregepuls stimuliert um ein messbares SNMR-PP Signal zu erzeugen. Unter praktischen Feldbedingungen ist die PP-Abschaltung jedoch nie perfekt adiabatisch und es bleiben somit Magnetisierungskomponenten erhalten die nicht parallel zum Erdmagnetfeld orientiert sind. Diese senden bei ihrem Abklingen ein konventionell messbares NMR Signal aus und können daher direkt, d.h. ohne konventionellen Anregepuls, an der Oberfläche registriert werden. In unserem Ansatz nutzen wir diesen Mechanismus und präsentieren erste erfolgreiche Messungen auf einem Wasserreservoir und dazu korrespondierende numerische Simulationen der SNMR-PP Spindynamik.

Postersession E

PS-E.12

Employing drones in semi-airborne electromagnetics

Kotowski P. O.*¹, Becken M.¹, Thiede A.¹, Schmalzl J.¹, Ueding S.¹, Symons G.², Schmidt V.¹, Klingen S.¹

¹*Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland,* ²*terratec Namibia, Klein Windhoek, Namibia*

The semi-airborne electromagnetic (EM) method proves to be an efficient technique to identify conductive structures in the subsurface. This method differs from solely land-based procedures and strictly airborne approaches as it combines a ground-based EM transmitter and an airborne receiver system. Such a setup allows the installation of powerful transmitters on the ground and facilitates great depths of investigation. Vector magnetometers or total field magnetometers are used to record the EM response with high precision.

Since only a receiver structure has to be carried, unmanned aerial vehicles (UAVs) are applicable as potential carriers. They provide advantages such as adaptable take-off and landing sites and high agility during data acquisition. However, unmanned vehicles are subject to limitations such as low payload, restricted flight duration, and aircraft-related EM noise. Our research aims to investigate the conditions under which UAVs are suitable for semi-airborne EM applications.

We carried out a test survey in Merfeld (Germany) using a multicopter aircraft system. Within the scope of the trial, it was possible to trace the sedimentary stratification of the Münsterland Cretaceous Basin and to validate the results with two other independently performed methods (geoelectric and magnetotelluric sounding). For this purpose, semi-airborne EM magnetic-to-electrical current transfer functions were estimated and resistivity models computed. Our survey concept and the data processing scheme are adopted for the most part from previous helicopter-based measurements carried out in the framework of the DESMEX (Deep Electromagnetic Sounding for Mineral Exploration) project. The test survey served as a guideline for an electromagnetic exploration survey of a well-studied mineral deposit in Namibia. The ore body, a volcanogenic massive sulfide deposit, is a conductive, tube-shaped anomaly that plunges from the surface to more than 400 m depth. Hence, this target is well suited to test the applicability of drone-based semi-airborne EM for exploration purposes. We discuss the acquired data and present preliminary results.

Postersession E

PS-E.13

Conductivity model of passive continental margin derived from magnetotelluric sounding of the western coast of the Red Sea

Marzouk H.*^{1,2}, Arafa-Hamed T.², Becken M.¹, Elbarbary S.^{1,2}

¹*Institut für Geophysik, Universität Münster, Münster, Deutschland*, ²*National Research Institute of Astronomy and Geophysics (NRIAG), Helwan, Ägypten*

Crustal-scale architecture of the passive continental rifted margins are wealth sources of information regarding the continental break-up and dynamics of extensional tectonic regimes. The Red Sea, as an example of growing proto-oceans, can be considered as a key area for clarifying the stages of extension and crustal thinning in space and over time. Moreover, the complex structures in the Arabian-Nubian Shield along the flanks of the Red Sea add up more challenges to study the geometry of the rifted lithospheric blocks. In the present work, we summarize the results of a geophysical investigation for the inland continental margin of the Red Sea along the Egyptian coastlines using the magnetotelluric method.

Broadband magnetotelluric(MT) data were acquired over the northern part of the Red Sea rift zone along an east-west profile ~ 130 km in length. The two-dimensional inversion of the acquired data delineated in the coastal area the architecture of the extensional fault systems and associated half-grabens, which is in agreement with the results of detailed seismic reflection data and regional geological studies. A highly resistive body (> 1000 ohm.m) identified outside the rift zone is interpreted as the juvenile Neoproterozoic rocks of the Arabian Nubian Shield(ANS). The transition from ANS to the Phanerozoic cover to the west is also revealed as resistivities decreases to (~ 100 ohm.m) in the western part. We show that 2-D MT inversion can enhance the geological image of the passive rift margin alongside the complex structures of the ANS by providing an intermediate phase between shallow hydrocarbon exploration and regional-scale geophysical modeling. Additionally, the MT profile acts as the initial core of an ongoing frontier study for investigating the lithospheric structure across Egypt that can add insights to the evolution of the Nile River in addition to the boundaries and electrical signature of the deformed Saharan Metacraton and the existing cratonic remnants in the area.

Postersession E

PS-E.14

Präpolarisierte Oberflächen-NMR als Monitoring-Tool für bodenphysikalische Versickerungsexperimente

Costabel S.*¹, Hiller T.^{1,2}, Dlugosch R.^{3,4}, Müller-Petke M.²

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Grundwasser und Boden, Berlin, Deutschland, ²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik und Elektromagnetik, Hannover, Deutschland, ³Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Unterirdischer Speicher- und Wirtschaftsraum, Hannover, Deutschland, ⁴Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Gesteinsphysik und Bohrlochgeophysik, Hannover, Deutschland

Die Möglichkeit der Präpolarisation (PP) erlaubt es prinzipiell, das Verfahren der Oberflächen-Nuklearmagnetischen Resonanz (SNMR-PP) für flache bodenphysikalische Untersuchungen einzusetzen. Wir haben Feldversuche durchgeführt, um diese Erwartung zu überprüfen. Dazu haben wir zwei verschiedene Infiltrationsszenarien simuliert: ein Ponding-Experiment, das ein Überflutungsszenario darstellt, sowie einen Beregnungsversuch mit einer Regenrate entsprechend einem Starkregenereignis. Das Studium der hydraulischen Reaktion von Böden auf derartige Extremwetter-Ereignisse wird erwartungsgemäß ein wichtiges zukünftiges Forschungsthema sein.

Zur Anregung und Registrierung der magnetischen Resonanz kamen kreis- und achtförmige Spulen mit einem Durchmesser von 80 und 50 cm und jeweils 10 Windungen zum Einsatz. Die PP-Spule aus Kupfer zur Verstärkung der Spin-Magnetisierung hatte einen Durchmesser von ca. 1,6 m bei 63 Windungen. Der für die PP verwendete Gleichstrom von knapp 20 A lag für 5 Sekunden an und wurde dem üblichem SNMR-Anregungspuls zeitlich vorangestellt. Zwischen PP- und Anregungspuls liegt aus technischen Gründen eine zeitliche Lücke von 5 ms, welche die effektive Totzeit erhöht. Es wurden Sondierungen mit jeweils vier Pulsmomenten (Q) durchgeführt, wobei jedes Q einem bestimmten Tiefenbereich entspricht: 0 bis wenige cm für das kleinste Q (0,01 As) sowie 20 bis 40 cm für das höchste. Die Wiederholungsrate der SNMR-PP-Sondierungen wurde auf 45 min festgelegt. Beim Start des Ponding-Experimentes ist diese Rate auf 15 min verkürzt worden, weil hier zu Beginn eine schnellere Dynamik zu erwarten war. Zur Validierung der SNMR-PP Messungen haben wir acht TDR-Sonden installiert.

Für das Ponding-Experiment konnte eine gute quantitative Übereinstimmung zwischen SNMR- und TDR Wassergehalten bestätigt werden und der zeitliche Verlauf des Versickerungsprozesses konnte für die vier untersuchten Tiefenlevel in den SNMR-PP Resultaten abgebildet werden. Im Beregnungsversuch zeigte sich jedoch, dass durch die effektive Totzeit ein wesentlicher Teil des Bodenwassers, etwas mehr als 50%, nicht erfasst wurde. Zukünftige technische Verbesserungen müssen dieses Problem lösen, damit das SNMR-PP Verfahren flächendeckend für bodenkundliche Untersuchungen verwendet werden kann. Eine Möglichkeit besteht z.B. darin, den klassischen Anregungspuls durch möglichst schnelles Abschalten des PP-Stroms zu ersetzen. Unsere ersten Versuche in dieser Richtung sind sehr vielversprechend (A-212).

Postersession E

PS-E.15

First results of a quantum-based magnetometer system for airborne audio-frequency magnetics

Schiffler M.*¹, Zakosarenko V.^{1,2}, Schmelz M.¹, Schneider M.², Larnier H.³, Friesen M.³, Chubak G.³, Thiede A.⁴, Becken M.⁴, Stolz R.¹

¹Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Quantensysteme, Jena, Deutschland, ²supracon AG, Jena, Deutschland, ³Dias Geophysical and Dias Airborne, Saskatoon, Kanada, ⁴Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland

Within the past decade quantum sensor based vector magnetometers were jointly developed by the partners in order to improve magnetic and electromagnetic measurements. The system records all three components of the Earth magnetic field for the **magnetic method** and, simultaneously, allows measurements using the **electromagnetic methods** by recording broad-band time-variations of the three components of electromagnetic signals, by providing ultra-low noise and high dynamic range. The 3D vector magnetometer system comprises sensors with an intrinsic and system white noise floor of 0.7fT/VHz and <10fT/VHz, respectively, as well as an exceptionally large signal-to-noise ratio of more than 32bit. In this work, we will present this novel instrument based on Superconducting Quantum Interference Devices (SQUID) as sensing elements capable for magnetostatic and passive electromagnetic exploration as well as first results gained from its operation on a damped airborne measurement platform.

We illustrate the advantages of the novel system by presenting exemplary airborne measurement data from test campaigns over an impact crater target in the Republic of South Africa and an apatite-rich iron ore deposit in Sweden. These surveys show that the system is capable of producing data with a good signal to noise ratio to extract simultaneous magnetostatic fields and natural source audio-frequency magnetic (AFMAG) responses within a frequency range from 1Hz to 10kHz. The performance of the demonstrator in airborne operation is mainly limited by motion noise and disturbances from the peripheral instrumentation which results in a frequency dependent noise level. We will discuss the performance specifications and provide an outlook on future developments to further reduce the system noise.

The authors want to acknowledge funding of the various aspects of this work by the BMBF via PTJ within research project series DESMEX (Deep Electromagnetic Sounding for Mineral Exploration - DESMEX I and II under grant no. 033R130 and DESMEX-REAL under grant no 033R385), by the Eurostars-2 joint program with co-funding from the European union Horizon 2020 research and innovation program through the project E!11092 (01QE1710) QMag and by the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK) via the Central SME Innovation Programme (ZIM) on the basis of a decision by the German Bundestag in the project QAMT with the grant no.'s KK5031301/KK5030301.

Postersession E

PS-E.16

3D inversion of semi-airborne electromagnetic data using custEM & pyGIMLi

Rochlitz R., Guenther T.*, Becken M.

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

The DESMEX research projects develop semi-airborne controlled-source electromagnetic (CSEM) exploration methods with airborne-towed magnetic-field receiver systems and grounded dipole transmitters for deep mineral exploration. We present a new 3D inversion framework able to handle the complex geometries of the recorded survey data. It builds upon the open-source software custEM and pyGIMLi.

In contrast to other established CSEM methods, semi-airborne EM surveying includes observations in the immediate vicinity of the transmitter. Therefore, it is of utmost importance to consider an exact representation of the transmitter layout and the topography of the survey area. We prefer the total-field forward operator with second-order polynomial finite-element basis functions on unstructured meshes, in contrast to the widely employed secondary-field approach and first-order basis functions. Using a direct solver, we calculate the sensitivities for our Gauss-Newton minimization inversion method explicitly by exploiting comparatively cheap back-substitutions.

We discuss the accuracy of our total-field responses for inversion purposes. We present a synthetic inversion study mimicking realistic semi-airborne EM geometries and based on the resistivity distribution in the survey area Schleiz that was investigated previously. Finally, we apply our developed inversion workflow on real datasets and compare the obtained conductivity distribution with results from previous analysis of electromagnetic datasets in the survey area.

Postersession E

PS-E.17

Ermittlung der Oberflächenrelaxivität in Sandsteinen – ein Methodenvergleich

Munsch S. M.*¹, Strangfeld C.¹, Kruschwitz S.^{1,2}

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Zerstörungsfreie Prüfung, Berlin, Deutschland, ²Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland

Mit dem zerstörungsfreien Verfahren der nuklear magnetischen Resonanz (NMR) mit Fokus auf ¹H-Protonen lässt sich der Feuchtegehalt in porösen Materialien bestimmen und bei einem vollgesättigten Medium eine Porengrößenverteilung ableiten. Für die Ermittlung der Porengrößenverteilung muss die gemessene T₂-Relaxationszeitenverteilung mit dem Parameter Oberflächenrelaxivität (OR) umgerechnet werden. Ist dieser Parameter für das zu untersuchende Medium unbekannt, kann dieser mithilfe von Vergleichsverfahren abgeschätzt werden. Dabei kommen z. B. Gassorption, Quecksilberporosimetrie (MIP), Dünnschliff-Mikroskopie oder μ -Computer-Tomographie (μ -CT) zum Einsatz. Da die verschiedenen Verfahren allerdings unterschiedliche Auflösungsgrenzen aufweisen und auf verschiedenen physikalischen Prinzipien beruhen, können die ermittelten ORs für ein Medium stark variieren.

Um ein besseres Verständnis für die OR und die Einflüsse der Vergleichsverfahren zu bekommen, wurden 19 verschiedene Sandsteintypen untersucht. Die OR wurde zum einen basierend auf der spezifischen inneren Oberfläche aus der dynamischen Dampfsorption (DVS) und der Gassorption abgeleitet. Zum anderen wurden die Relaxationszeitenverteilungen durch manuelles Anpassen der OR derart in Porengrößenverteilungen umgerechnet, sodass es eine Übereinstimmung mit den Porengrößenverteilungen aus MIP und/oder μ -CT gibt. Die Umrechnung von Relaxationszeitverteilungen in eine Porengrößenverteilung berücksichtigt dabei sowohl fast- als auch slow-diffusion. Insgesamt ergab sich für die Sandsteine ein breites Spektrum an ORs, bei dem die über die innere spezifische Oberfläche ermittelten ORs andere Größenordnungen aufwiesen ($< 10 \mu\text{m/s}$), als bei dem Vergleich mit MIP oder μ -CT (bis $600 \mu\text{m/s}$). Die mit MIP und μ -CT ermittelten Werten lagen dabei um einen Faktor von 1 bis 30 auseinander. Dieser umfangreiche Datensatz, der vier verschiedene Vergleichsverfahren einbezieht, soll neue Erkenntnisse in der Charakterisierung von porösen Materialien (z. B. bezüglich der Oberflächenrauigkeit) und in der Ursache für die starke Variation der OR ermöglichen. Durch das Berücksichtigen von fast- als auch slow-diffusion, können dabei sogar Daten in eine Porengrößenverteilung umgerechnet werden, bei denen das fast-diffusion-Kriterium nach Brownstein und Tarr nicht erfüllt ist. Außerdem ergibt sich aus der Berücksichtigung des slow-diffusion-Regimes ein neues Verständnis für die obere Auflösungsgrenze von NMR.

Postersession E

PS-E.18

Topography effects on semi-airborne electromagnetic data – Examples from the DESMEX survey at the Gosetal/Rammelsberg area (Harz Mountains)

Thiede A.*, Becken M., Kotowski P. O., DESMEX Working Group

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, 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 preliminary results of a semi-airborne 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 the 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, including a possibly deeper root of the enigmatic Gosetal anomaly.

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 km² with the Helicopter induction coil DESMEX system. EM Transfer functions were derived in the frequency range up to 4 kHz. Analysis of the data is complicated, however, by the presence of steep topography and over 500 m altitude differences in the surveyed area. Synthetic 3D modeling using the unstructured finite element simulation code custEM show that strong topographic effects are evident in the collected data and must thus be taken into account in any inversion. Furthermore, the real transmitter geometry must be accurately represented in 3D space. We discuss these effects as well as topography correction schemes based on normal field corrections including realistic topography. Ongoing work is focused on 3D inversion of the corrected data and first results will be presented.

Postersession E

PS-E.19

Analysis of seismic signals recorded at Stromboli using AWESAM

Fenner D.*^{1,2}, Rümpler G.^{1,3}, Li W.¹, Chakraborty M.¹, Faber J.^{1,4}, Köhler J.^{1,3}, Stöcker H.^{1,4,5}, Srivastava N.¹

¹Frankfurt Institute for Advanced Studies, Frankfurt am Main, Deutschland, ²Johannes Gutenberg-Universität, Mainz, Deutschland, ³Institute of Geosciences, Goethe-University Frankfurt, Frankfurt am Main, Deutschland, ⁴Institute for Theoretical Physics, Goethe University, Frankfurt am Main, Deutschland, ⁵GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt, Deutschland

Many active volcanoes exhibit Strombolian activity, which is typically characterized by relatively frequent mild volcanic explosions and also by rare and much more destructive major explosions and paroxysms. The analyses of major and minor events can help to understand the eruptive behavior of the volcano and the underlying physical and chemical processes. Catalogs of volcanic eruptions and, specifically, seismo-volcanic events may be established using continuous seismic recordings at stations in the proximity of volcanoes. However, this could be a labor-intensive and time-consuming process. Here, we introduce a detection algorithm for identifying small and large seismic events due to volcanic activity at Stromboli: the Adaptive Window Volcanic Event Selection Analysis Module (AWESAM). This strategy of creating seismo-volcanic event catalogs consists of three main steps: (i) identification of potential volcanic events based on squared ground-velocity amplitudes, an adaptive MaxFilter, and a prominence threshold. (ii) catalog consolidation by comparing and verification of the initial detections based on recordings from two different seismic stations. (iii) identification and exclusion of signals from regional tectonic earthquakes.

The python package is applied to publicly accessible continuous seismic recordings from two almost equidistant stations at Stromboli volcano in Italy to generate a seismo-volcanic event catalog. We compared this AWESAM generated catalog with a hand-picked catalog and found that around 95% of the seismo-volcanic events with a signal-to-noise ratio above three are detected. As a first example for the application of the information provided by the catalog, the temporal evolution of the amplitude-frequency relationship for the years 2019-2020 is studied by using over 290.000 seismo-volcanic events at Stromboli. The module allows for a straightforward generalization and application to other volcanoes worldwide, as it does not require an extensive seismic network.

Postersession E

PS-E.20

Vergleich von Hunga-Tonga mit Mount Pinatubo

Widmer-Schnidrig R.^{*1,2}, Zürn W.², Forbriger T.^{2,3}

¹Universität Stuttgart, Geodätisches Institut, Stuttgart, Deutschland, ²Black Forest Observatory (BFO), Wolfach, Deutschland, ³KIT, Geophysikalisches Institut, Karlsruhe, Deutschland

Hunga-Tonga (15.1.2022) und Mount Pinatubo (15.6.1991) sind die zwei explosivsten vulkanischen Eruptionen der letzten 40 Jahre. Mount Pinatubo gehört mit seinem Ausbruch zu den plinischen Eruptionen wogegen Hunga-Tonga eine submarine phreatische Eruption war.

Wir vergleichen die im niederfrequenten (1-10mHz) abgestrahlte Energie: Rayleighwellen in der festen Erde, akustische Schwerewellen (Lamb-Wellen) in der Atmosphäre. Beiden Explosionen ist gemeinsam, dass sie nur in schmalen Frequenzbändern Rayleighwellen angeregt haben: Pinatubo bei 3.7 und 4.4 mHz (Widmer&Zürn, GRL, 1992), Hunga-Tonga zusätzlich noch bei 5.3 und 6.0 mHz. Für eine räumliche Punktquelle wie ein Vulkan bedeutet diese schmalbandig abgestrahlte Energie, dass die Quelle selbst mit diesen Frequenzen die Erde angeregt haben muss. Dadurch unterscheiden sich diese vulkanischen Quellen von Erdbeben. Letztere sind räumlich und zeitlich lokalisiert und strahlen deshalb breitbandig Energie ab. Die Rayleighwellen *rms*-Amplitude zwischen 1 und 10 mHz ist in vergleichbarer Entfernung bei Hunga-Tonga mehr als doppelt so groß als bei Pinatubo. Bei Hunga-Tonga sind die Wiederkehrwellen $R_3 - R_8$ deutlich zu erkennen was auf eine kurze Eruptionsdauer schließen lässt ($t < 1h$). Bei Pinatubo wurden Rayleighwellen während ca. 8h abgestrahlt aber keine Wiederkehrwellen waren erkennbar.

Harkrider (JGR, 1964) hat gezeigt, dass die Atmosphäre bei 3.7 mHz im Spektrum der akustischen Schweremoden ihre Grundfrequenz hat. Es handelt sich also bei dieser Frequenz nicht um eine Resonanz des Vulkans oder der darunter liegenden Magmakammer sondern der Ausbruch der Vulkane hat die Eigenmoden der Atmosphäre angeregt und die Schwingungen in der Atmosphäre nahe der Vulkane haben über ihr Druckfeld an der Erd-/Meeresoberfläche Rayleighwellen in der festen Erde angeregt.

Die vom Hunga-Tonga angeregten Druckwellen konnten mit Barometern weltweit nachgewiesen werden, wobei der lang-periodische erste Puls dieser sog. Lamb-Welle eine Signalperiode von ca. 30 Minuten aufweist. Solche Lamb-Wellen konnten zuletzt beim Ausbruch des Mount St Helens (1981) beobachtet werden. Beim Ausbruch des Pinatubo, mit seiner lange andauernden Eruption, wurden keine Lambwellen detektiert.

Die Wellen im Luftdruck wurden am BFO mit Barometern und indirekt auch von Seismometern, Strainmetern und Gravimetern detektiert. Diese lokal eingekoppelten Signale passen zu den hier entwickelten Modellvorstellungen für solche Kopplungsmechanismen (Zürn et al, GJI, 2021).

Postersession E

PS-E.21

Estimating the subsurface thermal conductivity and its uncertainty for shallow geothermal energy use – a methodology based on publicly available data

Heim E.*¹, Laska M.², Becker R.², Klitzsch N.¹

¹*Angewandte Geophysik und Geothermie, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland*, ²*Geodätisches Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssysteme, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland*

Over 50% of the energy consumption in Europe is used for heating and cooling, of which the majority still comes from fossil fuels. For the heating and cooling supply of buildings, heat pumps using borehole heat exchangers (BHE) are an efficient and sustainable alternative. Design and performance of BHE fields strongly depend on the thermal properties of the subsurface. For the dimensioning of BHE fields, subsurface properties are assessed using geothermal potential maps published by federal states or authorities.

Such maps are created based on available geological and hydrogeological subsurface data. From these data, the stratigraphic sequence a BHE would intersect is inferred and thermal properties are assigned to the rock sequence. The mean thermal conductivity of the intersected sequence has a high uncertainty that is not quantified in most geothermal potential estimates. Moreover, geothermal potential maps are often not comparable because the calculation methods differ in terms of complexity and calculated quantity. In Germany, for example, almost each of the federal states published its own geothermal potential map.

For these reasons, we propose an approach to estimate the subsurface thermal conductivity together with its uncertainty. To enable applicability to datasets of different regions, the method takes only publicly available and standardized hydrogeological and geological data as input. Thermal conductivity estimation takes place on

- 1) a large scale, to obtain a general estimate of thermal conductivity, and
- 2) on a fine scale, to update the large-scale estimate in smaller target areas.

For both estimations, we consider uncertainty by assigning not only the mean but also the minimum and maximum thermal conductivities of each rock type to the intersected sequence. Data handling and initiation of calculations is done via a geoportal. It connects the calculation method to geodata servers, instead of storing data locally, thus ensuring data up-to-dateness. This way, the approach does not only estimate the thermal conductivity, but also automatizes the cumbersome step of geological data gathering for all types of subsurface investigations.

We demonstrate the approach using data from the federal state of Hamburg and compare our results to a thermal conductivity map published by the city of Hamburg. The partly considerable differences between the two estimates illustrate the uncertainty of the geothermal potential, and thus the need to communicate it.

Postersession E

PS-E.22

Geothermal Structure of Volgo-Uralia Revealed by Bayesian Inversion

Ognev I.*¹, Ebbing J.², Loesing M.²

¹Kazan Federal University, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan, Russische Föderation, ²Kiel University, Department of Geosciences, Kiel, Deutschland

Volgo-Uralia is the eastmost segment of the East European craton. It accommodates the Volga-Ural petroleum province where the maturity of source rocks is tightly related to the temperature distribution in the crust. Numerous heat flow and temperature measurements have been reported for this region. However, no consistent geothermal model was presented for the Volgo-Uralian crustal block so far. In this study, we present a novel model of the Volgo-Uralian geothermal field by which we aim to reconcile the reported heat flow and temperature data.

For the purpose of recovering thermal parameters distribution, we utilized the Bayesian Monte-Carlo-Markov-Chain approach where we used the measured surface heat flow, surface temperature, and known thicknesses of the Earth's lithospheric and crustal layers as input and investigated the possible lateral variations of crustal and lithospheric mantle thermal conductivities, crustal heat production, and mantle heat flow. We applied this methodology for a single-layer and multi-layer crust and validated the obtained models with existing subsurface temperature measurements for the region.

The results show that the Volgo-Uralian subcraton is characterized by significant lateral variations of crustal radiogenic heat production and mantle heat flow. The variations of crustal and lithospheric mantle thermal conductivities are less pronounced. The validation of the models did not improve by using a multi-layer crustal model over a single-layer one. The final geothermal models satisfy the known temperature and heat flow measurements in the region and can be used as a basis for basin modeling.

Postersession E

PS-E.23

Abschätzung der Schütterwirkung induzierter Beben an einer Geothermieanlage im Großraum München anhand von numerischen Simulationen

Keil S. *, Wassermann J.

Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland

Das Molasse Becken, vor allem im Großraum München, bietet ideale Bedingungen für die Nutzung tiefer Geothermie, weshalb dort zahlreiche Geothermieanlagen errichtet wurden. Das kürzlich fertig gestellte Projekt München-Schäftlarnstraße ist bisher nicht nur die einzige Geothermieanlage im Innern der Großstadt, sondern auch das derzeit größte realisierte Tiefengeothermieprojekt Deutschlands mit insgesamt sechs Tiefbohrungen und trägt somit zur Gestaltung der Wärmewende in München künftig einen erheblichen Anteil mit bei. Jedoch kann es im Zusammenhang mit tiefer Geothermie zu induzierter Seismizität kommen, was sich besonders in dicht besiedelten Gebieten negativ auswirken kann. Im Umfeld fast aller Reinjektionsbohrungen im Großraum München wurden schwache bis moderate seismische Ereignisse ($M_l < 2.5$) detektiert. Aufgrund der geringen Herdtiefe von wenigen Kilometern können bereits solch relativ schwache Ereignisse zu für Anwohnern fühlbaren Erschütterungen führen. Numerische Simulationen können dabei helfen die Schütterwirkung von induzierten Beben im Vorfeld abzuschätzen, sowie einen Einwirkungsbereich festzulegen. Da es am Geothermieprojekt Schäftlarnstraße noch zu keinen detektierten Ereignissen kam, werden in dieser Arbeit 3D Wellenfeldsimulationen zweier induzierter Beben mit Magnitude 1.8 und 2.1 an einer Geothermieanlage östlich von München durchgeführt. Hierbei wird das Programmpaket SALVUS verwendet, welches auf der Spektralelementmethode beruht. Ein Vergleich der resultierenden synthetischen Seismogramme mit gemessenen seismischen Daten zeigt eine gute Übereinstimmung. Des Weiteren wird der Einfluss verschiedener Parameter, wie Herdtiefe, Erdbebenmechanismus und V_{s30} auf die maximale Schütterwirkung untersucht. Die Ergebnisse sollen dabei helfen die numerischen Simulationen zu kalibrieren und so das seismische Risiko bereits abzuschätzen bevor sich induzierte Beben ereignen.

Postersession E

PS-E.24

Seismic Monitoring of the DeepStor high temperature aquifer thermal energy storage: Using low-cost sensors for ambient seismic noise methods and Citizen Science

Käufel J. S.*¹, Schill E.², Kohl T.¹

¹*Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Applied Geosciences (AGW), Karlsruhe, Deutschland,* ²*Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Nuclear Waste Disposal (INE), Karlsruhe, Deutschland*

DeepStor is a geothermal research infrastructure with the goal to investigate High Temperature Aquifer Thermal Energy Storage (HT-ATES) systems at KIT Campus North in the Oberrheingraben. Due to a well characterised subsurface in the area and planned extensive broadband monitoring network, DeepStor provides the ideal testing ground for innovative monitoring methods. We plan to employ low-cost seismometers (such as the Raspberry Shake and the Quakesaver Hidra) for ambient seismic noise methods and Citizen Science projects.

Ambient noise tomography and coda wave interferometry are being used increasingly to image and monitor geothermal reservoirs. Especially in locations with a high anthropogenic noise level, such as the Oberrheingraben, these methods could potentially provide valuable insights in the evolution of the storage aquifer during injection/production cycles. We focus on a large-N approach, with a high number of low-cost seismometers instead of fewer more expensive broadband instruments. Together with the broadband network and established microseismic monitoring methods as a benchmark, we can explore the benefits of a dense network of low-cost sensors.

The Citizen Science project will build on the successful Gecko project, which involved the public in the conceptualization of geothermal energy usage. A major conclusion of the Gecko workshops was the importance of transparent monitoring processes for the acceptance of geothermal energy usage. Consequently, we plan to involve the communities around KIT Campus North in the monitoring of DeepStor by distributing sensors for radon and seismicity. To ensure trust in the monitoring process, we will follow open data practice and investigate options to make the data easily accessible and understandable.

On this poster, we will present the seismic monitoring concept for DeepStor. We show first test measurements to characterise the Raspberry Shake and the Quakesaver Hidra as well as the seismic noise conditions at the location of DeepStor.

PS-F Postersession F

PS-F.01

Neuartige Hardware zur Messung von sehr schnellen aber auch sehr langsamen Änderungen der komplexen elektrischen Impedanz von Gesteinen im Frequenzbereich.

Radic T.*

Radic-Research, F+E, Berlin, Deutschland

Die Methode der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) misst den komplexen elektrischen Widerstand von Gesteinen als Funktion der Frequenz. Hieraus lassen sich Informationen über die Geometrie des Porenraumes und der darin enthaltenen Fluide gewinnen.

Die elektrischen Eigenschaften eines Gesteins ändern sich mit der Zeit, meist als Resultat natürlicher Vorgänge (z.B. Austrocknungen), aber auch aktiv forciert etwa bei Beregnungsexperimenten. Die Zeitskalen auf denen sich diese Änderungen abspielen reichen von Sekunden bis zu Jahren. Die Erfassung von sehr schnellen aber auch von sehr langsamen Änderungen der Impedanz stellt sowohl an die Messtechnik, als auch im Hinblick auf den personellen Aufwand, hohe Anforderungen. Die präzise Erfassung schneller Änderungen könnte z.B. an der zu langen Dauer einer SIP Messung scheitern. Die Beschleunigung von SIP Messung ist also eine der zentralen Anforderung an eine neuartige Messhardware. Sehr langsame Änderungen können prinzipiell durch Wiederholungsmessungen erfasst werden. Die meisten kommerziellen IP-Messgeräte erfordern hierfür die Kontrolle durch ein Notebook und die Anwesenheit eines Operators. Insgesamt also einen hohen logistischen und personellen Aufwand. Die zweite zentrale Anforderung ist die nach einem autonomen Betrieb über einen Zeitraum von bis zu einem Jahr.

Mit einem von uns neu entwickelten Messgerät "SIP-COMPACT-S" haben wir diese zwei Anforderungen technisch umgesetzt und erfolgreich praktisch erprobt. Das Messgerät ist sowohl für Labormessungen als auch für Feldmessungen mit Elektrodenabständen im Dezimetermaßstab ausgelegt. Es verfügt über einen Signalgenerator ($\pm 10V$, ± 20 mA), einen Strom-, sowie 3 Spannungsmesskanäle. Der Frequenzbereich reicht von 0.1 mHz - 40 kHz. Das Messgerät befindet sich in einem kompakten wasserdichten Kunststoffgehäuse und verfügt über eine kumulative Betriebszeit von 20 Stunden. Externe Batterien verlängern die Betriebszeit beliebig.

Zur Erfassung von sehr langsamen Änderungen fällt das Messgerät zwischen den Wiederholungsmessungen in einen extrem stromsparenden Schlafmodus.

Zur Erfassung sehr schneller Änderungen kann von der üblichen monofrequenten, sequentiellen Vermessung des Widerstandsspektrums in einen multifrequenten Modus gewechselt werden. Sämtliche Messfrequenzen werden hierfür zu einem einzigen Messsignal zusammengefasst. Der Messvorgang kann dann auf die Dauer einer Periode der niedrigsten verwendeten Frequenz verkürzt werden.

Postersession F

PS-F.02

Klassifizierung von Zeitreihen mithilfe Neuronaler Netze für die Erdbebenerkennung in Laser-Straindaten des Geodynamischen Observatoriums Moxa

Kasburg V.*¹, Breuer A.², Bücke M.³, Kukowski N.¹

¹*Institut für Geowissenschaften, Allgemeine Geophysik, Jena, Deutschland*, ²*Institut für Informatik, Skalierbare daten- und rechenintensive Analysen, Jena, Deutschland*, ³*Institut für Informatik, Advanced Computing, Jena, Deutschland*

Observatorien auf der ganzen Welt sammeln Daten zu verschiedenen Phänomenen. Viele dieser Messungen werden automatisch mit teils mit hohen Abtastraten durchgeführt, so dass über mehrere Jahre enorme Datenmengen angesammelt werden. Eine kontinuierliche Analyse dieser Datenmenge ist wichtig, um aktuelle Phänomene klassifizieren zu können und zu entscheiden, welche Datenauflösung für verschiedene Zeitabschnitte behalten werden soll.

Im Geodynamischen Observatorium Moxa sind mehrere Laser-Strainmeter installiert. Diese messen in Nord-Süd-, Ost-West- und Nordwest-Südost-Richtung die resultierenden Dehnungsraten mit einer Abtastrate von 0,1 Hz seit Sommer 2011 nahezu kontinuierlich über Entfernungen von 26 bzw. 38 m.

Signale tektonisch bedingter Krustendeformation werden von anderen Signalen mit größerer Amplitude, wie Gezeiten, Änderungen des atmosphärischen Drucks, hydrologischen Ereignissen wie Starkregen und Erdbeben überlagert. Die Klassifizierung dieser Ereignisse ist wichtig, um Sprünge in der zeitlichen Umgebung besser zuzuordnen und Anomalien von Instrumentfehlern unterscheiden zu können. Um eine zeitaufwändige manuelle Mustererkennung zu vermeiden, sind Algorithmen erforderlich, die den größten Teil der Arbeit automatisch erledigen. Dank der jüngsten Fortschritte auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz ist es möglich Algorithmen zu implementieren, die in der Lage sind viele Schritte der Datenanalyse zu vereinheitlichen und zu automatisieren. Obwohl Anwendungen der künstlichen Intelligenz zunehmend zur Unterstützung in der Datenanalyse eingesetzt werden, ist ihre Verwendung für Zeitreihen geophysikalischen Ursprungs außerhalb der Seismologie noch nicht weit verbreitet.

In diesem Beitrag wird ein Ansatz zur automatischen Erkennung von Erdbeben in den Straindaten unter Verwendung von 1D Convolutional Neural Networks, einschließlich der Erzeugung von künstlichen Trainingsdaten, sowie der Erweiterung von echten Trainingsdaten vorgestellt. Der Trainingsprozess und die Generierung neuer Trainingsdaten auf der Grundlage einer manuellen Klassifizierung und eines Fehlerabgleichs mit Klassifizierungen des trainierten Modells werden beschrieben. Die 1D Convolutional Neural Networks sind in der Lage fast alle Erdbeben in den Straindaten zu identifizieren und haben F_1 -Werte $> 0,99$ und tragen dazu bei den Zeitaufwand für die Signalklassifikation von Sensordaten des Observatoriums erheblich zu reduzieren.

Postersession F

PS-F.03

Terracing and cluster analysis – new insights in potential field data prior to modelling

Strehlau R. *, Götze H.-J., Ebbing J., Holzrichter N.

Institut für Geowissenschaften / Christian-Albrechts-Universität, AG Satelliten- und Aerogeophysik, Kiel, Deutschland

Reliable geological maps are require intensive and expensive field work. Comparison of geophysical data with geological outcrops aid the interpretation, but are often only qualitatively possible. This study explores an automated procedure to improve combination of such information. We apply the terracing method and a cluster analysis of potential field (gravity and magnetic field) and compare the products of the analysis with petrophysical data.

Two different tectonic regions were selected: (1) The Karasjok region in Northern Norway, where the Karasjok Greenstone Belt (KGB) dominates the geological settings, consisting of abundant ultramafic intrusions, komatiites, gabbroic intrusions, amphibolites and migmatites. (2) The Ligurian-Provencal basin, part of the Western Mediterranean Sea, which is located between the French-Italian coastline and the island of Corsica. Geologically the area is dominated by the Western Mediterranean spreading zone..

In the Karasjok area, a high-resolution Airborne Gravity Gradient and aeromagnetic survey of an area of 20 km x 30 km with a resolution of 50 m are available. The dataset of the Ligurian basin cover a much larger area, however, with a lower resolution of 5 km.

By aid of the terracing algorithm, the boundaries of the anomalies are sharpened and regions with constant field amplitude are generated. For this purpose, a shape index-based algorithm was applied, which uses the shape index calculated at each field point to define a threshold for the terraces.

The resulting data sets are then grouped using a cluster analysis method. Here, the k-mean algorithm for domain classification is used to divide the geophysical measurement data into groups (cluster) of similar properties. The number of clusters k is specified and the data points are assigned to the respective clusters through an iterative process.

Using the data of the datasets mentioned above the results of this applications are successfully compared with the previously existing geological maps of the two areas.

Postersession F

PS-F.04

Deep Earth Rotational Seismology

Abreu R.*¹, Durand S.², Rost S.³, Thomas C.⁴

¹University of Muenster, Geophysics, Münster, Deutschland, ²University of Lyon, Lyon, Frankreich, ³University of Leeds, School of Earth and Environment, Leeds, Vereinigtes Königreich, ⁴University of Münster, Münster, Deutschland

Rotational seismology opens a new avenue to study the deep interior of the Earth. Using data from the Wettzell Observatorium, Germany, where a ring laser gyroscope and a translational seismometer are collocated, we report the presence of clear ScS and SdS signals on both rotational and translational seismograms. We then propose a new methodology that uses these signals to extract information on velocity changes in the lower mantle directly. Indeed, combining rotational and translational signals is very powerful and can directly provide (lower bound) velocity estimates without the need of inversion techniques. We validate the methodology using 2.5D sensitivity kernels and synthetic tests. The estimated velocity perturbations are consistent with recent tomographic models. This study is thus a proof of concept that shows that future global tomographic inversions can be improved by combining translational and rotational records.

Postersession F

PS-F.05

Using InSAR Velocity Measurements at Transmission Towers to Calibrate Ground Motion Data

Hoogestraat D.*¹, Sudhaus H.¹, Omlin A.²

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

The use of ground motion data derived from space-borne Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) images is a well-established method of monitoring and examining anthropogenically driven or natural processes related to ground motion such as mining-induced subsidence, faulting, salt tectonics, or landslides.

In a tectonically mostly inactive region with small topographic relief as Schleswig-Holstein and Hamburg ground motion usually is a process of small magnitudes often within the bounds of data accuracy. It is therefore important to carefully distinguish noise from signal to detect and monitor ground motion.

We use backscattering from transmission towers with deep foundations to define a zero level for regions where near-surface processes are often hydrologically driven, to distinguish between long-lasting ground motion and those motions that are caused by altering groundwater levels. Furthermore, we use backscatter from transmission lines crossing fault zones to investigate ways of using ground motion data to examine possible activity at such faults.

We undertake our investigations in cooperation with the Geological Survey of Schleswig-Holstein and based on data provided by the German Ground Motion Service. This allows us to combine InSAR time series data with a rich set of up-to-date ground-borne geophysical data while delivering use cases for Ground Motion Service Data.

Postersession F

PS-F.06

Geoelektrisches Langzeitmonitoring auf vertikalen Elektrodenstrecken mit dem Messsystem SAMOS

Grinat M.*, Ronczka M., Günther T., Epping D., Kipke V., Müller-Petke M.

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) führt an vier Stationen im niedersächsischen Küstenbereich geoelektrische Langzeitmessungen mit vertikalen Elektrodenstrecken durch: Waterdelle und Ostland (Borkum), Abickhufe (nahe Jever) und Spiekeroog. Ziel ist die Erfassung von Veränderungen im Übergangsbereich von Süßwasser zu Salzwasser. Das Messsystem SAMOS dient dabei auch als Frühwarnsystem vor möglichen Salzwasseraufstiegen im Bereich von Trinkwasserbrunnen.

Geoelektrische Langzeitmessungen finden zusätzlich bei Münsterdorf statt. Dort werden die beiden Elektrodenstrecken der TU Berlin genutzt, um Änderungen im Zusammenhang mit der Bildung von Erdfällen zu erfassen.

Während die Messungen in den beiden Wassergewinnungsgebieten auf Borkum seit September 2009 in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Borkum erfolgen, werden sie bei Abickhufe seit Dezember 2018 und auf Spiekeroog seit März 2020 in Kooperation mit dem Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverband (OOWV) betrieben. Die vertikalen Elektrodenstrecken decken auf Borkum den Tiefenbereich 44 m bis 65 m unter Gelände ab, in Abickhufe 35 m bis 55 m und auf Spiekeroog 29 m bis 53 m unter Gelände (mit jeweils ca. 80 Elektroden). Die Abstände zwischen benachbarten Elektroden betragen 0,25 m bzw. 0,30 m. In Münsterdorf reichen die Elektrodenstrecken dagegen von der Erdoberfläche bis maximal 23 m unter Gelände; der Elektrodenabstand beträgt 1 m.

Die Messungen erfolgen mit dem 4-point light 10W. Die Datenübertragung, die bisher automatisch auf einen Server im LIAG erfolgt, ist bei Abickhufe schon auf eine Cloud-Lösung umgestellt worden.

Das Messsystem ermöglicht die Erkennung von Änderungen im spezifischen Widerstand von weniger als $1 \Omega\text{m}$. Die zeitlichen Variationen im spezifischen Widerstand sind im allgemeinen gering. Größere Änderungen (z.B. in einigen Tiefen bei Borkum-Ostland) werden auf geänderte Förderraten in benachbarten Brunnen sowie Veränderungen in der Grundwasserneubildungsrate zurückgeführt. Die geringen Variationen machen auch Unterschiede zwischen verschiedenen Messapparaturen sichtbar. Temperatureffekte sind in größeren Tiefen wie erwartet gering (bei Abickhufe maximale Änderungen von $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$).

Die Messungen direkt im Anschluss an die Installation sind bei kleinen Elektrodenabständen durch den Bohrprozess gestört und zeigen einen allmählichen Wiederangleich an die natürlichen Umgebungsbedingungen. Ergebnisse für größere Abstände können dagegen direkt verwendet werden.

Postersession F

PS-F.07

Towards a normal-mode-band low-noise model after mitigation of atmospheric disturbances

Forbriger T.*, Lepage T., Zürn W., Rietbrock A.

Geophysical Institute, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Black Forest Observatory (BFO), Wolfach, Deutschland

The Peterson Low Noise Model (PLNM, Peterson, 1993) frequently is used as a reference in seismology and occasionally is understood to define the lower threshold of signal detection. In the normal-mode band (approx. 0.3 mHz to 10 mHz) the causes of this apparent barrier for small-signal detection seem to be mass fluctuations in the atmosphere as well as instrumental self-noise. At frequencies above 2 mHz it represents the level of the background free oscillations (hum).

In previous studies models of the coupling mechanism of atmospheric mass into recorded acceleration have successfully be used to mitigate the atmospherically induced noise. The self-noise of the STS-1 vertical component at BFO is below the PLNM throughout the normal-mode band. In fact, the background level of the signal recorded by the STS-1 can be lowered below the PLNM by a mitigation procedure.

We use recordings from January 1st 2013 to August 31st 2021 (8.5 years) to systematically investigate in how far the signal detection level can be lowered below the PLNM. In a moving window analysis we investigate windows of 1 d as well as 7 d length. The first is typical for the estimation of low-noise envelopes, the second represents the spectral analysis of normal modes. The improved Bouguer plate model (IBPM, parameterized by DC admittance α_{DC} and notch frequency f_n) is applied in each time window. We compare the performance of a-priori chosen parameters with that of parameters optimized for each window. In more than 90 per cent of the time windows the signal level could be lowered when using a-priori set IBPM parameters ($\alpha_{DC} = -3.5 \text{ nm s}^{-2} \text{ hPa}^{-1}$, $f_n = 2.25 \text{ mHz}$). In 50 per cent of the time windows the background level at the frequency of ${}_0S_2$ could be reduced by at least 6 dB. With a-priori set IBPM parameters the level of the 1st percentile is lowered by 16 dB if windows are 1 d long and by 13 dB if windows are 7 d long. Overall, there is little additional benefit from optimizing the parameters per time window. The optimized parameters show a slight annual variation. The 5th percentile low-noise model for BFO would be lowered by about 8 dB at the frequency of ${}_0S_2$ by the mitigation procedure.

We conclude that there is significant potential to reduce the signal detection threshold below the level of the PLNM. This, however, can only be fully exploited with instruments for which self-noise is sufficiently low.

Postersession F

PS-F.08

Accuracy and spatial sampling of finite-difference modelling in discontinuous models

Tschache S.*^{1,2}, Vinje V.¹, Iversen E.²

¹CGG Services (Norway) AS, Oslo, Norwegen, ²Department of Earth Science, University of Bergen, Bergen, Norwegen

Finite-difference (FD) modelling estimates the wavefield in the subsurface by solving the elastic or acoustic wave equation numerically in a discrete version of the subsurface where the derivatives in the wave equation are approximated by their finite-difference counterparts. FD modelling is the engine of reverse time migration and full-waveform inversion, two important and widely used imaging techniques. Because the FD technique finds wide application in the seismic industry and research, a thorough understanding of its accuracy is important. In particular, the optimal representation of discontinuities in a regular grid and its spatial sampling were the focus of this study. We investigated the accuracy of acoustic finite-difference modelling as a function of the spatial sampling rate, the frequency, the source-receiver offset and the model properties. To represent discontinuities in a regular grid, we applied a tapered low-pass wavenumber filter to densely sampled compliance (inverse of bulk modulus) and density models using the Nyquist wavenumber of the desired grid as cut-off wavenumber. In this study, we used a 2D acoustic central-grid pseudospectral scheme and compared it to analytical solutions of the wave equation and the reflectivity method. The latter enabled us to include multi-layer models in the investigation.

We found that previous recommendations for the spatial sampling of four grid points per shortest wavelength in staggered-grid schemes also apply to central-grid schemes. In the case of a single thin layer, the accuracy of FD modelling is dependent on the impedance contrast, the layer thickness and the horizontal distance between source and receiver. For accurate wide-angle reflection amplitudes of a thin layer with a strong impedance contrast, a grid sampling interval of half the layer thickness is recommended. Furthermore, we demonstrate that the wavenumber filtering approach is better suited for the downsampling (upscaling) of regularly sampled compliance and density data derived from well logs than Backus averaging.

Postersession F

PS-F.09

Acoustic travelttime tomography of a cryobot's ambient ice at Langenferner Glacier, Italy

Chen Q. *, Boxberg M. S., Kowalski J.

RWTH Aachen, Methoden der modellbasierten Entwicklung in den computergestützten Ingenieurwissenschaften, Aachen, Deutschland

Melting probes are a considered technology to access subglacial water on icy moons like Europa or Enceladus. To localize and navigate such melting probes, acoustic data could be used. This work applies the acoustic travelttime tomography method to acoustic data measured at the Langenferner Glacier, which aims to image P-wave velocities near the trajectory of a melting probe, and thus to investigate the physical properties of glacial ice. The Inversion of the observed data is performed via pyGIMLi (Geophysical Inversion and Modelling Library). An analysis of the resolution and reliability of the obtained inversion models was subsequently carried out by using checkerboard tests and the volume of investigation (VOI) index. The results show that the accuracy of the inversion strongly depends on the ray coverage of the model. The velocity distribution among the study area is relatively homogeneous, and an average velocity of 3422.45 m/s was obtained after evaluating the inversion performance and selecting the most reliable model. Porosities of the study area were then analyzed using Voigt and Reuss bounds, and the results showed that the average porosity of the ice ranged from 1 to 17 %. A small amount of relatively high and low or unreasonable porosity values is most likely due to inaccurate position measurements.

Postersession F

PS-F.10

Gravity kernel method for implicit geological modeling

Liang Z.^{*1}, De La Varga M.², Wellmann F.¹

¹*RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland*, ²*terrانigma solutions, Aachen, Deutschland*

Gravity is one of the most widely used geophysical data types in subsurface exploration. In the recent developments of stochastic geological modeling, gravity data serves as an additional constraint to the modeling construction and can be included in the modeling process as the likelihood function in a Bayesian workflow. A fast but also precise forward gravity simulation is key to the success of the geological modeling inverse problem.

In this study, we present a gravity kernel method, which is based on the widely adopted analytical solution on a discretized grid. As opposed to a globally refined regular mesh, we construct local tensor grids for each sensor, respecting the gravimeter locations and the local sensitivities. The kernel method is efficient in terms of both computing and memory use for meshless implicit geological modeling approaches. This design makes the method well suited for many-query applications like Bayesian machine learning using gradient information calculated from Automatic Differentiation (AD). Optimal grid design without knowing the underlying geometry is not straightforward before evaluating the model. Therefore, we further provide a novel perspective on a refinement strategy for the kernel method based on the sensitivity of the cell to the corresponding receiver. Synthetic results are presented and show superior performance compared to the traditional spatial convolution method.

Postersession F

PS-F.11

Using Joint Inversion with a Mutual Information Constraint to Infer the Crustal Structure in Wilkes Land, Antarctica

Lösing M.*¹, Ebbing J.¹, Moorkamp M.²

¹*Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland,* ²*Ludwig-Maximilians-Universität, München, Deutschland*

Antarctic geothermal heat flow (GHF) has often been derived indirectly from geophysical data with assumptions about a simplified and undifferentiated lithosphere, which resulted in weakly constrained and inconsistent models. From other continents, we know that thermal parameters and heat flow can exhibit large spatial variations depending on geology and tectonic history.

Combining gravity and magnetic data in a joint inversion approach yields information on the crustal structure of East Antarctica and possible geological features become more evident. Both datasets are combined through a coupling method which increases the mutual information to get similar and statistically compatible inversion results. Therefore, we minimize data misfit and model similarity under the coupling constraint. The results show matching features of high magnitude density and susceptibility anomalies. Prominent structures are visible in NW – SE direction along the edge of the Mawson craton and at the presumed Australo-Antarctic and Indo-Antarctic terrane boundary.

With the structural similarity and resulting parameter relationship between inverted susceptibility and density, we aim to define a spatially variable heat production map, which in turn would lead to improved heat flow estimates. For this, we rely on existing petrophysical and geochemical databases to correlate and confine thermal parameters with our results.

Postersession F

PS-F.12

Probabilistic Geomodeling and the Link to Geophysical Inversion

Wellmann F.*¹, Liang Z.¹, de la Varga M.², Chudalla N.¹, von Harten J.¹, Degen D.¹

¹*RWTH Aachen, Computational Geoscience and Reservoir Engineering, Aachen, Deutschland*, ²*Terranigma Solutions GmbH, Aachen, Deutschland*

Geological models, as 3-D representations of subsurface structures, can be combined with geophysical inversions to obtain geometric representations of geological objects with similar property distributions. These models are built on prior assumptions and imperfect information, and they often result from an integration of geological and geophysical data types with varying quality. These aspects result in uncertainties about the predicted subsurface structures and property distributions, which will affect the subsequent decision process.

We discuss approaches to evaluate uncertainties in geological models and to integrate geological and geophysical potential-field information in combined workflows. A first step is the consideration of uncertainties in prior model parameters on the basis of uncertainty propagation (forward uncertainty quantification). When applied to structural geological models with discrete classes, these methods result in a class probability for each point in space, often represented in tessellated grid cells.

A logical extension is the integration of geological forward operators into geophysical inverse frameworks, to enable a full flow of inference for a wider range of relevant parameters. We investigate here specifically the use of probabilistic machine learning tools in combination with geological and geophysical gravity and magnetic modeling. Challenges exist due to the hierarchical nature of the probabilistic models, but modern sampling strategies allow for efficient sampling in these complex settings. We showcase the application with examples combining geological modeling and geophysical potential field measurements in an integrated model for improved decision making.

Postersession F

PS-F.13

Signal processing inspired by music information retrieval algorithms and applications in volcano and ocean bottom seismology

Zali Z.*¹, Rein T.¹, Ohrnberger M.¹, Scherbaum F.¹, Krüger F.¹, Cotton F.^{1,2}, Eibl E. P. S.¹

¹University of Potsdam, Potsdam, Deutschland, ²GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland

A seismic waveform is the record of Earth vibrations, which, in terms of signal properties and generation mechanism, can be seen to be similar to sound signals generated by musical instruments. Considering the similarities of seismic and acoustic signals, we take advantage of the expertise developed in the field of music information retrieval and audio signal processing. Exploiting the idea of harmonic–percussive separation (HPS) in musical signal processing, we have developed two seismological data processing schemes in the field of volcano seismology and ocean bottom seismology.

In musical signal processing the goal of harmonic–percussive source separation is to decompose an input signal into the sum of two signals, one consisting of all harmonic components and the other of all percussive components. In seismology, the same algorithms can be used to separate long-lasting narrowband signals from broadband transients in a seismic waveform. Through HPS algorithms we try to separate horizontal structures from vertical structures in the short time Fourier transform (STFT) spectrograms.

In the field of volcano seismology, harmonic volcanic tremor signals with distinct spectral lines are readily distinguishable from transient, short-duration seismic events in the time–frequency domain. Using HPS algorithms we are able to extract the harmonic volcanic tremor signals and this cleansed tremor signal may allow revealing more details regarding its relationship to volcanic eruptions. The detremored time series on the other hand can be used to detect transient events (e.g., earthquakes) from seismic recordings.

In the field of ocean bottom seismology, we exploit HPS algorithms in order to reduce noises from both horizontal and vertical components of ocean bottom seismometers (OBS) data. OBS data contain significant noises and OBS noise reduction, which is of great interest in this field, is considered as a pre-processing for most of the analysis. In the context of OBS noise reduction using HPS algorithms, OBS noise with narrowband horizontal structures in the STFT spectrogram (quasi-harmonic noise) corresponds here to an unwanted signal. Earthquake signals with transient-like characteristics and vertical exhibition in the STFT spectrogram are then identified as percussive components and are considered as the signal of interest. Using HPS algorithms we can reduce OBS noises, retrieve clearer broadband earthquake waveforms and increase the earthquake signal to noise ratio.

Postersession F

PS-F.14

Scientific Machine Learning and High-Performance Computing – Benefits for Geothermal Applications

Degen D.*¹, Cacace M.², Wellmann F.¹

¹RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland, ²GFZ German Research Center for Geosciences, Potsdam, Deutschland

For geothermal applications, we aim to obtain an improved understanding of the physical processes in the subsurface, to predict the geothermal potential reliably. Unfortunately, predicting the physical processes reliably is a non-trivial task because of high uncertainties related to these processes (e.g., arising from the rock properties or the structures), requiring many forward evaluations and thus yielding computationally demanding problems. This computationally extremely demanding problem is not solvable even with state-of-the-art high-performance software packages. To address this curse of dimensionality, we employ a methodology, namely the non-intrusive RB method, combining advanced mathematical algorithms and machine learning methods. This method aims to significantly reduce the dimensionality of the problem while maintaining the physical principles. In contrast to other machine learning methods, the method produces interpretable and scalable models, which are crucial to obtain reliable and robust predictions.

Although we can greatly reduce the computational cost of extensive parameter studies such as global sensitivity analyses and uncertainty quantification, the problem remains computationally expansive. The main cost is related to the generation of the training data for the construction of the surrogate model, thus requiring high-performance infrastructures.

Hence in this work, we show on the one hand of scientific machine learning enables the construction of reliable surrogate models, allowing for global sensitivity analyses and uncertainty quantification, which are both essential for improving our model understanding. On the other hand, we show how the usage of high-performance codes and infrastructures makes the construction of the surrogate models feasible. Furthermore, we demonstrate how the methodology allows the usage of different hardware infrastructures (CPU and GPU) to take advantage of the increasingly heterogeneous hardware structures.

Postersession F

PS-F.15

Uncertainty Quantification Using Bayesian Inversion Applied to the DC Resistivity Problem

Backes K.¹, Börner R.-U.*¹, Sprungk B.², Scheunert M.¹, Spitzer K.¹, Ernst O.³

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland, ²TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Mathematik und Informatik, Arbeitsgruppe Unsicherheitsquantifizierung, Freiberg, Deutschland, ³TU Chemnitz, Fakultät für Mathematik, Chemnitz, Deutschland

The Bayesian inversion as a stochastic inversion method overcomes the limitations set by classic inversion algorithms, e.g. the Gauss-Newton method. The deterministic inversion procedures don't do justice to the equivalence principle and the ambiguity of geophysical measurements by only computing one model outcome. We aspire to improve the inversion process by quantifying the uncertainties and revealing various results, which all describe the measurements equally. The Bayesian inversion algorithm was implemented for 1D and 2D problems, where it uses synthetic data to verify the results. It applies the Markov Chain Monte Carlo method, implemented by the Metropolis-Hastings Algorithm. A Maximum a posteriori (MAP) estimation for the 1D problem and a mean calculation for both problems determine the results of the inversion. The results are represented by a probability distribution which is characterized by mean and standard deviation.

In the 1D problem, a five layered model needs to be examined, but the model contains two layers, that are not represented in the data measurements. The Bayesian inversion reconstructs the true resistivity values for the layers represented in the measurement with great certainty because the standard deviation is considerable low. The value of the remaining layers are broadly distributed which shows that the information contained in the data measurements are not explicit. In the 2D problem, there is a cylindrical anomaly placed in a homogeneous half space. The inversion process includes two resistivity parameters and three geometrical parameters to describe the position of the anomaly. Due to the ambiguity of the input data, the Bayesian Inversion reconstructs a model that satisfies the measurement data but doesn't precisely match the synthetic model.

The 2D algorithm can further be improved by adding the MAP estimation to increase the amount of possible models. The next step is to introduce a new model class: a more complex system represented by a checkerboard pattern from which individual resistivity models can be pieced together. The ultimate goal is to apply the Bayesian inversion method on a field data set to examine the algorithm under real conditions.

Postersession F

PS-F.16

Earthquake scenarios for the Hellenic Arc from 3D dynamic rupture modeling

Wirp S. A.* , Ulrich T., Gabriel A.-A.

LMU (Ludwig-Maximilians-Universität), München, Deutschland

The Hellenic Arc is an active seismogenic zone in the Mediterranean Sea that hosted at least two historical $M \geq 8$ earthquakes, which both caused destructive tsunamis. The low-angle geometry of its subduction interface could promote shallow slip amplification, enhancing seafloor displacement.

Long-term seismic-probabilistic tsunami hazard assessment (S-PTHA, e.g., Scala et al., 2020) and early warning systems typically rely on kinematic models and Okada's analytical solution to compute static seafloor displacements. The static displacement is then used to source tsunami models. However, the complex interaction of earthquake dynamics and tsunami-genesis may not be fully captured.

Here, we present a range of 3D multi-physics, high-resolution dynamic rupture subduction earthquake scenarios accounting for the complex slab geometry of the Hellenic Arc. We vary hypocenter locations, which leads to a wide range of rupture speeds, extent of shallow fault slip, and moment magnitudes.

Our dynamic rupture models include highly resolved bathymetry and topography data and detailed knowledge of the tectonic structure of the Hellenic Arc (seismic velocity structure, stresses, and strengths). We use the slab geometry from the European Database of Seismogenic Faults (EDSF, Basili et al., 2013) to create a 3D dynamic rupture scenario that covers great parts of the Mediterranean Sea. The initial conditions in our models are constrained on the subduction zone scale (Ulrich et al., 2021) and specified for the Hellenic Arc region.

Only part of the Hellenic Arc is fully seismically coupled (e.g., Laigle et al., 2004) and most of the convergence is assumed to occur as aseismic creep. We follow Ramos et al. (2021) and apply different friction parameters accounting for high or low coupling of the plate interface.

Our modeling suggests that margin-wide rupture would yield an M_w 8 earthquake. In additional models with partially consolidated and totally unconsolidated sediments (Ulrich et al., 2021) we show that off-fault plastic yielding, which limits shallow fault slip, may drastically increase the seafloor uplift.

We envision that mechanically consistent dynamic rupture models can provide building blocks toward combined, self-consistent, and physics-based Seismic and Tsunami Hazard Analysis.

Postersession F

PS-F.17

Convolutional Neural Networks applied to 2D and 3D DC Resistivity Inversion

Weit S.*¹, Börner R.-U.¹, Brändel M.², Gödickmeier P.¹, Gootjes R.², Kost S.², Rheinbach O.², Scheunert M.¹, Spitzer K.¹

¹*Institut für Geophysik und Geoinformatik/TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland*, ²*Institut für Numerische Mathematik und Optimierung/TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland*

Geophysical Inversion is often very time consuming and requires previous knowledge on the geological environment of the survey area. Inverting DC resistivity data to obtain an underground model bears resemblance to the problem of image segmentation. Image segmentation is very established in machine learning, with a variety of proposed solutions and application in a variety of fields. Approximation of an inverse operator for DC measurements utilizing a convolutional neural network with an encoder/decoder architecture is proposed here. Established architecture for image segmentation is adapted to perform image regression, where each cell in the network output contains a predicted resistivity value. For this, synthetic data of an underground model with 2-5 conductive spherical anomalies in an otherwise homogenous resistive background were generated using finite element simulations. Specific anomaly resistivity values, locations and sizes were randomly chosen. As a data basis, measurements were simulated along 17 profiles with 17 electrodes each. The synthetic data were arranged into pseudo sections and mapped to a regular grid as input into the neural network. Training of the network was performed using 6000 synthetic measurements and 1500 extra measurements for validation. Considered were data with and without added noise. Both 2D and 3D inversion was performed, with 1500 data sets being used for evaluation of the results. Results show a fairly accurate match of anomaly resistivity and location for larger anomalies. Multiple smaller anomalies are often not recognized by the network as separate entities. The background is often largely overestimated by the network. Due to the way training was conducted, the high accuracy of the predictions is very limited to a few number of cases currently. More conductive anomalies, homogenous backgrounds or different background resistivities show the limitations of the approach in its present form. Despite its limitations, the speed of the prediction and the lack of required a-priori information are advantages. Possible applications of neural networks in DC resistivity inversion lie at least in the generation of starting models for other, more traditional inversion techniques.

Postersession F

PS-F.18

Electromagnetic Simulation and Inversion of Magnetic Field Data from Planetary and Asteroid Analogs on the International Space Station (ISS)

Keßler S. S.*¹, Schmitt L.*¹, Börner J. H.¹, Garbade S.², Konigorski D.², Schmid V.³, Schneider C.¹, Sohl F.⁴, Spitzer K.¹

¹*TU Bergakademie Freiberg, Institute of Geophysics and Geoinformatics, Freiberg, Deutschland*, ²*Airbus Defense and Space GmbH, Bremen, Deutschland*, ³*German Space Agency at DLR, Bonn, Deutschland*, ⁴*German Aerospace Center (DLR), Institute of Planetary Research, Berlin, Deutschland*

The MagVector/MFX-2 experiment was conducted in 2018 as part of Alexander Gerst's horizons mission on the International Space Station (ISS). It was planned and directed by the German Aerospace Center DLR and Airbus Defense and Space. Its main objective was to learn about the interaction of celestial bodies with magnetic fields as they travel through space. For this reason, 13 different material and planetary rock samples orbited the Earth in a laboratory experimental setup onboard the ISS. The magnetic environment around the samples was continuously monitored by 33 sensors measuring the magnetic flux density in three components. The collected data material has been investigated using simulation and inversion software developed at the TU Freiberg. Here, we are going to report about the results of these virtual experiments that aim at reconstructing and understanding the observed magnetostatic and inductive responses generated by the samples. The known magnetic susceptibility of the samples was successfully recovered by a newly developed magnetostatic inversion algorithm after preprocessing the data to remove unphysical signal components. Furthermore, we have carried out a series of induction experiments using our Nedelec finite element unstructured tetrahedral mesh time-domain forward modeling code. Both codes allow for a highly accurate incorporation of the experimental geometry and the shape of the samples. The induction experiments showed that a significant inductive effect of the samples at the nearest sensor location cannot be expected below 1 to 10 kHz. Based on these findings, the method can be scaled up for the investigation of larger objects.

PS-G Postersession G

PS-G.01

Encoding / Decoding – basic concepts for Communication and Geoethics

Schneider S.*

LMU München, Department of Earth and Environmental Sciences, München, Deutschland

More than 50 years ago, the model of encoding-decoding was introduced into the social science theory of communication by Stuart Hall. In recent years, this principle is experiencing a new wave of attention in parallel with the professionalization of science communication. In the course of the growing awareness of the social responsibility of the sciences – especially the geosciences – the mechanisms of the transfer of knowledge into different sub-systems of society have also become the focus of research.

One such mechanism is described by the encoding-decoding concept. In combination with Neuliep's Contextual Model of Communication, new chances arise to develop the transfer of knowledge not only unidirectionally, but in the sense of dialogue, co-design and transdisciplinarity.

Using geoethics as an example, we would like to stimulate a discourse on the added value of a growing awareness of the mechanisms of transfer to future geospatial research. To this end, we will present encoding-decoding, the Contextual Model of Communication, and basic principles of geoethics to the geoscience community. We will also focus on the ideas around the de-colonization of science that should enter the scientific self-image.

Postersession G

PS-G.02

Vorbereitung der Erkundungstätigkeiten bei der Standortsuche für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland

Bairlein K.*, Perner M., Kalka S., Meier F., Schamp J.

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Peine, Deutschland

In Deutschland ist die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) gemäß Standortauswahlgesetz (StandAG) Vorhabenträgerin bei der Suche nach einem Standort, der für mindestens eine Million Jahre die bestmögliche Sicherheit für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle bieten soll. Das Standortauswahlverfahren ist ein partizipativer, transparenter, wissenschaftsbasierter, lernender und sich selbst hinterfragender Prozess. Er besteht aus drei Phasen, in denen die in §§ 22 bis 24 StandAG definierten Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien iterativ und mit zunehmendem Detaillierungsgrad angewendet werden. Den ersten Schritt der Phase I des Standortauswahlverfahrens hat die BGE im September 2020 mit der Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete abgeschlossen. Insgesamt wurden 90 Teilgebiete mit günstigen geologischen Voraussetzungen in den drei durch das StandAG vorgegebenen Wirtsgesteinen Steinsalz, Tongestein und kristallines Wirtsgestein ermittelt. Aus den Teilgebieten werden derzeit im zweiten Schritt der Phase I unter erneuter Anwendung aller Kriterien und Anforderungen, der Anwendung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (§ 27 StandAG) sowie der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 25 StandAG) Standortregionen ermittelt.

Die Erkundung der Standortregionen (und später Standorte) erfolgt in den Phasen II und III des Standortauswahlverfahrens. Dabei werden Daten erhoben, die für die weitere, detailliertere Beschreibung benötigt werden und eine verbesserte Bewertung der geologischen Gesamtsituation in den Standortregionen bzw. Standorten zulassen. Die Erkundungstätigkeiten in Phase II werden oberflächengeophysikalische Messungen, wie z. B. seismische 2D- und 3D-Messungen und elektromagnetische Verfahren, hydrogeologische Untersuchungen und Tiefbohrungen inklusive geophysikalischer Bohrlochmessverfahren umfassen.

Derzeit werden einerseits die Erkundungsziele basierend auf den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen und den genannten Kriterien und Anforderungen bestimmt. Andererseits werden bereits existierende geophysikalische und weitere geowissenschaftliche Daten zusammengetragen, analysiert und gegebenenfalls neu ausgewertet. Anhand der Erkundungsziele und vorhandenen Daten werden mittels einer Defizit-Analyse Erkundungsbedarfe ermittelt, die die Grundlage für die übertägigen Erkundungsprogramme für die einzelnen Standortregionen darstellen.

Postersession G

PS-G.03

Mentoring 365 Program

Hannemann K. *, DGG Committee „Equal opportunities - Chancengleichheit“

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland

Since spring 2021, the German Geophysical Society (Deutsche Geophysikalische Gesellschaft, DGG) is a member of the *Mentoring 365* program, which is a virtual mentoring platform for geoscientists organized by the American Geophysical Union (AGU). This platform has more than 1100 active members from more than 70 countries. The program is free of charge and all members of the DGG are welcome to participate as mentees, mentors or both. During the registration a short questionnaire has to be filled including a section where future mentees give their areas of learning and future mentors their area of expertise. Based on the criteria given there, mentees will get a list with potential mentors including a score which indicates how well their area of learning matches with the area of expertise of the mentors. The platform offers the opportunity to get in touch with mentors worldwide and to initialize a mentorship which can either be just for one dedicated meeting or over a 3 months period including several meetings. The platform allows to have two mentoring connections at one time and offers tools to organize and manage the ongoing mentorship. Currently, 14 DGG members are participating in Mentoring 365 and have nine mentorships of which five are still ongoing. Most of the DGG members already participating in Mentoring 365 think that the program offers several opportunities to facilitate the first contact between mentors and mentees and can also act as a starting point for a longterm mentorship extending beyond the three month term. Furthermore, the DGG Committee "Equal opportunities" organized two lunch table talks via Zoom to inform interested DGG members about participating in the program and to provide an informal discussion round for mentoring.

We will give a short overview on the program and its opportunities, share experiences of DGG members already participating, and will answer all questions regarding participation and the program. Furthermore, we encourage all DGG members to actively participate in the Mentoring 365 program (<https://mentoring365.chronus.com>). For further information, Katrin Hannemann (Mentoring 365 representative of the DGG) is also available via mail (mentoring365@dgg-online.de).

Postersession G

PS-G.04

Wissenschaftler des Münchner Geomagnetischen Observatoriums: Friedrich Bidlingmaier (1875-1914)

Soffel H. *, Soffel H. *

Universität München, Geophysik, München, Deutschland

Friedrich Bidlingmaier wurde am 5. Oktober 1875 in Lauffen am Neckar geboren. Der Vater war Schulmeister, später Oberlehrer und Rektor der dortigen Volksschule. Nach dem Besuch der Evangelisch-Theologischen Seminare Maulbronn und Blaubeuren studierte Bidlingmaier Mathematik und Physik an der Universität Tübingen. 1900 folgte seine Promotion an der Universität Göttingen über ein Thema auf dem Gebiet der Festkörperphysik. Schon zuvor war er Assistent am Physikalischen Institut der Technischen Hochschule Dresden. Ab 1900 bildete er sich am Potsdamer Observatorium für erdmagnetische, meteorologische und geodätische Messungen weiter. Diese zusätzliche Ausbildung diente zur Vorbereitung für seine Teilnahme an der Südpolarexpedition von Erich von Drygalski von 1901 bis 1903 mit dem Forschungsschiff „Gauss“. Bei den Messungen des Magnetfeldes auf dem hölzernen Schiff entwickelte er Ideen zum Bau eines Messinstruments für Magnetfeldmessungen auf einer instabilen Plattform. Das führte zum Bidlingmaier- Doppelkompass. 1907 habilitierte er sich in Berlin und 1912 wurde er Leiter des Geomagnetischen Observatoriums in München. Erdmagnetismus sollte bis zu seinem Tod am 23. September 1914 an der Westfront in der Nähe von Verdun der Schwerpunkt seiner wissenschaftlichen Tätigkeit bleiben.

Postersession G

PS-G.05

Ein seismologisches Großexperiment zur Untersuchung magmatischer Prozesse unter der Eifel

Dahm T.¹, Milkereit C.*¹, Isken M.¹, Cesca S.¹, Yuan X.¹, Sens-Schönfelder C.¹, Tilmann F.¹, Pilz M.¹, Cotton F.¹, Woith H.¹, Krawczyk C.¹, Haberland C.¹, Hensch M.², Schmidt B.³, Endrun-Knapmeyer B.⁴, Meier T.⁵, de Siena L.⁶, van Camp M.⁷, Lecocq T.⁷, Oth A.⁸

¹GFZ Deutsches Geoforschungszentrum, Potsdam, Deutschland, ²Landeserdbebedienst Baden-Württemberg, Freiburg, Deutschland, ³Landesamt für Geologie und Bergbau, Mainz, Deutschland, ⁴Universität Köln, Köln, Deutschland, ⁵Universität Kiel, Kiel, Deutschland, ⁶Universität Mainz, Mainz, Deutschland, ⁷Royal Observatory of Belgium, Brüssel, Belgien, ⁸European Center for Geodynamics and Seismology (ECGS), Walferdange, Luxemburg

Die intrakontinentalen Vulkansysteme der Eifel sind durch große Basaltfelder mit Hunderten von verteilten Schlackenkegeln und Maaren mit episodischer Aktivität seit etwa 60 Ma gekennzeichnet. Aufgrund neuer Hinweise auf die magmatische Aktivität unter der Eifel, und neuer Erkenntnisse aus der Vulkanologie zur Bildung und Stabilität krustaler Magmareservoire, wird in der Wissenschaft die weitere Erforschung des transkrustalen Magmasystems unter der Eifel mit neuesten, interdisziplinären Methoden als dringend angesehen (DFG SPP-Antrag MAARE, eingereicht). Dabei ist die bessere Auflösung der Krusten- und Mantelstruktur eine wesentliche Voraussetzung. Aufgrund der moderaten Topographie und der einfachen Zugänglichkeit erlaubt insbesondere die Eifelregion den Einsatz innovativer, geophysikalischer Abbildungs- und Monitoringverfahren, welche die Potenziale eines dichten Stationsnetzes voll ausschöpfen können.

In dem vorgeschlagenen Large-N Pilotexperiment sollen mehr als 350 seismische Stationen um die Vulkanfelder der Eifel aufgebaut werden und für etwa 1 Jahr Erdbeben und Ambient Noise registrieren. Das Experiment ist einzigartig in Deutschland in Bezug auf die Anzahl und Dichte der Stationen und die spezifischen Forschungsfragen. Partner aus Universitäten und geologischen Diensten beteiligen sich aktiv an der Planung und Durchführung sowie an der geplanten Datenauswertung. Wir laden Studierende der Geowissenschaften ein, sich an der einmaligen Messkampagne als Volontäre oder Praktikanten zu beteiligen.

Neben den gesammelten Erfahrungen zur Umsetzung eines Großexperiments werden die Daten Möglichkeiten für weiterführende Master und Doktorarbeiten bieten und bei der Interpretation eine enge Zusammenarbeit in den Geowissenschaften ermöglichen. Aktuelle Informationen liegen unter www.gfz-potsdam.de/sektion/erdbeben-und-vulkanphysik/projekte/ oder sind per E-mail unter Eifel-largeN@gfz-potsdam.de zu erhalten.

Postersession G

PS-G.06

Metadatamanagement – How to make your data FAIR

Schaller T.*, Steinmeier L., Rau F.

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Helmholtz-Institut Freiberg, Dresden, Deutschland

The necessity of exhaustive documentation of research data arises from an increasing depth of scientific understanding and investigations of unknown phenomena with research teams of different areas and fields. Different methods and definitions and insufficient documentation of field work, experimental and numerical examinations lead to information loss, especially over time. To counteract this problem the scientific community aims to make research data Findable, Accessible, Interoperable and Reusable (FAIR). Unfortunately infrastructure, tools, personnel and acceptability for these additional steps are often missing and result in the mentioned paucity of information and data. Within the Helmholtz Association the Helmholtz Metadata Collaboration (HMC) has taken on the task of building this infrastructure to support high quality data documentation and publication throughout the entire lifecycle of research data and to raise the awareness for necessary structural changes in the wider scientific community.

One goal of HMC is the mapping of existing data management structures and demands in the different research fields of the Helmholtz Community. These fields are especially addressed with Hubs, being the connection between HMC and the specific needs of the research fields. Based on the collected information HMC will implement tools to assist scientists, data managers and IT administrators in making their research data FAIR. Furthermore members of HMC will connect with other (meta-)data initiatives to work towards necessary structural changes in the world of scientific research by e.g. defining standards.

In this poster we will discuss the FAIR principles and introduce the Helmholtz Metadata Collaboration and their tasks. Also, we will show concrete examples from the geoscientific part of Hub Energy. The Hub in which we are active.

Postersession G

PS-G.07

Multidisziplinäre Untersuchung der tödlichen Schneelawine vom 18. Januar 2017 bei Rigopiano (Abruzzen, Italien)

Braun T.*¹, Famiani D.², Bartelt P.³, Chiaia B.⁴, Frigo B.⁴, Wassermann J.⁵

¹*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio di Arezzo, Arezzo, Italien,*

²*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sismologia e Tettonofisica, Roma, Italien,*

³*WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos, Schweiz,*

⁴*Politecnico di Torino, Department of Structural, Building and Geotechnical Engineering, Torino, Italien,*

⁵*LMU Muenchen, Geophysikalisches Observatorium, Fürstfeldbruck, Deutschland*

Am 18. Januar 2017 zerstörte ein Lawinenabgang bei Rigopiano in den italienischen Abruzzen ein Hotelgebäude, wobei 29 Menschen ums Leben kamen. Aufgrund der schlechten Wetterbedingungen waren keine Augenzeugen vor Ort, so dass es keine direkten Informationen zum Hergang des tragischen Ereignisses gibt. Nachträgliche Schadensuntersuchungen des zerstörten Hotels ergaben, dass durch den hohen seitlichen Schneedruck das obere Stockwerk samt Dachgeschoss vom Gebäude abgeschert und um 48 m in 70° N Richtung versetzt wurde.

Die Auswertung von Mobilfunkdaten einiger Lawinenopfer ergab, dass der Lawinenabgang in einem Zeitfenster zwischen 15:30 und 15:54 UTC stattfand. Für diesen Zeitraum wurden alle verfügbaren Daten der nächstgelegenen seismischen Station gesichtet, mit dem Ziel, ein "verdächtiges" Signal zu finden, das durch die Lawine verursacht sein könnte und nicht durch eines der vielen Beben der August 2016 anhaltenden Erdbebensequenz in Mittelitalien. Lediglich eine Station des INGV- Netzwerkes, die im Gran Sasso Tunnel installierte Station GIGS, registrierte um 15:42:38 UTC drei schwache Transienten im Abstand von wenigen Sekunden.

Die Polarisationsanalyse des Signals wurde mit synthetischen Seismogrammen einer Einzelkraftquelle verglichen. Die größte Übereinstimmung zwischen gemessenen und synthetischen Daten wird bei Annahme einer Einzelkraft in Richtung 120°N erreicht. Mit Hilfe der Simulationssoftware RAMMS wurden unter Berücksichtigung der Geländetopographie und verschiedener Kombinationen von Schneeparametern hunderte von Lawinenabgängen modelliert.

Der Vergleich der Simulationen mit den seismischen Registrierungen legt nahe, dass die Schnee-Geröllmasse lediglich beim Passieren einer engen Schlucht seismische Energie in den Boden übertrug, während das Abscheren der oberen Stockwerke des Hotelgebäudes weitgehend vom Untergrund entkoppelt stattfand. Die Eintrittsgeschwindigkeit der Lawine in den Canyon betrug etwa 37 m/s. Sowohl die Querschnittsverengung, als auch die doppelte Richtungsänderung des Massenflusses durch den Canyon, sind für die Einkopplung der seismischen Energie verantwortlich. Demnach löste sich die Lawine um 15:41:59 UTC, passierte den Canyon 36 s später, riss Vegetation und Geröllmassen mit sich, wodurch sich seine Masse vergrößerte. Die Lawine erreichte das Hotelgebäude um 15:43:20 mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h.

Seismische Messungen kombiniert mit Modelrechnungen können einen wichtigen Beitrag zur Lawinenüberwachung leisten.

Postersession G

PS-G.08

Evaluating the impact of source mechanism on earthquake ground motion

Steinberg A.*, Ramos Domke C., Gaebler P., Donner S.

*Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) [Federal Institute for Geosciences and Natural Resources],
B4.3 Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenteststopp Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR),
Hannover, Deutschland*

The surface effects of an earthquake are typically evaluated using shakemaps. These shakemaps are often based on empirical ground motion prediction equations (GMPEs) which however largely neglect source physics and therefore the radiation pattern of seismic energy.

We calculate shakemaps based on forward modelling of full seismic waveforms for different sources, e.g. full seismic moment tensors and finite rectangular sources. This allows for the creation of physics based shakemaps, which can also retrieve a time-frequency dependent ground motion. The use of 1-D and 2-D Green's function stores allows to rapidly consider a large number of statically significant scenarios, Earth structure models, site effects and sources. We quantify the difference between the ground motions predictions based on the waveform simulations and from regionalized GMPEs for synthetic cases.

Real data test cases are the Mw 4.7 2011 Goch earthquake, the Mw 2.8 Halle-Leipzig earthquake, as well as several Mw >4 aftershocks of the Mw 7.2 2019 Ridgecrest earthquake. We find that the sources radiation pattern is of significant importance for the creation of realistic and improved shakemaps.

Postersession G

PS-G.09

Seismic site characterization in and around the COSC-2 drillhole

Buske S.*¹, Bräunig L.¹, Giese R.², Jaksch K.², Kück J.², Krastel S.³, Grob H.³, Juhlin C.⁴, Lorenz H.⁴, Brodic B.⁴

¹TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland, ²GFZ Potsdam, Potsdam, Deutschland, ³Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 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. While borehole COSC-1, drilled in 2014, studied the emplacement of the high-grade metamorphic allochthons, borehole COSC-2, drilled in 2020, focuses on defining the character and age of deformation of the underlying greenschist facies thrust-sheets, the main Caledonian décollement and the Precambrian basement.

During a three weeks long survey in September/October 2021, we have performed an extended walkaway VSP survey at the COSC-2 drill site with the aim to derive a high-resolution 3D image of the subsurface in the direct vicinity of the borehole and to assist the geological interpretation by determining the origin of the basement reflections, the nature of the main décollement, and the degree of basement thrusting.

The main survey component consisted of two 2D surface seismic lines approximately perpendicular to each other and centred around the COSC-2 drill site. Single (1C) and three-component (3C) geophones were deployed along the lines at intervals between 5-100 m with maximum source-receiver offsets of ~11 km. A 32 t Vibroseis source operated along both lines with source point distances between ~100-500 m. One of the 2D lines crossed a nearby lake, where ocean bottom seismometers (OBS) were deployed and an airgun was used to fill this ~1.5 km wide part of the profile. In total ~150 source points were realized along both profile lines. 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 as well as from one single source point close to the borehole with a geophone spacing of 2 m. The latter provides a high-resolution zero-offset VSP component of the survey.

The obtained data set exhibits an exceptionally good quality and shows many pronounced and clear reflections in the raw gathers, sometimes visible even up to the largest source-receiver offsets. We present first results of the data processing and analysis together with preliminary geological interpretations of the findings.

Postersession G

PS-G.10

Abbildung der Krustenstruktur im Bereich der Eifel durch Reprozessierung der tiefenseismischen Profile DEKORP87-1A/B

Eickhoff D.*, Buske S., Hlousek F.

TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

Die beiden im Rahmen des Deutschen Kontinentalen Reflexionsseismischen Programms (DEKORP) aufgenommenen seismischen Profile DEKORP87-1A und -1B wurden reprozessiert, um die Krustenstruktur im Bereich des Eifel-Vulkangebietes mittels zeitgemäßer Verfahren abzubilden und Hinweise auf den im rheinischen Schiefergebirge gegenwärtigen Vulkanismus zu finden. Die Messungen wurden im August 1987 mit einer asymmetrischen split-spread Geometrie mit maximal 400 Einkomponenten-Geophonen durchgeführt. Als Anregung wurde eine Vibroseis-Quelle verwendet. Der Schuss- und Geophonpunkt Abstand betrug 40 m bei einer Gesamtanzahl von 1891 (1A) bzw. 1049 (1B) Schusspunkten. Die Profile waren 93 km (1A) bzw. 50 km (1B) lang mit einem maximalen Offset von 15 km. In der Neubearbeitung wurde zunächst eine Ersteinstattomographie durchgeführt, um ein oberflächennahes Geschwindigkeitsmodell zu erstellen. Dieses wurde mit Geschwindigkeitsmodellen aus der Literatur für die tieferen Krustenbereiche kombiniert, um ein Migrationsgeschwindigkeitsmodell für die gesamte Kruste zu generieren. Die Daten wurden anschließend im Zeitbereich pre-prozessiert, und mittels Kirchhoff pre-stack Tiefenmigration und Fresnel-Volumen Migration für beide Datensätze und verschiedene Geschwindigkeitsmodelle bearbeitet. Die aus der Migration resultierenden Untergrundabbildungen zeigen ein reiches strukturelles Inventar mit deutlich ausprägten Reflektoren innerhalb der gesamten Erdkruste. Der Vergleich beider Migrationsverfahren zeigt darüber hinaus die Vorteile der jeweiligen Abbildungsverfahren, so dass bestimmte Strukturen im Untergrund je nach Methode unterschiedlich gut aufgelöst und interpretiert werden können. Die resultierenden Migrationsabbilder wurden zusammen mit den Hypozentren lokaler Seismizität in einem 3D Untergrundmodell kombiniert und können so als Grundlage für die Interpretation der geologischen Strukturen sowie der vulkanischen Prozesse in dem Gebiet dienen.

Postersession G

PS-G.11

Reflexionsseismische Abbildung oberflächennaher Störungsstrukturen des Osning Lineaments am Teutoburger Wald mit P- und SH-Wellen – vorläufige Ergebnisse einer ersten Messkampagne

Wadas S.*, Tanner D.

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, S1 - Seismik & Potenzialverfahren, Hannover, Deutschland

Neotektonische Bewegungen an Störungen können eine große Gefahr darstellen, dennoch ist in Norddeutschland, trotz nachgewiesener neotektonischer Aktivität, nur wenig darüber bekannt. Grund hierfür ist der Mangel an geeigneten Aufschlüssen bzw. der Umstand das Störungen häufig von Sedimenten überdeckt sind.

Um die neotektonische Aktivität besser zu verstehen sind Untersuchungen von rezent aktiven Störungszonen, wie dem Osning Lineament (OL) am Teutoburger Wald, erforderlich. Am OL ereigneten sich in den letzten 400 Jahren drei große Erdbeben und sieben weitere makroseismische Erdbeben. Die stärksten Beben traten in den Jahren 1612, 1767 und 1770 auf, mit einer geschätzten Intensität von VI bis VII auf der MSK-Skala. Das OL hat in Norddeutschland eine Sonderstellung, da die Störungen bis ins Grundgebirge reichen, wohingegen im Norden des Niedersächsischen Beckens die meisten Störungen vom Grundgebirge entkoppelt sind. Zudem fällt das OL nach NE ein und daher zeigt die Störungsfläche in Richtung des ehemaligen Gletschers, was zu einer möglichen Interaktion zwischen glazialen isostatischen Ausgleich und den Störungen geführt haben könnte. Überdies wurde das OL bereits in der Kreide reaktiviert, was weitere Bewegungen entlang der Störungen begünstigt haben könnte.

Für ein besseres Verständnis der neotektonischen Entwicklung des OL ist der Einsatz oberflächennaher Geophysik, die am OL bisher nicht verwendet wurde, unerlässlich. Im Rahmen einer ersten Messkampagne im Winter 2021 kam daher Reflexionsseismik zum Einsatz. Da die P-Wellenseismik aufgrund der meist geringen Auflösung im oberflächennahen Bereich dortige Strukturen oft nur unzureichend abbilden kann, wurde zusätzlich eine SH-Wellenseismik, die auch in geringer Tiefe eine sehr hohe Auflösung bietet, durchgeführt. Für die P-Wellenmessung wurden ein Vibrationsfahrzeug mit einem Vibrationspunktabstand von 10 m und gesteckte Vertikalgeophone im 5m-Abstand verwendet und bei der SH-Wellenmessung wurden der elektrodynamische Mikrovibrator ELViS mit einem Vibrationspunktabstand von 2 bzw. 4 m und ein Landstreamer mit Horizontalgeophonen im 1m-Abstand eingesetzt. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass wir durch die Methodenkombination in der Lage sind am OL verschiedene Störungs- und Deformationsstrukturen im mesozoischen Grundgebirge und den quartären Sedimenten abzubilden. Die Ergebnisse sollen im weiteren Projektverlauf u.a. dazu genutzt werden die neotektonische Entwicklung des OL zu rekonstruieren.

Postersession G

PS-G.12

Subsurface investigation with ambient distributed acoustic sensing in an urban area

Ehsaninezhad L.*^{1,2}, Wollin C.¹, Lipus M. P.¹, Krawczyk C.^{1,2}

¹German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland, ²Technical University of Berlin, Berlin, Deutschland

The Energy Transition pursued by the German Federal Government brings geothermal projects in urban areas into focus, which requires detailed knowledge of the subsurface. However, large-scale seismic surveys for exploration purposes in urban areas are a challenging task due to the large footprint of active experiments and receiver installations.

Yet, anthropogenic noise could be utilized as a seismic source to retrieve shear-wave velocity models. We applied Multi-channel Analysis of Surface Wave (MASW) on ambient noise recorded by Distributed Acoustic Sensing (DAS) to investigate the velocity structure down to the depth of 300 m. An existing telecommunication fiber was utilized as a dense array of seismic receivers with 8 m spatial sampling.

Passive DAS recordings were recorded along an 11 km long section of a dark fiber which ran parallel to the major urban road Adlergestell in Berlin-Adlershof for the duration of one month. The interrogated section of Adlergestell runs straight and is characterized by major traffic of motorized vehicles, suburban and cargo trains along its length as well as cable cars on some subsections. After applying standard interferometric pre-processing steps (e.g. bandpass filter, detrending, and spectral whitening) on 1 hour-long wavelets, virtual shot gathers were generated by cross-correlation. Most of the extracted virtual shot gathers showed consistency of the Rayleigh wavefield for both causal and acausal parts, suggesting a fairly uniform distribution of noise sources on each extremity and inline of the fiber. Poor virtual shot gathers were excluded to improve the signal to noise ratio, followed by stacking, thus yielding almost one month of total correlation. Finally, we present preliminary results from a 1km long subsection of the fiber with 125 receivers. The dispersion image was calculated and the vertical shear-wave velocity profile derived from the fundamental mode of the dispersion curve for a frequency band between 1-7 Hz. Its inversion with three assumed velocity layers yield a shear-wave velocity model with gradual increase down to a depth of 220 m as well as a densely staggered zone between 220-270 m.

In general, the obtained shear-wave velocity model shows the feasibility of recovering a shear wave structure down to a depth of 300 m from the ambient wavefield recorded by DAS technology in a noisy urban area.

Postersession G

PS-G.13

Fokussierungsoptimierung reflexionsseismischer 3D-Daten an der Asse II auf Basis ersteinsatztomographischer Laufzeitinformationen

Beilecke T.*¹, Scholze M.², Roos G.¹, Schörner E.², Ding H.²

¹BGR, Unterirdischer Speicher- und Wirtschaftsraum, Hannover, Deutschland, ²BGE, Abteilung Geoinformation (TEK-GI), Peine, Deutschland

Seit 2009 steht die Schachanlage Asse II unter Atomrecht und ist gemäß Paragraph 57b des Atomgesetzes unverzüglich stillzulegen. Vorher soll jedoch eine Rückholung der radioaktiven Abfälle mit Hilfe eines neu aufzufahrenden Rückholbergwerks inklusive eines neuen Schachtes (Schacht 5) erfolgen. Unstimmigkeiten zwischen existierenden geologischen Modellvorstellungen im Rißwerk der Schachanlage Asse und zwischenzeitlich neu erhobenen Erkundungsdaten führten 2019/20 zur Erkundung der Salzstruktur Asse mit Hilfe von 3D-Reflexionsseismik. Die vergleichsweise flachen Zielteufen und die steilen Neigungen geologischer Einheiten verlangten enge Messpunktabstände bei gleichzeitig langen Schuss-Geophon – Offsets. Das ermöglichte eine hochauflösende 3D-Ersteinsatzbestimmung, die vergleichsweise tiefreichende Signalwege beinhaltet. Die semi-automatisch ermittelten Laufzeiten wurden für die Bestimmung ersteinsatztomographischer Geschwindigkeitsmodelle genutzt, die die Tiefenmigration der Reflexionsdaten gegenüber einem mit Moveout an Reflexionen bestimmten Geschwindigkeitsmodell deutlich verbesserten. Strukturinformationen erscheinen hochauflösender und lassen sich kontinuierlicher verfolgen. Selbst intrasalinare Strukturen treten deutlicher hervor.

Postersession G

PS-G.14

Development and evaluation of a novel diffraction focussed FWI approach applied to near-surface seismic data from the Eckernförder Bay area

Jegen A.*¹, Köhn D.², Rabbel W.²

¹*Geomar, Kiel, Deutschland*, ²*Christian-Albrechts-Universität, Applied Geophysics, Kiel, Deutschland*

Including diffractions explicitly in seismic processing methods has been suggested repeatedly as a complement to conventional seismic routines, due to the diffractions' superior illumination capacities and sub-wavelength resolution. Still, only few attempts have been made to develop diffraction focussed inversion methods, likely due to the diffractions' weak relative amplitudes, a limited visibility in seismogram sections and because many commonly applied inversion tools have been developed primarily for reflections and refractions. However, the advance of inversion techniques based on the Finite Differences (FD) solution of the wave equation, especially Full waveform inversion (FWI), simplifies the inversion of diffractions, since they are equally well suited for diffractions, reflections and refractions.

In this study we present a simple 4 step diffraction focussed inversion approach.

The 1st step is the determination of the wavefront curvatures of both the normal wave and the near incident point wave at every time step of all common midpoint gathers of the data set. The ratio of the two wavefront curvature radii will later be used in the second step to identify the diffractions and increase their visibility in the post-Stack data domain. In step 2, the data is sorted back into the Pre-Stack domain and exported as shotfiles once with the diffraction enhancing modifications and once without. The 3rd step comprises the FWI of the entire, unmodified wavefield, whose result is then used as initial model for the final 4th step, a FWI of the diffraction enhanced data set. The newly developed diffraction focussed FWI approach was tested on both synthetic and field data sets. The synthetic tests confirmed the approach's potential to correctly identify and enhance diffractions. The final field data application revealed significant improvements in both the imaging capacities of the Reverse Time Migration and in the FWI resolution.

Postersession G

PS-G.15

S-wave 2D multi-parallel 1C reflection surveying – a concept to cover a small area in a pseudo 3D grid using combined SH and SV reflection responses

Polom U.*¹, Omlin A.², Mecking R.¹, Leineweber P.³

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, S1, Hannover, Deutschland, ²Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Geologischer Dienst Schleswig-Holstein, Flintbek, Deutschland, ³Geosym GmbH, Hannover, Deutschland

Strong lateral structure and velocity inhomogeneity in the subsurface hamper the results of 2D and 2.5D reflection seismic acquisition setups. 3D acquisition setups overcome this disadvantage and are state-of-the-art in P-wave reflection seismic exploration. For P-wave sources, which produce a radial symmetric wave field, 3D setups are realized using a 2D surface grid of 1C vertical, radial sensitive receivers.

In contrast, S-wave sources and receivers both depend on the wave polarization in space. Radial symmetric wave field emission and signal receive cannot be realized in general. The composition of SH and SV waves emitted by a S-wave source within a 3D S-wave receiver setup leads to individual superposition of SH and SV reflection responses at receivers. It depends on the geometric orientation of receivers relative to the source and the polarisation plane emitted. This requires the use of at least 2C orthogonal oriented receivers to enable an individual component rotation towards the polarisation plane emitted, to separate the SH and SV parts of the wave field for every source location. In practice, due to the poor availability of 2C horizontal receiver equipment, often 3C receivers are used as workaround. Additionally, S-wave 3D reflection surveys require a significant denser acquisition setup of sources and receivers to prevent lateral aliasing in the wave field recorded. This results in an exceptional amount of recording channels on a small acquisition area for 3D S-wave reflection imaging of inhomogeneous structures in the subsurface.

The S-wave 2D multi-parallel acquisition concept using 1C horizontal receivers is a compromise between 3D imaging requirements and small acquisition effort. As in common 3D acquisition the concept bases on parallel 1C receiver lines, which receive the emitted SH and SV parts of the wave field simultaneously in superposition. During data analysis the main 3D velocity field required is derived based on the interpolation of parallel 2D SH sub-configurations. In a second step the gaps between the main parallel lines are filled by additional lines resulting from the crossover wave field propagations between the parallel receiver lines. The result is a dense line-up of parallel 2D images consisting of SH (inline) and SV (crossline) wave images which support the mapping of 3D subsurface structures. The concept result is shown by an experiment carried out during investigation of a sinkhole structure in Schleswig-Holstein.

Postersession G

PS-G.16

Combining SH-wave reflection seismic and Full Waveform Inversion for near-surface subsrosion characterization

Mecking R.*¹, Polom U.¹, Omlin A.², Leineweber P.³

¹*Leibniz Institute for Applied Geophysics, S1 - Seismic, Gravimetry, and Magnetics, Hannover, Deutschland,* ²*Geological survey of Schleswig-Holstein, Flintbek, Deutschland,* ³*Geosym GmbH, Hannover, Deutschland*

Both sudden and continuous subsidence of the earth's surface pose a geohazard to the population and infrastructure, especially in urban areas. In Northern Germany, sinkholes occur often at salt dome highs, where dissolution affects the caprock, creating mass deficits in the shallow subsurface. Gravitationally driven subsidence of the overburden subsequently leads to both slow and sudden deformations of the surface. Due to its high spatial resolution, shear wave reflection seismic is a proven tool for the imaging of near-surface sediments. Full waveform inversion can further enhance the resolution and add information on the underlying physical parameters, e. g. the seismic velocity and density distribution in the subsurface. A combination of structural mapping and physical characterization can give vital indications for the risk assessment in subsrosion-prone areas.

Above the Elmshorn salt diapir in Schleswig-Holstein multiple 2D-shear wave seismic profiles were acquired in recent years on asphaltic roads to image the salt caprock situated in a few ten meters depth. The reflection seismic processing allows the imaging of complex overburden and folded structures. However, indications for subsrosion – i.e. faults or breaks in the sedimentary succession or the integrity and composition of the caprock - can only be partly resolved from seismic interpretation and a few drilling cores. Full waveform inversion on the other hand has to struggle with a different set of obstacles: (1) Refraction seismic, which would provide an initial velocity model, is not possible due to high-velocity concrete. Consequently, the inversion also needs to be focused on the inversion of reflected and diffracted waves by time-windowing and layer wise focusing of the model updates (2) Low frequency content (<25 Hz) is missing due to the used Vibrator source (Sweep: 20 -160 Hz, 10 sec), which is especially problematic if no adequate guess for an initial velocity model is available. Pre-processing the data with deconvolution and horizontal filtering leads to a 'cleaner' dataset below 30 Hz, stabilizing the initial inversion. (3) The thin concrete layer ($V_{SH} \sim 900$ m/s) has a huge influence on the wave propagation. The transition between this thin layer to the underlying sediments ($V_{SH} \sim 200$ m/s) needs to be approximated while keeping the spatial model discretization in a reasonable range regarding the computational costs.

Postersession G

PS-G.17

Erkundung einer Störung in Schleswig-Holstein auf unterschiedlichen Skalen der Reflexionsseismik

Leineweber P.*¹, Omlin A.², Polom U.³, Mecking R.³, Druivenga G.¹

¹Geosym GmbH, Hannover, Deutschland, ²Geologischer Dienst für Schleswig-Holstein, Flintbek, Deutschland, ³Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Wie nah an die Oberfläche tektonische Störungen wirklich reichen, kann aus Ergebnissen großskaliger Seismik nicht abgeleitet werden. Um zu klären, wie weit eine Störung in den oberflächennahen Bereich reicht, sind kleinskaligere Untersuchungen erforderlich.

Die Lagen von zahlreichen Störungen in Schleswig-Holstein sind aus reflexionsseismischen Daten der Kohlenwasserstoffindustrie bekannt. Die östliche Hauptstörung der Störungszone Plön-Segeberg ist eine tiefreichende Störung, die die Grenze zwischen dem östlichen Randtrog des Glückstadt-Grabens zum Ostholsteinblock markiert. An ihr treten im Tertiär Schichtversätze von über 1000 m auf. Diese Störung wurde 2002 im Raum Bad Segeberg durch ein reflexionsseismisches Profil mit Mini-Vibrator in P-Konfiguration erkundet. Durch diese Untersuchung konnten die oberen 600 m des Bereichs um die Störung schärfer aufgelöst werden als es anhand bestehender KW-Datensätze möglich war. Es zeigt sich, dass die Störung nicht durch einen einfachen Versatz in der Schichtfolge gebildet wird, sondern dass es sich um eine ausgedehnte Zone entlang des Profils handelt, in der die Schichtung gestört ist. Zur noch höheren Auflösung des oberflächennahen Bereichs wurde 2021 ein Teil des 2002er Profils mit Scherwellenreflexionsseismik vermessen. Auf dem 720 m langen Profil konnten mit dem EIViS VII Scherwellenminivibrator Eindringtiefen von über 150 m erzielt werden. Hier zeigt sich, dass der gestörte Bereich bis in das Quartär reicht, was auf neotektonische Aktivitäten hinweist. Mittels einer Bohrung im ungestörten Abschnitt des Profils und aus dem Abbild des Schichtverlaufs der Scherwellenreflexionsseismik kann der Übergang zwischen dem ungestörten Bereich und dem tektonisch geprägten Bereich zeitlich und räumlich bestimmt werden.

Autorenindex

fett = Erstautor:in

- | | | | |
|------------------------|---|--------------------|--|
| ■ Abreu, R. | ESC2.03, PS-C.03, PS-F.04 | Bradak-Hayashi, B. | PS-A.09 |
| Aigner, L. | PS-B.07 | Brändel, M. | PS-F.17 |
| al Hagrey, S. A. | PS-A.28 | Braun, T. | PS-G.07 |
| Albrecht, T. | PS-D.01 | Bräunig, L. | PS-G.09 |
| Allroggen, N. | ESC1.02 , PS-A.29, PS-E.04 | Breuer, A. | PS-F.02 |
| Almendros, J. | PS-C.31 | Brodic, B. | PS-G.09 |
| Antonovskaya, G. N. | PS-C.15 | Brownlee, S. | PS-C.06 |
| Arafa-Hamed, T. | PS-E.13 | Brüstle, A. | PS-C.14 |
| Arboleda-Zapata, M. | PS-B.10 | Buckel, J. | PS-B.06, PS-B.07, PS-B.19 |
| Asghari, S. F. | ESC4.01 | Bücker, M. | PS-F.02 |
| Asming, V. E. | PS-C.15 | Bücker, M. | PS-A.19, PS-B.05, PS-B.07,
PS-B.08, PS-B.15, PS-B.19 |
| Audet, P. | PS-C.06 | Budde, I. | PS-A.27 |
| Augustine, N. | PS-D.05 | Bühler, J. | PS-C.28 |
| Azzola, J. | PS-C.18 | Busen, T. | PS-A.13 |
| | | Buske, S. | PS-G.09 , PS-G.10 |
| ■ Baasch, R. | PS-C.18 | Butron, C. | PS-A.24 |
| Backes, K. | PS-F.15 | | |
| Baensch, F. | PS-B.02 | ■ Cacace, M. | PS-F.14 |
| Bagge, M. | PS-D.01 | Caccavari, A. | PS-A.02 |
| Baird, A. | PS-C.24 | Calvo-Rathert, M. | PS-A.02 , PS-A.09 |
| Bairlein, K. | PS-G.02 | Cañadillas, B. | PS-D.19 |
| Barckhausen, U. | PS-D.17 | Carrancho, Á. | PS-A.02, PS-A.09 |
| Bärfuss, K. | PS-D.19 | Cartaya, C. | PS-C.29 |
| Barrett, R. | PS-D.13, PS-D.16 | Ceranna, L. | ESC2.01 |
| Bartelt, P. | PS-G.07 | Cesca, S. | PS-G.05 |
| Bauer, K. | ESC5.03 | Chakraborty, M. | PS-C.29 , PS-E.19 |
| Bauer, S. | ESC4.03 | Chen, Q. | PS-F.09 |
| Becken, M. | PS-A.07, PS-E.12, PS-E.13,
PS-E.15, PS-E.16, PS-E.18 | Chiaia, B. | PS-G.07 |
| Becker, R. | PS-E.21 | Chubak, G. | PS-E.15 |
| Beilecke, T. | PS-A.31, PS-G.13 | Chudalla, N. | PS-F.12 |
| Berndt, C. | ESC3.03, PS-D.15 | Clinton, J. | PS-C.24 |
| Beroza, G. | PV5 | Corradini, E. | PS-A.13 , PS-A.18 |
| Beyer, M. | PS-B.08 | Cortés Arroyo, O. | PS-E.05 |
| Bialas, J. | PS-D.15 | Costabel, S. | PS-E.11, PS-E.14 |
| Billen, M. | PS-C.04 | Cotton, F. | PS-F.13, PS-G.05 |
| Bintz, T. | PS-B.01 | Creasy, N. | PS-C.02 |
| Birnstengel, S. | ESC4.03 | Crutchley, G. | ESC2.02 |
| Bjergsted Pedersen, J. | PS-A.24 | | |
| Blechta, J. | PS-E.03 | ■ Dahlin, T. | PS-A.24, PS-B.09 |
| Bloch, W. | PS-C.06 , PS-C.10 | Dahm, T. | PS-C.12 , PS-C.19, PS-C.24 ,
PS-G.05 |
| Bögelspacher, F. | PS-C.18 | | |
| Bohlen, T. | PS-E.04 | Dahmke, A. | ESC4.03 |
| Bonforte, A. | PS-D.16 | Dannowski, A. | PS-D.12 |
| Börner, F. | PS-A.32 | de la Varga, M. | PS-F.10, PS-F.12 |
| Börner, J. | PS-A.23 , PS-B.16, PS-F.18 | de Siena, L. | PS-G.05 |
| Börner, R.-U. | PS-A.06, PS-E.03, PS-F.15,
PS-F.17 | Deckert, H. | PS-C.20, PS-C.22 |
| Bostock, M. | PS-C.06 | Degen, D. | PS-F.12, PS-F.14 |
| Boxberg, M. S. | PS-F.09 | Dekkers, M. | PS-A.09 |

Dettmer, J.	ESC3.03	Föst, J.-P.	PS-C.28
Diefenbacher, L.	PS-C.13	Freienstein, J.	PS-A.04
Dietl, M.	PS-C.17	Freißler, R.	PS-D.10
Dietrich, P.	ESC4.03, PS-A.32	Frerichs, L.	PS-B.06
Dilixiati, Y.	PS-A.03	Friederich, W.	PS-C.16
Ding, H.	PS-G.13	Friesen, M.	PS-E.15
Dlugosch, R.	PS-A.31 , PS-E.11, PS-E.14	Friigo, B.	PS-G.07
Doetsch, J.	PS-B.09	Fritsch, T.	PS-A.10
Donner, S.	ESC2.01, PS-G.08	Fujie, G.	PS-D.12
Dousteyssier, B.	PS-A.15		
Dreibrodt, S.	PS-A.14	■ Gabriel, A.-A.	PS-F.16
Druitt, T.	ESC2.02	Gaebler, P.	ESC2.01, PS-C.30, PS-G.08
Druivenga, G.	PS-G.17	Gallistl, J.	PS-B.07
Durand, S.	PS-F.04	Gambino, S.	PS-D.16
		Garbade, S.	PS-F.18
■ Eagles, G.	PS-D.18	García-Redondo, N.	PS-A.09
Easton, D.	PS-C.33	Garnero, E.	PS-C.03
Ebbing, J.	PS-A.03, PS-A.04, PS-A.08, PS-A.27, PS-D.02, PS-D.04, PS-D.05, PS-D.06, PS-D.18, PS-E.22, PS-F.03, PS-F.11	Gärtner, M.	PS-C.21
		Gaßner, L.	PS-C.21, PS-C.23
Effner, U.	PS-B.02	Gaucher, E.	PS-A.20, PS-C.18
Efrati, B.	PS-B.04	Gehrmann, R.	ESC3.03
Ehsaninezhad, L.	PS-G.12	Geissler, W.	PS-C.31
Eibl, E.	PS-C.24, PS-F.13	Gerhards, C.	PS-D.03
Eickhoff, D.	PS-G.10	Giese, R.	ESC5.01, PS-G.09
Eisermann, H.	PS-D.18	Gilder, S.	ESC1.04, PS-A.01
Elbarbary, S.	PS-E.13	Giudetti, G.	PV4
Emelianov, V.	PS-B.14	Glebe, R.	PS-B.08
Epping, D.	PS-F.06	Glück, E.	PS-C.07
Erkul, E.	PS-A.13, PS-A.14, PS-A.16, PS-A.17 , PS-A.25, PS-A.26, PS-A.28, PS-B.11	Gödickmeier, P.	PS-A.06 , PS-F.17
		Goertz-Allmann, B.	PS-C.24
Ernst, O.	PS-E.03, PS-F.15	Goguitchaichvili, A.	PS-A.02, PS-A.09
Esefelder, R.	ESC5.01	Gootjes, R.	PS-F.17
Esel, Y. E.	PS-A.25	Gotowik, A.	PS-C.09
		Götze, H.-J.	PS-F.03
■ Faber, J.	PS-C.29, PS-E.19	Gräber, M.	PS-A.28, PS-B.11
Faghih, Z.	ESC3.03	Grahl, F.	PS-B.16
Famiani, D.	PS-G.07	Greskowiak, J.	PS-B.12
Fedorov, A. V.	PS-C.15	Grevemeyer, I.	PS-D.12
Feldmann, F.	PS-B.08	Griffiths, M.	PS-A.24
Fenner, D.	PS-E.19	Grinat, M.	PS-F.06
Fiandaca, G.	PS-A.24, PS-B.09	Grob, H.	PS-G.09
Fichtner, A.	PS-C.32	Grohmann, M.	ESC3.01
Finger, C.	ESC5.02 , PS-C.09, PS-C.17	Grombacher, D.	PS-A.24
Fischer, K. D.	PS-C.16	Gross, F.	PS-D.16
Fischer, P.	PS-A.33	Grünenberg, N.	PS-B.12
Fischer, S.	PS-A.13	Guilemoteau, J.	PS-A.15 , PS-B.10, PS-E.06
Fischer, S. L.	PS-A.17, PS-A.26, PS-A.28 , PS-B.11	Gundelach, V.	PS-E.08
Flores-Orozco, A.	PS-B.07, PS-B.08	Günther, T.	ESC4.03, PS-B.12 , PS-E.16, PS-B.09, PS-B.13, PS-E.01, PS-E.10, PS-F.06
Forbriger, T.	PS-E.20, PS-F.07		
Fosso Teguia M., E. E.	PS-D.02	■ Haas, P.	PS-D.02, PS-D.04 , PS-D.05
		Haberland, C.	PS-G.05
		Hadré, E.	PS-D.16

Halisch, M.	PS-B.14	■ Kalka, S.	PS-G.02
Hamilton, V.	PS-C.33	Kallinich, N.	PS-A.18
Hannemann, K.	PS-C.19, PS-G.03 , PS-G.03	Karoulis, M.	PS-B.09
Hansen, U.	PS-D.08	Karstens, J.	ESC2.02
Haroon, A.	ESC3.03	Kasburg, V.	PS-F.02
Harrington, R. M.	PS-C.09, PS-C.17	Kass, M. A.	PS-A.24
Hase, J.	PS-B.17	Käufel, J. S.	PS-E.24
Haug, A.	PS-A.13	Keil, S.	PS-E.23
Heim, E.	PS-E.21	Kemna, A.	PS-B.17, PS-B.18
Heimann, S.	PS-C.24	Kennedy, H.	PS-C.25
Heincke, B.	ESC1.02, PS-A.04, PS-D.06	Keßler, S. S.	PS-F.18
Heinig, L.	PS-A.15	Kipke, V.	PS-F.06
Heinrich, M.	PS-D.16	Klaucke, I.	PS-D.13
Hensch, M.	PS-C.14 , PS-C.28, PS-G.05	Klein, E.	PS-D.14
Herdegen, V.	PS-A.23, PS-B.16	Klemann, V.	PS-D.01
Herold, R.	PS-A.32	Klingen, S.	PS-A.10, PS-E.12
Hiemer, V.	PS-C.01	Klinger, A.	PS-A.33
Hilbert, H.-S.	PS-D.12	Klitzsch, N.	ESC1.03, PS-E.21
Hiller, T.	ESC3.02, PS-E.02, PS-E.11 , PS-E.14	Klose, T.	PS-E.06
Himmelsbach, T.	PS-E.05	Knapmeyer-Endrun, B.	PS-G.05, PS-C.17
Hlousek, F.	PS-G.10	Kneisel, J.	PS-A.17
Hofmann, D.	PS-B.02	Kneuker, T.	PS-A.31
Hofmann, R.	ESC1.01, PS-A.14, PS-A.16	Knutz, P.	PS-D.13
Holzrichter, N.	PS-A.08, PS-F.03	Kodaira, S.	PS-D.12
Homuth, B.	PS-C.27	Koedel, U.	ESC4.03
Hoogestraat, D.	PS-F.05	Kohl, T.	PS-A.20, PS-E.24
Hoppenbrock, J.	ESC4.02, PS-B.07	Köhler, J.	PS-C.29, PS-E.19
Hördt, A.	ESC4.02, PS-A.05, PS-A.21, PS-A.22, PS-B.03, PS-B.06, PS-B.19	Köhn, D.	PS-A.14, PS-G.14
Hornbruch, G.	ESC4.03	Kolling, H.	PS-D.16
Horstmann, R.	PS-A.08	Konechnaya, Y. V.	PS-C.15
Hosseini, S.	PS-C.03	Konigorski, D.	PS-F.18
Hübscher, C.	ESC2.02	Korn, M.	PS-C.19
Hupe, P.	ESC2.01 , PS-C.30	Kost, S.	PS-F.17
■ Ibs-von Seht, M.	PS-E.05	Kotowski, P. O.	PS-E.12 , PS-E.18
Igel, H.	PS-C.32	Koushesh, M.	PS-C.28
Igel, J.	ESC3.02, PS-A.26 , PS-E.01, PS-E.02	Kowalski, J.	PS-F.09
Isken, M.	PS-C.24, PS-G.05	Koyan, P.	ESC1.02
Issachar, R.	PS-D.05	Kraft, T.	PS-C.24
Iversen, E.	PS-F.08	Krastel, S.	PS-D.13 , PS-D.14, PS-G.09
■ Jaksch, K.	PS-G.09	Krawczyk, C. M.	ESC5.01, ESC5.03, PS-G.05, PS-G.12
Jalilov, B.	PS-A.17	Kreith, D.	PS-B.05
Jegen, A.	PS-G.14	Kristjansdottir, S.	PS-C.24
Jegen, M.	ESC3.03	Kronberg, E.	PS-A.01
Johann, S.	PS-B.02	Krüger, F.	PS-C.19
Jonsdottir, K.	PS-C.24	Krüger, N.	PS-B.08
Jousset, P.	PS-C.24	Kruschwitz, S.	PS-B.01, PS-E.17
Juhlin, C.	PS-G.09	Krüger, F.	PS-F.13
		Kück, J.	PS-G.09
		Kukowski, N.	PS-F.02
		Kulüke, C.	PS-A.21 , PS-A.22
		Kutterolf, S.	ESC2.02

■ Lamb, O.	PS-C.24	Micallef, A.	ESC3.03
Lambotte, S.	PS-D.10	Michael, P.	PS-C.33
Lampert, A.	PS-D.19	Mielentz, F.	PS-B.02
Landa, A.-K.	PS-B.06	Milkereit, C.	PS-G.05
Larnier, H.	PS-E.15	Moorkamp, M.	PS-D.06, PS-E.09 , PS-F.11
Laska, M.	PS-E.21	Morales, J.	PS-A.02
Lay, V.	PS-B.02	Moser, C.	PS-B.07
Lazar, C.	PS-A.14, PS-A.16	Mosher, D.	PS-D.13
Lebedev, V. A.	PS-A.02	Mudler, J.	ESC4.02, PS-B.19
Lecocq, T.	PS-G.05	Müller, H.	PS-D.17
Leineweber, P.	PS-A.33 , PS-G.15, PS-G.16, PS-G.17	Müller, J.	ESC1.01, PS-A.14, PS-A.16
Lenz, K.-F.	PS-D.13	Müller-Petke, M.	PS-A.26, PS-B.13, PS-E.10, PS-E.11, PS-E.14, PS-F.06
Leonhardt, C.	PS-A.25	Munsch, S. M.	PS-E.17
Lepage, T.	PS-F.07	Murodkulov, S.	PS-C.10
Lhuillier, F.	PS-A.01	■ Neukum, C.	PS-E.05
Li, W.	PS-C.29, PS-E.19	Niederleithinger, E.	ESC3.01, PS-B.02
Liang, Z.	PS-F.10 , PS-F.12	Nitschke, F.	PS-A.20
Licheli, V.	PS-A.09	Noell, U.	PS-A.26
Liebsch, J.	PS-D.18	Nomikou, P.	ESC2.02
Limberger, F.	PS-C.20 , PS-C.22	Nordbeck, J.	ESC4.03
Linck, R.	PS-A.11, PS-A.12	Nwosu, O. B.	PS-A.07
Lindenfeld, M.	PS-C.20, PS-C.22	Nzouatchoua Tchana, S.	PS-A.15
Lindner, F.	PS-C.32	■ Obermann, A.	PS-C.24
Lipus, M. P.	PS-G.12	Ognev, I.	PS-E.22
Löer, K.	ESC5.02, PS-C.25	Ohlrau, R.	ESC1.01
Long, M.	PS-C.02	Ohrnberger, M.	PS-C.19, PS-F.13
Lorenz, H.	PS-G.09	Oimuhhammadzoda, I.	PS-C.10
Lösing, M.	PS-E.22, PS-F.11	Omlin, A.	PS-F.05, PS-G.15, PS-G.16, PS-G.17
Lu, E.	PS-B.11	Østbjerg Vang, M.	PS-A.24
Lüdemann, K.	PS-D.09	Oth, A.	PS-G.05
Lühr, H.	PV1	Oye, V.	PS-C.24
Lührs, M.	PS-B.03	Ozaydin, S.	PS-E.09
Lüth, S.	ESC5.01	■ Pagel, H.	PS-B.04
■ Mader, S.	PS-C.28	Pandolpho, B. T.	PS-D.15
Majchczack, B. S.	PS-E.07	Papanagnou, I.	PS-D.11
Mansfeld, A. M.	PS-B.18	Paulsen, B.	PS-C.15
Marquardt, K.	PS-A.08	Pauw, P. S.	PS-B.09
Martin, T.	PS-A.24 , PS-B.09	Pérez, L.	PS-A.19, PS-B.07
Martínez-Abarca, R.	PS-A.19	Pérez-Rodríguez, N.	PS-A.02
Marzouk, H.	PS-E.13	Perner, M.	PS-G.02
Maurya, P. K.	PS-B.09	Petersen, F.	PS-D.16
Mecking, R.	PS-G.15, PS-G.16 , PS-G.17	Pickartz, N.	ESC1.01 , PS-A.14, PS-A.16
Meier, F.	PS-G.02	Pigeon, S.	PS-C.33
Meier, T.	PS-A.25, PS-C.07, PS-C.26, PS-G.05	Pilger, C.	ESC2.01, PS-C.30
Meldgaard Madsen, L.	PS-B.09	Pilz, M.	PS-G.05
Mellage, A.	PS-B.04	Pirli, M.	PS-C.15
Mendoza, A.	PS-A.24, PS-B.09	Pisconti, A.	PS-C.02
Menzel, P.	PS-D.03	Plenefisch, T.	ESC2.01
Mersmann, H.	PS-A.05	Plesa, A.	PV2
Metzger, S.	PS-C.10		
Meyer, U.	PS-E.05		

Pohle, M.	ESC4.03	Schill, E.	PS-E.24
Pollok, L.	PS-A.31	Schmalzl, J.	PS-E.12
Polom, U.	PS-G.15 , PS-G.16, PS-G.17	Schmelz, M.	PS-E.15
Prabhakara, P.	PS-B.02	Schmid, V.	PS-F.18
Preine, J.	ESC2.02	Schmidt, B.	PS-C.14, PS-C.28, PS-G.05
■ Qin, T.	PS-E.04	Schmidt, V.	PS-A.10, PS-A.30 , PS-E.12
■ Rabbel, W.	ESC1.01, PS-A.13, PS-A.14, PS-A.16, PS-A.17, PS-A.18, PS-A.28, PS-B.11, PS-E.07, PS-G.14	Schmidt-Aursch, M.	PS-C.31
Radic, T.	PS-F.01	Schmitt, L.	PS-F.18
Ramos Domke, C.	PS-G.08	Schmoldt, J.-P.	PS-A.27, PS-A.30
Rassmann, K.	ESC1.01	Schneider, C.	PS-F.18
Ratschbacher, L.	PS-C.10	Schneider, M.	PS-E.15
Rau, F.	PS-G.06	Schneider, S.	PS-G.01
Rausch, T.	PS-D.19	Scholze, M.	PS-G.13
Rein, N.	PS-C.19	Schörner, E.	PS-G.13
Rein, T.	PS-F.13	Schubarth-Engelschall, N.	PS-A.31
Rejkjaer, S.	PS-A.24, PS-B.09	Schuberth, B.	PS-D.07, PS-D.10, PS-D.11
Reuter, S.	PS-C.10	Schuler, H.-M.	PS-A.12
Rheinbach, O.	PS-F.17	Schulte-Kortnack, D.	PS-A.25
Ricci, A.	PS-A.17	Schulz, I.	PS-C.18
Richter, L.	PS-A.31	Schulz, R.	PS-B.06
Rietbrock, A.	PS-F.07	Schumacher, L.	PS-C.05
Rische, M.	PS-C.16	Schurr, B.	PS-C.10
Ritter, J.	PS-C.21, PS-C.23, PS-C.28	Schwalenberg, K.	ESC3.03, PS-D.17
Rochira, F.	PS-C.05	Schwardt, M.	ESC2.01, PS-C.30
Rochlitz, R.	PS-E.10, PS-E.16	Schwartz, N.	PS-B.04
Rodriguez, I.	PS-C.24	Schweitzer, J.	PS-C.15
Ronczka, M.	PS-A.26, PS-E.10 , PS-F.06	Segschneider, M.	PS-E.07
Roos, G.	PS-G.13	Seidel, A.	PS-C.11 , PS-C.13
Ross, J. O.	ESC2.01	Sell, M.	PS-C.26
Rost, S.	PS-F.04	Selway, K.	PS-E.09
Roth, M. P.	PS-C.17	Semroch, R.	PS-A.31
Roud, S.	ESC1.04	Sens-Schönfelder, C.	PS-G.05
Rümpker, G.	PS-C.20, PS-C.22, PS-C.29, PS-E.19	Serbanescu, A.	PS-A.14, PS-A.16
Rusch, K.	PS-A.18	Shlykov, A.	ESC4.01
Ryberg, T.	ESC5.03	Shprits, Y.	PV3
Rønning, J. S.	ESC1.02	Siemon, B.	PS-E.05
■ Saenger, E. H.	ESC5.02	Skibbe, N.	PS-B.13
Saki, M.	ESC2.03 , PS-C.04	Smirnova, M.	ESC4.01
Sanchez-Pastor, P.	PS-C.24	Smolinski, K.	PS-C.32
Saraev, A.	ESC4.01	Sobh, M.	PS-D.03
Schaller, T.	PS-G.06	Soffel, H.	PS-G.04, PS-G.04
Schamp, J.	PS-G.02	Sohl, F.	PS-F.18
Schennen, S.	ESC3.02, PS-E.01 , PS-E.02	Sonntag, M.	PS-B.16
Scherbaum, F.	PS-F.13	Spitzer, K.	PS-A.06, PS-E.03, PS-F.15, PS-F.17, PS-F.18
Scheunert, M.	PS-E.03 , PS-F.15, PS-F.17	Sprungk, B.	PS-F.15
Schiffler, M.	PS-E.15	Srivastava, N.	PS-C.29, PS-E.19
Schikorra, M.	PS-A.11	Stadler, S.	ESC3.02, PS-E.02
		Stange, S.	PS-C.14
		Stein, C.	PS-D.08
		Steinberg, A.	ESC2.01, PS-G.08
		Steinberger, B.	PS-D.01
		Steinmeier, L.	PS-G.06
		Stele, A.	PS-A.11 , PS-A.12

Stephan, S.	PS-A.29	Wang, J.	PS-A.20
Stevenson, C.	PS-D.13	Wansing, A.	PS-D.06
Stipčević, J.	PS-C.07	Wassermann, J.	PS-C.32, PS-E.23, PS-G.07
Stöcker, H.	PS-C.29, PS-E.19	Wawerzinek, B.	ESC5.01
Stolz, R.	PS-E.15	Weidle, C.	PS-C.26
Strahser, M.	PS-A.08	Weigand, M.	PS-B.17
Strangfeld, C.	PS-E.17	Weit, S.	PS-A.06, PS-F.17
Strehlau, R.	PS-F.03	Weller, A.	PS-B.14
Stuempel, H.	PS-A.13	Wellmann, F.	PS-F.10, PS-F.12 , PS-F.14
Sturm, P.	PS-B.02	Wentzki, J.	PS-B.15
Sudhaus, H.	PS-C.11, PS-C.13, PS-F.05	Werban, U.	ESC4.03
Sugand, M.	ESC4.02	Westphal, K.	PS-B.19
Symons, G.	PS-E.12	Wheeler, W.	ESC1.02
Szwillus, W.	PS-A.03, PS-A.04, PS-C.08 , PS-D.04	Widmer-Schnidrig, R.	PS-E.20
		Wilcock, W.	PS-C.31
		Wilken, D.	ESC1.01, PS-A.14, PS-A.16, PS-A.33, PS-E.07
■ Takahashi, N.	PS-D.12	Wilsch, G.	PS-B.01
Tanner, D.	PS-G.11	Wirp, S. A.	PS-C.04 , PS-F.16
Tezkan, B.	ESC4.01	Woith, H.	PS-G.05
Thiede, A.	PS-E.12, PS-E.15, PS-E.18 , PS-E.18	Wolf, J.	PS-A.29
Thomas, C.	ESC2.03, PS-C.01, PS-C.02, PS-C.03, PS-C.04, PS-C.05, PS-D.11, PS-F.04	Wollin, C.	PS-C.24, PS-G.12
Thorwart, M.	ESC1.01, PS-A.18	Wookey, J.	PS-C.02
Tilgner, A.	PS-D.09	Wu, S.-M.	PS-C.24
Tilmann, F.	PS-G.05	Wunderlich, T.	ESC1.01, PS-A.26, PS-A.33, PS-E.07
Titov, K.	PS-B.14	Wüstenfeld, A.	PS-C.24
Trichandi, R.	ESC5.03		
Tronicke, J.	PS-A.15, PS-B.10, PS-E.06	■ Xu, Q.	PS-C.10
Tschache, S.	PS-F.08		
		■ Yixiati, D.	PS-A.04
■ Ueding, S.	PS-E.12	Yogeshwar, P.	ESC4.01
Uhlmann, S.	PS-C.33	Yuan, X.	PS-C.10, PS-G.05
Ulrich, T.	PS-F.16		
Urlaub, M.	PS-D.14, PS-D.15, PS-D.16	■ Zakai, G.	PS-B.04
		Zakosarenko, V.	PS-E.15
■ van Camp, M.	PS-G.05	Zali, Z.	PS-F.13
Vegas, N.	PS-A.02	Zander, C.	PS-D.08
Videiko, M.	ESC1.01	Zaroli, C.	PS-D.10
Vienken, T.	PS-B.12	Zhang, Z.	PS-B.14
Vignoli, G.	PS-E.06	Zhao, J.	PS-C.10
Vinje, V.	PS-F.08	Zibulski, E.	ESC1.03
Virgil, C.	PS-A.05, PS-A.21, PS-A.22	Zolchow, M.	PS-A.14 , PS-A.16
Vollmer, C.	PS-A.30	Zürn, W.	PS-E.20, PS-F.07
Vollmer, D.	PS-C.19	Zywczok, R.	PS-A.19
von Harten, J.	PS-F.12		
von Rönn, G.	PS-D.13		
Vött, A.	PS-A.33		
■ Wack, M.	PS-A.01		
Wadas, S.	PS-G.11		
Wagner, N.	PS-E.01		
Wang, B.	PS-A.28		